

Juzgar la energía nucl

La energía nucleoelectrica es una tecnología que se encuentra disponible en la actualidad, tiene bajísimas emisiones de gases de efecto invernadero y podría experimentar una expansión considerable para reducir las emisiones futuras.

La energía nucleoelectrica tiene unas emisiones bajísimas de gases de efecto invernadero y, según el análisis del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), presenta el mayor potencial de atenuación al menor costo medio en el sector del suministro de energía.

Éstos son los méritos por los que hay que juzgar la energía nucleoelectrica en las deliberaciones sobre el cambio climático.

Sin embargo, la energía nucleoelectrica está excluida en la actualidad del mecanismo para un desarrollo limpio y de la aplicación conjunta. Esta exclusión no obedece a preocupaciones climáticas.

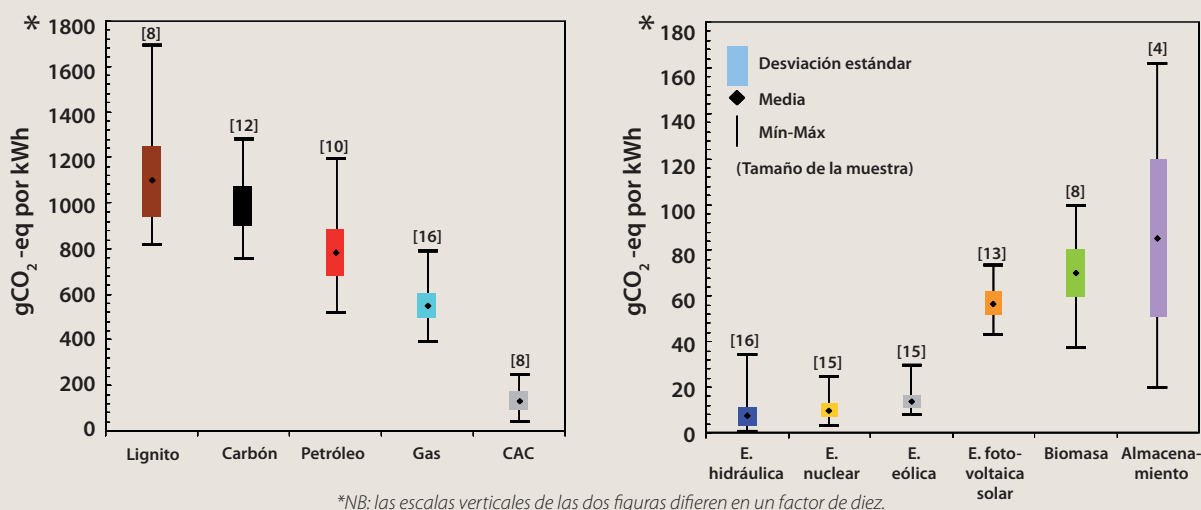
El mecanismo para un desarrollo limpio (MDL) y la aplicación conjunta (AC) son dos 'mecanismos flexibles' comprendidos en el protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático para ayudar a los países a alcanzar sus objetivos especificados en el tratado de limitación o reducción de sus emisiones de gases con efecto de invernadero. Por medio del MDL, un país con un objetivo especificado en el tratado (los países más desarrollados) puede alcanzarlo en parte invirtiendo en un

proyecto que reduzca o elimine los gases de efecto invernadero en un país que no tenga un objetivo especificado en el tratado (la mayoría de los países en desarrollo). La aplicación conjunta (AC) es lo mismo excepto entre países que tengan uno y otro objetivos especificados en el tratado. Los proyectos de energía nucleoelectrica están explícitamente excluidos tanto del MDL como de la AC.

Las preocupaciones básicas que despierta la energía nucleoelectrica son que podría resultar peligrosa, poco económica o servir para la fabricación de armas. Pero las negociaciones sobre el cambio climático no son el foro adecuado para tratar ninguna de esas preocupaciones.

Por lo que respecta a la seguridad, la Convención sobre Seguridad Nuclear proporciona un mecanismo internacional eficaz para la revisión. A la hora de juzgar los costos, son los inversores los que están mejor preparados para pronosticar lo que resultará económicamente atractivo en la actualidad y en el futuro. Y, en cuanto a la proliferación, se cuenta con el Tratado sobre la No Proliferación Nuclear (TNP), ahora prorrogado indefinidamente, y la adhesión cada vez mayor al Protocolo adicional que refuerza aún más los acuerdos de salvaguardias suscritos en el marco de ese Tratado.

Fig. 1: Emisiones de gases de efecto invernadero del ciclo vital de determinadas tecnologías de producción de energía



Nota: [WEISSER, D., A guide to life-cycle greenhouse gas (GHG) emissions from electric supply technologies, Energy 32 (2007) 1543–1559]. Cuadro de la izquierda: tecnologías fósiles. Cuadro de la derecha: tecnologías no fósiles.

ear según sus méritos

por Hans-Holger Rogner, Ferenc L. Toth y Alan McDonald

La Comisión de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas ha llegado a la conclusión de que aunque algunos países no estén de acuerdo sobre la función de la energía nucleoelectrica en el desarrollo sostenible, "la elección de la energía nuclear corresponde a los países". No corresponde a los acuerdos sobre el cambio climático eliminar esa elección.

La mejor oportunidad del desarrollo sostenible – para hacer frente a las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de afrontar las suyas – estriba en permitir que esas generaciones futuras tomen sus propias decisiones sobre las opciones de suministro de energía y en permitir que esas opciones compitan a un mismo nivel.

Unas emisiones muy bajas de gases con efecto de invernadero

En la Figura 1 se comparan las emisiones de gases de efecto invernadero de la totalidad del ciclo de vida de la energía nucleoelectrica – extracción del uranio, fabricación del combustible, construcción, funcionamiento y clausura de la central nuclear, y tratamiento de los desechos – con las emisiones del ciclo vital de otras tecnologías generadoras de energía. Obsérvese que la escala del cuadro de la derecha, para tecnologías no fósiles, es menor. Va únicamente de cero a 180 gramos de

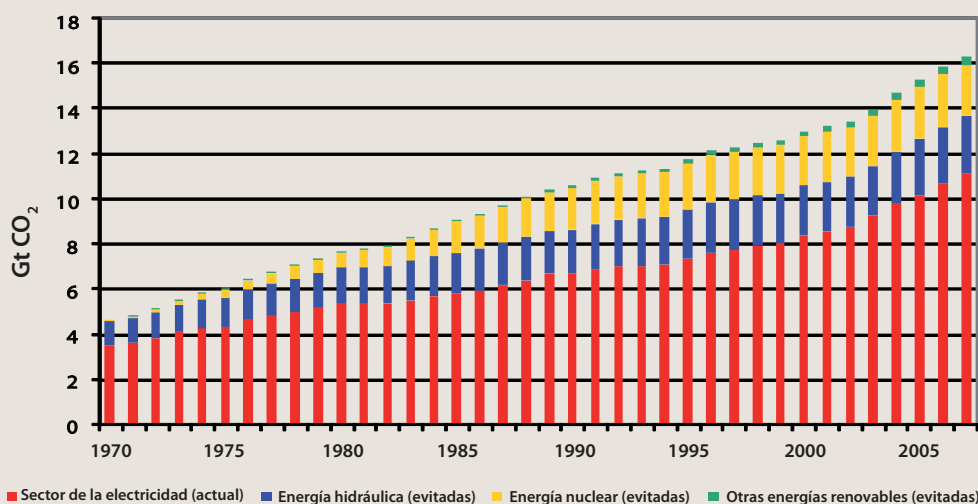
equivalente de dióxido de carbono por kilovatio-hora ($\text{gCO}_2\text{-eq/kWh}$). La escala correspondiente a combustibles fósiles en el cuadro de la izquierda va desde cero hasta $1\,800\text{ gCO}_2\text{ eq/kWh}$.

La energía hidráulica, la energía nucleoelectrica y la energía eólica desprenden las emisiones de gases de efecto invernadero con un ciclo vital más corto, más de un orden de magnitud por debajo de las centrales que funcionan con combustibles fósiles y dos tercios por debajo de las estimaciones de la energía fotovoltaica solar y la biomasa. Para la energía nucleoelectrica, la media es aproximadamente de 10 gramos de equivalente de dióxido de carbono por kilovatio hora ($\text{gCO}_2\text{-eq/kWh}$), cifra obtenida de 15 estimaciones que oscilan entre 2,8 y $24\text{ gCO}_2\text{-eq/kWh}$. Sin embargo, debido a su carácter intermitente, muchas energías renovables no pueden proporcionar una electricidad de carga base fiable.

Así pues, si bien la energía eólica y la solar pueden complementar la producción de la carga base, no pueden sustituir por completo la energía hidroelectrica ni la nucleoelectrica.

La mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero proceden de actividades del ciclo del combustible anteriores a las de la central, entre ellas la extracción de uranio, el tratamiento, el enriquecimiento y la fabricación de combustible.

Fig. 2: Emisiones globales de CO_2 del sector de la electricidad y emisiones evitadas por tres tecnologías que producen poco carbono



Fuente: cálculos del OIEA basados en la Agencia Internacional para la Energía de la OCDE, *World Energy Statistics and Balances: Energy Balances of Non-OECD Member Countries*, OCDE, París (2008).

La mayoría de las variaciones en las estimaciones de la energía nucleoelectrica proceden de los distintos supuestos sobre las tecnologías empleadas para enriquecer el uranio, concretamente si se emplea la tecnología de difusión gaseosa o centrífuga y qué fuente de electricidad se utiliza para alimentar la central de enriquecimiento. La tecnología centrífuga requiere únicamente 2% de la electricidad que precisan las centrales de difusión gaseosa, y si se da por supuesto que la electricidad para el enriquecimiento procede de centrales que funcionan con carbón, las estimaciones de emisiones de gases de efecto invernadero son altas; si se parte de la base de que la electricidad para el enriquecimiento se obtiene de la energía nucleoelectrica, hidráulica y eólica, las estimaciones de las emisiones son bajas.

Mientras las centrales centrífugas sigan desplazando a las centrales de difusión gaseosa que se retiran del servicio y cuanta más energía eléctrica para la centrales de enriquecimiento proceda de electricidad con baja producción de carbono, las emisiones de gases de efecto invernadero del ciclo de vida de la energía nucleoelectrica tenderán hacia el extremo inferior de los márgenes que aparecen en la Figura 1.

Emisiones de gases de efecto invernadero y evitadas por la energía nucleoelectrica

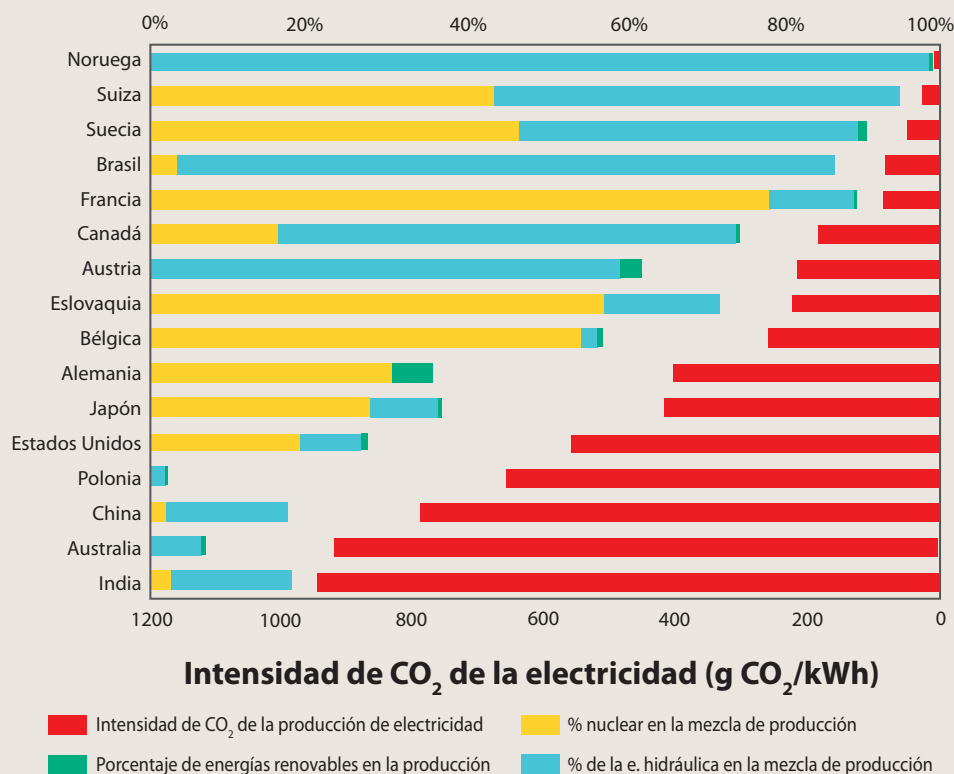
La energía nucleoelectrica lleva más de 50 años formando parte del suministro mundial de electricidad. En la actualidad hay 437 reactores de potencia funcionando en el mundo, y desde mediados del decenio de 1980, el porcentaje correspondiente a la energía nucleoelectrica en la producción mundial de electricidad ha oscilado entre el 14 y el 16%. Así pues, la energía nucleoelectrica ha evitado ya emisiones considerables de gases con efecto de invernadero, aproximadamente las mismas que las que ha evitado la energía hidráulica.

Las barras rojas de la Figura 2 muestran la tendencia histórica de las emisiones de CO₂ procedentes de la producción mundial de electricidad. En 2007, por ejemplo, las emisiones globales de CO₂ derivadas de la producción de electricidad fueron de unas 11 gigatoneladas (Gt). Pero, de no ser por las energías renovables, la energía hidráulica y la nucleoelectrica, se estima que hubieran sido de 16,4 Gt.

Estas estimaciones de las emisiones evitadas dependen en gran medida de lo que se dé por supuesto que habría producido la electricidad de sustitución a falta de las energías renovables, la energía hidráulica y la nucleoelectrica. Para las estimaciones de la Figura 2, se partió del supuesto de que la electricidad generada por esas tres fuentes se habría obtenido aumentando la producción mediante combustión de carbón, petróleo y gas proporcionalmente a sus porcentajes respectivos en la mezcla de electricidad. Probablemente este enfoque subestima las emisiones evitadas por la energía nucleoelectrica en el decenio de 1970 y los primeros años del de 1980. Muchas de las nuevas centrales nucleares construidas tras las crisis del petróleo de los años 70 tenían por objetivo reducir la dependencia del petróleo y del gas, y es más probable que se hubieran construido en su ausencia instalaciones de carbón que una mezcla proporcional de carbón, petróleo y gas.

La Figura 3 muestra, en el plano nacional, la correlación entre emisiones bajas de CO₂ y porcentajes altos de energía hidráulica o energía nucleoelectrica. El gráfico indica que los países con intensidades de CO₂ inferiores al 20% del promedio mundial, esto es, menos de 100 gCO₂/kWh, generan el 80% o más de su electricidad por medio de la energía hidráulica (por ejemplo, Noruega y Brasil) o la energía nucleoelectrica (por ejemplo, Francia) o una combinación de ambas (por ejemplo, Suiza y Suecia).

Fig. 3: Porcentajes de las fuentes no fósiles en el sector de la electricidad e intensidades del CO₂ para determinados países en 2006



Fuente: cálculos del OIEA basados en la Agencia Internacional para la Energía de la OCDE, CO₂ Emissions from Fuel Combustion, Vol. 2008 N° 01.

En el otro extremo de la escala, países con intensidades elevadas de CO₂ de 800 gCO₂/kWh o más no tienen energía nucleoelectrica o hidráulica en su mezcla de electricidad (por ejemplo, Australia) o tan solo cantidades limitadas (por ejemplo, China e India).

Un gran potencial de supresión de gases de efecto invernadero para el futuro

El Cuarto Informe de Evaluación del IPCC estima el futuro potencial de atenuación de los gases de efecto invernadero de varias opciones de electricidad, concretamente el cambio de combustible entre los combustibles fósiles, la energía nucleoelectrica, la energía hidráulica, la energía eólica, la bioenergía, la energía geotérmica, la energía solar fotovoltaica, la energía solar de concentración, así como el carbón y el gas con captura y almacenamiento de CO₂. El análisis del IPCC se inicia con el escenario de referencia del Panorama Mundial de la Energía 2004, publicado por la Agencia Internacional para la Energía de la OCDE. Estima las emisiones de gases de efecto invernadero que podrían evitarse hacia 2030 con la adopción de diversas tecnologías generadoras de electricidad que sobrepasan sus porcentajes en el escenario de referencia.

El análisis da por supuesto que cada tecnología se aplicará de la forma más económica y técnica posible, teniendo en cuenta dificultades prácticas como los movimientos de las materias primas, la capacidad de fabricación, el desarrollo de los recursos humanos y la aceptación pública. Las estimaciones indican cuánto más podría desplegarse de cada tecnología con baja producción de carbono a distintos niveles de costo (en relación con el escenario de referencia).

Los costos son la diferencia entre el costo de la tecnología con baja producción de carbono y el costo de la que sustituye. En la Figura 4 se muestran las estimaciones correspondientes a tecnologías con potenciales de atenuación de más de 0,5 GtCO₂-eq. La anchura de cada rectángulo de la Figura 4 representa el potencial de atenuación de esa tecnología para los márgenes de costo de carbono que aparecen en el eje vertical. Indica la anchura de cada rectángulo la cifra que se encuentra directamente encima o debajo de él. Así, la energía nucleoelectrica (rectángulos amarillos) presenta un potencial de atenuación de 0,94 GtCO₂-eq con costos de carbono negativos, más otro 0,94 GtCO₂-eq para costos de carbono superiores a 20 dólares/tCO₂. (Las opciones de costo negativo en el informe del IPCC son aquellas cuyos beneficios, como los menores costos de la energía y la reducción de emisiones de contaminantes locales y regionales, igualan o superan sus costos para la sociedad, excluyendo los beneficios de la evitación del cambio climático). Así pues, el total correspondiente a la energía nucleoelectrica es de 1,88 GtCO₂-eq.

La cifra indica que la energía nucleoelectrica presenta el mayor potencial de atenuación al costo medio más bajo en el sector del suministro de energía. La energía hidráulica representa el segundo potencial de

atenuación más barato, pero su tamaño es el menor de las cinco opciones consideradas aquí.

El potencial de atenuación que ofrece la energía eólica abarca los tres márgenes de costos, aunque más de un tercio puede utilizarse a un costo negativo. La bioenergía presenta también un potencial total importante de atenuación, pero en 2030 estaría disponible menos de la mitad a costos inferiores a 20 dólares/tCO₂-eq.

Conclusión

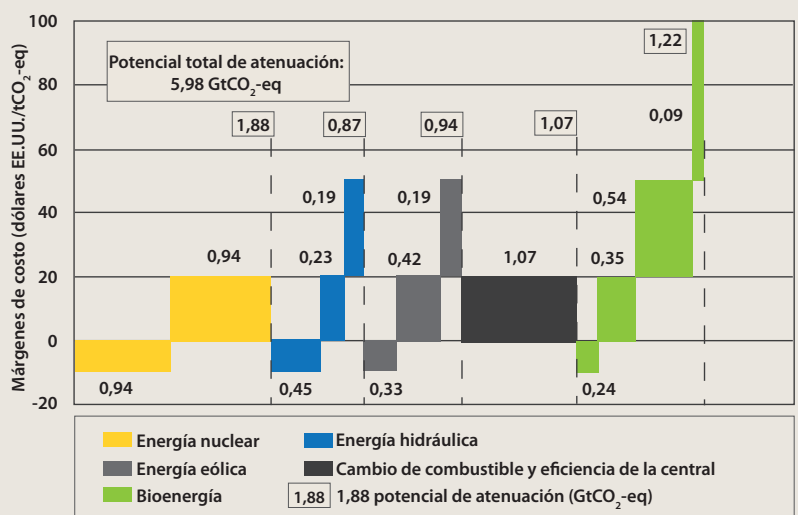
Con 60 países que están estudiando la posibilidad de introducir la energía nucleoelectrica en su mezcla de energía, es de suponer que aumentará su papel en el escenario mundial. Es importante que los acuerdos posteriores a Kyoto juzguen la energía nucleoelectrica por sus méritos en relación con el cambio climático y que incluyan proyectos de energía nucleoelectrica en el mecanismo para un desarrollo limpio y la aplicación conjunta.

*Hans-Holger Rogner es Jefe de la Sección de Estudios Económicos y Planificación del OIEA.
Correo-e: h.h.rogner@iaea.org*

*Ferenc L. Toth es economista superior de energía en la Sección de Estudios Económicos y Planificación del OIEA.
Correo-e: f.l.toth@iaea.org*

*Alan McDonald es jefe del Grupo de Coordinación del Programa del Departamento de Energía Nuclear del OIEA.
Correo-e: a.mcdonald@iaea.org*

Fig. 4: Potencial de atenuación en 2030 de determinadas tecnologías de producción de electricidad en distintos niveles de costo



Contribución del Grupo de Trabajo III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Metz, B., Davidson, O. R., Bosch, P. R., Dave, R., Meyer, L. A., Eds), Cambridge University Press, Cambridge (2007).