

FUERZAS PROPULSORAS DEL CAMBIO CLIMATICO

LA ENERGIA NUCLEAR Y LOS ULTIMOS ESCENARIOS DE EMISION DEL IPCC

POR VLADIMIR KAGRAMANIAN, SERGUEI KONONOV, Y HANS-HOLGER ROGNER

El desarrollo del mundo en los próximos 100 años está preñado de incertidumbres. Con todo, los analistas pueden evaluar vías de desarrollo alternativas y diversos conjuntos de fuerzas propulsoras para formarse una imagen del futuro, en realidad, varias imágenes, según las hipótesis de que se valen.

Durante los últimos decenios, científicos e investigadores han dedicado gran atención a estudiar los problemas del cambio climático, y a elaborar modelos de su posible evolución futura, su repercusión y las formas de mitigar sus efectos potenciales. Los estudios son complejos, pues entrañan evaluaciones de los progresos sociales, económicos y tecnológicos registrados en diversas esferas.

A principios del año 2000, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) aprobó un *Informe especial sobre escenarios de emisión (SRES)* correspondiente al período que termina en 2100. El informe contiene 40 escenarios, preparados con seis modelos computarizados, del mundo y sus principales regiones, y se centra fundamentalmente en los principales gases de efecto invernadero (GHG) y el dióxido de azufre. Los escenarios se diseñaron para que sirvan de base para las evaluaciones del cambio climático y su repercusión. (Véanse los recuadros de las páginas 32 y 33.)

Los nuevos escenarios se basan en la “no intervención” con respecto al cambio climático,

es decir, en ellos se excluye la adopción de medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, se incluyen políticas con respecto a otros factores ambientales, por ejemplo, los progresos registrados en las tecnologías de reducción de los niveles de azufre en los países en desarrollo, que se traducen en emisiones de dióxido de azufre mundiales menores que en anteriores evaluaciones del IPCC.

En el presente artículo se analizan brevemente los últimos escenarios de emisión del IPCC y se estudia en detalle el papel que se prevé para la energía nuclear, lo que puede proporcionar una valiosa perspectiva a largo plazo del desarrollo nuclear. Esa perspectiva es especialmente útil, ya que en los escenarios se elaboraron modelos de los posibles “futuros nucleares”, sin tener en cuenta consideraciones específicamente relacionadas con el cambio climático. Por el contrario, los escenarios se centraron en la competencia técnica y económica entre las opciones de suministro de energía como fuerza propulsora decisiva para determinar la mezcla combustible en el sistema energético.

CARACTERISTICAS BASICAS DE LOS ESCENARIOS

Los 40 escenarios incluidos en el SRES se dividieron en cuatro grupos (llamados “grupos de escenarios”): A1 (17

escenarios); A2 (6 escenarios); B1 (9 escenarios) y B2 (8 escenarios). Cada grupo se constituyó sobre la base de un conjunto de directrices cualitativas (denominadas “argumentos”). Se seleccionó un escenario representativo (denominado el “escenario indicador” o el “indicador”) que sería ilustrativo de cada argumento, lo cual no supone, sin embargo, que ese escenario tenga más probabilidades que los demás. (Véase el recuadro de la página 32.)

LA PARTICIPACION NUCLEAR Y LA MEZCLA DE ENERGIA

En el SRES se aplica un enfoque dinámico a las tecnologías y los recursos energéticos, en otras palabras, los avances que se han registrado en materia de tecnología ofrecen más oportunidades para la ampliación de la base de recursos.

En los cuatro escenarios indicadores, la mezcla de energía primaria muestra lo siguiente:

- Para el año 2100, se producirá un sustancial incremento de la energía primaria, del 40% en el B1 a un séxtuplo en el A1;
- Todos los escenarios indican una significativa disminución de la participación de los combustibles fósiles;

El Sr. Kagramanian y el Sr. Kononov son funcionarios de la Sección de Estudios Económicos y Planificación del Departamento de Energía Nuclear del OIEA, y el Sr. Rogner es el Jefe de la Sección.

ESCENARIOS DE EMISION DEL IPCC

Hace un decenio, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) --creado por la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente-- elaboró sus primeros escenarios de emisión a largo plazo para utilizarlos al analizar el complejo problema del cambio climático. A principios del año 2000, el IPCC produjo un nuevo conjunto de escenarios que reflejan los últimos conceptos y conocimientos científicos. Como se explica en un *Resumen para los responsables de formular políticas*, los escenarios están expuestos a diversas interpretaciones y se basan en minuciosas evaluaciones de estudios publicados y en los progresos realizados.

Las futuras emisiones de gases de efecto invernadero serán el producto de sistemas dinámicos muy complejos, que estarán determinados por fuerzas propulsoras como el desarrollo demográfico, el desarrollo socioeconómico y los cambios tecnológicos. Su futura evolución es muy incierta, y en los escenarios se presentan posibles hipótesis de cómo pudiera desenvolverse el futuro. De por sí, son un instrumento apropiado para analizar cómo las fuerzas propulsoras pudieran influir en los resultados de las futuras emisiones y evaluar las incertidumbres conexas. Ayudan a analizar el cambio climático, con inclusión de la elaboración de modelos climáticos y la evaluación de las consecuencias, la adaptación y la mitigación.

Los últimos escenarios del IPCC incluyen un amplio abanico de las principales fuerzas propulsoras de las emisiones de gases de efecto invernadero y de azufre. Cada escenario es una interpretación cuantitativa concreta de uno de los cuatro argumentos. En cada argumento se supone una dirección obviamente diferente para futuros acontecimientos demográficos, sociales, económicos, tecnológicos y ambientales. Todos los escenarios que se basan en el mismo argumento constituyen un "grupo" de escenarios.

En total, se elaboraron 40 escenarios, aplicando el enfoque de modelos múltiples. En trece de ellos se analizan cambios en las hipótesis sobre tecnologías energéticas. En ninguno de los 40 escenarios se supone explícitamente la aplicación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, ni los objetivos de emisiones del Protocolo de Kyoto. Sin embargo, en los argumentos y los escenarios se refleja ampliamente la influencia sobre las emisiones de gases de efecto invernadero de las políticas de cambio no climático.

■ **En el argumento y el grupo de escenarios A1** se describe un mundo futuro en el que se producirá un crecimiento económico muy rápido, y en el que la población mundial llegará a cifras máximas a mediados de siglo y disminuirá en lo sucesivo, y en el que nuevas y más eficientes tecnologías se introducirán rápidamente. Los principales temas subyacentes son la convergencia entre las regiones, la creación de capacidades y el aumento de



la interacción cultural y social, y una reducción substancial de las diferencias regionales en el ingreso per cápita. El grupo de escenarios A1 se subdivide en tres grupos que describen otras direcciones del cambio tecnológico en el sistema energético. Los tres grupos se distinguen por su centro de interés tecnológico: gran densidad de combustibles fósiles, fuentes de energía no fósiles o un equilibrio entre todas las fuentes.

■ **El argumento y el grupo de escenarios A2** describen un mundo muy heterogéneo. El tema subyacente es la autonomía y la preservación de las identidades locales. Las modalidades de la fecundidad de todas las regiones convergen muy lentamente, lo que se traduce en el constante aumento de la población mundial. El desarrollo económico tiene una orientación principalmente regional y el crecimiento económico per cápita y el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otros argumentos.

■ **El argumento y el grupo de escenarios B1** describen un mundo convergente con la misma población mundial que llega a una cifra máxima a mediados de siglo y disminuye en lo sucesivo, como en el argumento A1, pero con cambios rápidos en las estructuras económicas con vistas a crear una economía de servicios y de la información, con reducciones en el consumo de materiales, y la introducción de tecnologías limpias y de gran rendimiento desde el punto de vista de los recursos. Se pone énfasis en las soluciones globales para lograr la sostenibilidad económica, social y ambiental, incluido el aumento de la equidad, pero sin otras iniciativas climáticas.

■ **En el argumento y el grupo de escenarios B2** se describe un mundo donde se hace hincapié en las soluciones locales para lograr la sostenibilidad económica, social y ambiental. Es un mundo en el que la población mundial crece continuamente a un ritmo más lento que en el argumento A2, los niveles de desarrollo económico son intermedios, y el cambio tecnológico es más lento y más diverso que en los argumentos B1 y A1. Aunque el escenario también se orienta hacia la protección ambiental y la equidad social, se centra en los planos local y regional.

Para más información sobre el IPCC y los escenarios de emisión, consulte en la Internet las páginas Web del IPCC Web, en <http://www.ipcc.ch>.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS ARGUMENTOS "INDICADORES" Y LOS GRUPOS DE ESCENARIOS DEL IPCC

Grupo de escenarios	Argumento del grupo	Población mundial (en miles de millones)			PIB per cápita (en miles de \$EE.UU., 1990)			Energía primaria (Gigajulios per cápita)			CO ₂ (gigatoneladas de carbono) (anuales/acumulativas)			Fuente de energía primaria	Participación en la energía primaria			
		1990	2050	2100	1990	2050	2100	1990	2050	2100	1990	2050	2100		1996	2050	2100	
A1	Alto crecimiento económico, bajo crecimiento demográfico, rápida introducción de nuevas tecnologías; convergencia para un "mundo homogéneo" con el acortamiento de las diferencias regionales	5,3	8,7	7,1	4,0	20,8	74,9	66	138	295	7,1	16,4	13,5	Combustibles fósiles	83,4%	59,9%	30,7%	
											-	-	-		Energías renovables*	14,3%	29,9%	65,5%
											-	738	1499		Nuclear 1)**	2,3%	10,2%	3,7%
															Nuclear 2)	6,5%	25,6%	10,5%
													Nuclear, GWe***	351	~5600	~3500		
A2	Transformación en un "mundo heterogéneo"; las modalidades de la fecundidad no convergen, el crecimiento demográfico es alto, el desarrollo económico sigue fragmentado regionalmente	5,3	11,3	15,1	3,8	7,2	16,1	59	86	114	7,1	17,4	29,1	Combustibles fósiles	83,4%	82,0%	71,9%	
											-	-	-		Energías renovables	14,3%	11,6%	14,4%
											-	736	1862		Nuclear 1)	2,3%	6,4%	13,6%
															Nuclear 2)	6,5%	17,1%	32,4%
													Nuclear, GWe	351	~2800	~10600		
B1	Un "mundo homogéneo" como en A1, pero con una "desmaterialización" de la economía (predominio de los servicios y la información); elaboración de modelos con hincapié en la sostenibilidad mundial	5,3	8,7	7,0	4,0	15,6	46,6	70	93	73	7,1	11,3	4,2	Combustibles fósiles	83,4%	69,8%	47,7%	
											-	-	-		Nuclear+	16,6%	30,2%	52,3%
											-	606	983		Energías renovables			
													Nuclear, GWe	351	no calculado			
B2	Un "mundo heterogéneo" como en A2, pero con más atención en la sostenibilidad; se trata de encontrar soluciones pertinentes, pero, a diferencia de en B1, regionalmente	5,3	9,4	10,4	4,0	11,7	22,6	67	93	130	7,1	11,0	13,3	Combustibles fósiles	83,4%	70,2%	50,7%	
											-	-	-		Energías renovables	14,3%	24,4%	38,8%
											-	562	1164		Nuclear 1)	2,3%	5,5%	10,5%
															Nuclear 2)	6,5%	14,9%	26,1%
													Nuclear, GWe	351	~2200	~6400		

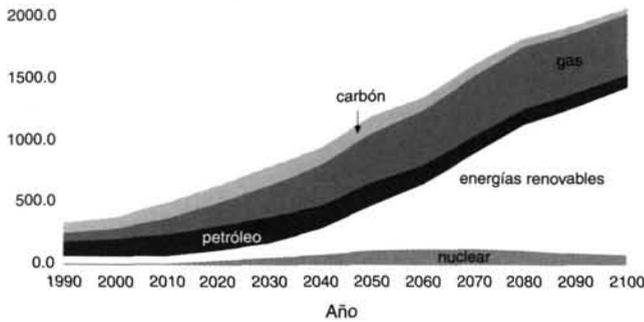
*Las energías renovables incluyen la energía hidroeléctrica, solar, eólica, geotérmica y de biomasa.

**Dos conjuntos de datos --que aparecen como nuclear 1) y nuclear 2)-- reflejan diferencias en el enfoque de los cálculos. Nuclear 1) indica el recálculo hecho por el SRES de la proporción de la energía nuclear en el suministro de energía primaria. El SRES recalculó la electricidad producida con energía nuclear dentro de la energía primaria transformando la unidad de teravatio-horas en exajulios. Esto se traduce en una participación de la energía nuclear de un 2% en 1996, lo que difiere del 7% más usual, que se obtiene teniendo en cuenta el rendimiento térmico de las centrales nucleares. Nuclear 2) aplica el enfoque utilizado por la Agencia Internacional de Energía de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos y aparece en cursivas para reflejar las diferencias.

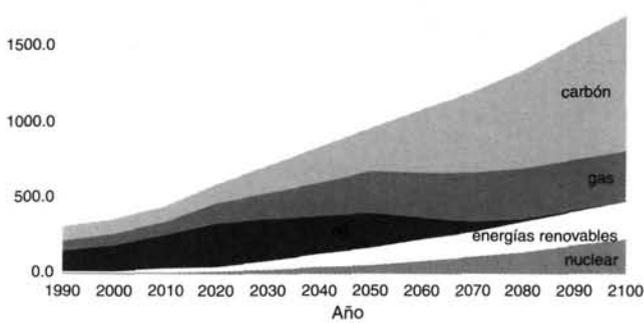
***La capacidad se calcula a partir de los resultados del SRES en energía primaria como E (energía en EJ) 31,71 (unidad de conversión en GW por año)/0,7 (factor de capacidad media supuesto).

ESTRUCTURA DEL SUMINISTRO DE ENERGIA EN LOS ESCENARIOS INDICADORES DEL IPCC (EXA-JULIOS)

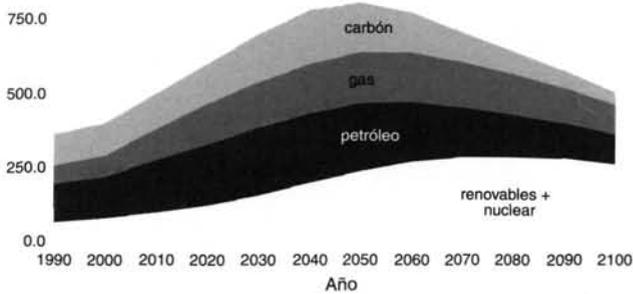
escenario indicador A1



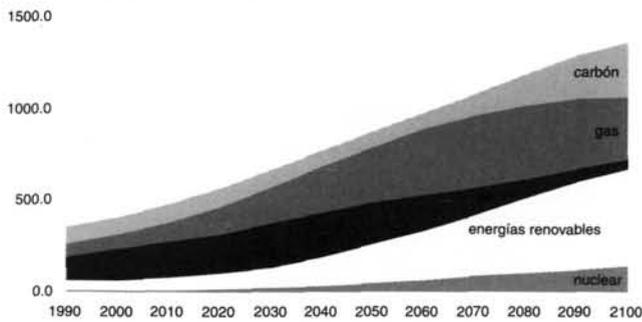
escenario indicador A2



escenario indicador B1



escenario indicador B2



■ La participación combinada de energías renovables y la energía nuclear aumentará el doble o el triple en el año 2100; ■ En el creciente grupo de energía no fósil, la participación nuclear es variable. La participación actual del 6% al 7% de la energía nuclear en la energía primaria pudiera llegar a ser del 10% al 30% en el año 2100, lo que equivaldría a una capacidad nuclear total de 3500 a 10 600 gigavatios eléctricos (GWe).

Al evaluar esta situación prevista, es importante recordar que los escenarios se elaboraron sobre la base de hipótesis de progresos técnicos y económicos diferentes, con las siguientes consecuencias:

■ En el escenario indicador A1, las energías renovables dejarán atrás a los combustibles fósiles y a la energía nuclear en rendimiento económico. Aunque la participación nuclear crecerá significativamente hasta el año 2050, este factor conducirá a su posterior disminución de la cifra máxima de unos 5500 GWe en 2050 a 3500 GWe en 2100. ■ En el escenario indicador A2 se supone que las tecnologías del carbón hacen progresos más rápidos, y que la penetración de las energías renovables es más gradual. La energía nuclear sigue siendo competitiva y su capacidad aumenta hasta 10 600 GWe.

■ En el escenario indicador B1, la participación de la energía no fósil llega hasta un 50% en el año 2100. Para este indicador no se calcularon las otras participaciones correspondientes a la energía nuclear y a las energías renovables. La escala de posibilidades se ilustra mediante dos casos extremos "no indicadores" pertenecientes al grupo B1. En esos escenarios, las participaciones nucleares en el año 2100 serán de 340 GWe y de 4200 GWe respectivamente, lo que prueba que el futuro

nuclear puede variar ampliamente según los factores de competitividad respecto de las energías renovables.

■ En el escenario indicador B2, las capacidades nucleares aumentarán hasta 6400 GWe en el año 2100, reflejo del progreso más lento previsto en la esfera de las energías renovables y de una modalidad regional de desarrollo que apoya a la energía nuclear donde ha resultado viable.

DIMENSIONES REGIONALES DE LOS ESCENARIOS

El SRES presenta un desglose mundial en cuatro regiones. Estas regiones se han designado como OCDE90 (todos los miembros de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos, en 1990), REF (países de Europa central y oriental más los Estados recientemente independizados de la antigua Unión Soviética), ASIA (todos los países en desarrollo de Asia), y ALM (el resto del mundo).

Los escenarios ilustran que el desarrollo nuclear puede variar regional y también mundialmente. Por ejemplo, la capacidad nuclear proyectada para el año 2100 para la región OCDE90 en los escenarios A1 y A2 es de 680 GWe y de 3300 GWe, respectivamente; en ASIA, las proyecciones correspondientes son de 1400 GWe y 4100 GWe.

Ello indica un desplazamiento significativo del desarrollo nuclear de la región OCDE90 hacia ASIA y, en menor medida, hacia ALM. Por ejemplo, ya para el año 2050, tanto el escenario A1 como el A2 prevén capacidades nucleares mayores en ASIA que en la OCDE90.

RESUMEN DE LAS SITUACIONES

En resumen, los nuevos escenarios de emisión elaborados por el IPCC muestran la

siguiente escala de desarrollo de la energía nuclear:

■ En la mayoría de los escenarios se supone que la energía nuclear conservará su importante papel en el suministro energético mundial. En el año 2100, la capacidad nuclear mundial prevista para tres de los cuatro escenarios representativos varía entre 3500 GWe y 10 600 GWe, según el éxito que tenga la energía nuclear en su competencia con los combustibles fósiles y las energías renovables, lo que puede compararse con la capacidad nuclear actual que es de alrededor de 350 GWe.

■ Al mismo tiempo, algunos escenarios indican que tal vez las rápidas mejoras que se registren en las opciones de energías renovables (en comparación con las tecnologías nucleares) provoquen el estancamiento o el descenso de la energía nuclear.

En uno de esos escenarios, la capacidad nuclear total aumenta hasta la cifra máxima de 5500 GWe a mediados de siglo, pero después se reduce a 3500 GWe en el año 2100. Algunos otros escenarios indican el estancamiento en el nivel actual de las capacidades nucleares. Por tanto, en el SRES se confirma que el papel que la energía nuclear desempeñará a largo plazo es muy incierto, en particular debido a la incertidumbre en la competitividad prevista de las distintas tecnologías energéticas.

■ En el plano regional, se espera que los países de Asia aumenten substancialmente el uso de la energía nuclear; las tasas del crecimiento nuclear en las otras regiones son menores. En contraste con la situación actual, en el año 2050 es posible que en Asia haya más capacidad nuclear que en los países de la OCDE.

■ Para aumentar la participación de la energía

nuclear en la generación de electricidad se necesitaría hacer importantes progresos tecnológicos, a fin de que las centrales nucleares sigan siendo competitivas con las mejores soluciones tecnológicas. Un amplio crecimiento impondría requisitos más estrictos a la eficiencia de la utilización del uranio en reactores y a los métodos de gestión de desechos.

En la mayoría de los escenarios del SRES se supone que tengan lugar importantes mejoras (que varían de acuerdo con el escenario) en las tecnologías nucleares en comparación con los diseños existentes. Sin embargo, al igual que sucede con las tecnologías no nucleares incluidas en el SRES, esos cambios se introdujeron genéricamente como reducciones de los costos supuestos, y no se consideraron soluciones de diseño específicas. La disponibilidad de esas soluciones sería sumamente importante, como también lo sería una actitud social positiva hacia la energía nuclear (que no se analizó explícitamente en el SRES).

■ En el mandato recibido por el SRES se excluyeron de sus escenarios las políticas de mitigación de los gases de efecto invernadero. De aplicarse esas políticas quizás tengan una repercusión positiva adicional sobre las opciones energéticas no fósiles, incluida la energía nuclear.

En general, el estudio del IPCC muestra que el futuro desarrollo de la energía nuclear no depende necesariamente de las consideraciones relativas al cambio climático, y que la opción nuclear se considera que sigue siendo una parte importante de la mezcla de energía, sin tener en cuenta las políticas de mitigación de los gases de efecto invernadero. Esos son importantes mensajes de un profundo estudio a largo plazo que comprende hasta el final del siglo XXI. □