

CAPÍTULO CUARTO

LOS DESAFÍOS DE LA SEGURIDAD ENERGÉTICA MUNDIAL Y DEL CAMBIO CLIMÁTICO

LOS DESAFÍOS DE LA SEGURIDAD ENERGÉTICA MUNDIAL Y DEL CAMBIO CLIMÁTICO

FATIH BIROL

RESUMEN

La aplicación estricta del Acuerdo de Copenhague podría ser el primer paso para alcanzar el objetivo de las 450 partes por millón (ppm). El *World Energy Outlook 2010* (WEO) 2010 analiza, en el escenario 450, cómo podría lograrse este resultado. El tema principal de este capítulo es este escenario y las implicaciones que tendría para el sector de la energía seguir este camino, con especial atención a los mercados del petróleo. Aborda asimismo los costes de su realización y algunos de los beneficios resultantes.

Palabras clave: escenario 450, World Energy Outlook 2010, Energy, Acuerdo de Copenhague, escenario de “Nuevas Políticas”.

SUMMARY

The strict implementation of the Copenhagen Accord could be a first step towards achieving the 450 parts per million goal. The 2010 *World Energy Outlook* analyses, in our 450 Scenario, how this could be the case, and the main focus of this chapter is this scenario, and the implications for the energy sector of following that path, with a particular focus on oil markets. It also discusses the costs of achieving this scenario, and some of the resulting benefits.

Keywords: 450 Scenario, Copenhagen Accord, World Energy Outlook 2010, New Policies Scenario.

INTRODUCCIÓN

El Acuerdo de Copenhague, surgido de la Conferencia de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, establece como objetivo limitar a 2°C el aumento medio de la temperatura mundial. El Acuerdo no fue adoptado en la conferencia, sino que “se tomó conocimiento” del mismo y fue firmado por la mayoría, aunque no todos los países asistentes. Incluye un Anexo en el que los países que suscribieron el Acuerdo se comprometían a reducir las emisiones o a asumir otros compromisos políticos para lograr el objetivo de los 2 grados.

Sin embargo, estas promesas no garantizan en absoluto que vaya a lograrse el objetivo fijado. De hecho, las promesas ni siquiera garantizan necesariamente que vaya a lograrse el objetivo de estabilizar la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera en 450 partes por millón (que a menudo se identifica con el objetivo de los 2°C, pero que en realidad sólo otorga, en el mejor de los casos, un 50% de probabilidades de que el aumento de la temperatura se limite a este nivel). Y lo que es peor es que, pasado un año, sigue sin estar claro qué significa realmente el Acuerdo en términos de emisiones en 2020, no sólo no se sabe bien cómo o dónde va a realizarse la disminución, sino que se desconocen asimismo la cifra absoluta de emisiones que puede esperarse para el 2020.

La incertidumbre acerca del verdadero resultado del Acuerdo de Copenhague procede de dos fuentes. En primer lugar, la falta de transparencia en los compromisos supone que no sabemos qué emisiones habrá en el año 2020. Muchas de las promesas se expresaron en términos orientativos o sobre unas bases de referencia desconocidas o también de forma condicionada, sin que se clarificara cómo se determinaría el cumplimiento de dichas condiciones. En segundo lugar, la falta de ambición para 2020, incluso situándonos en la interpretación más estricta del Acuerdo, unida a la ausencia de cualquier mención a unos objetivos de más largo alcance y verosímiles para el periodo después de 2020, supone que incluso en caso de poderse considerar que el resultado en 2002 se ajusta al Acuerdo, es muy posible que las emisiones se sitúen tan por encima de un nivel compatible con la estabilización en 450 partes por millón, que el objetivo de los 2°C quedaría totalmente fuera de alcance. El Informe *World Energy Outlook 2010* (WEO) (1) analiza un escenario en

(1) www.worldenergyoutlook.org

el que se respetan los compromisos del Acuerdo de Copenhague, aunque en su versión menos ambiciosa, y en el que la acción después de 2020 se limita a mantener el índice de mejora de la intensidad de CO₂ en el sector energético mundial (en lugar de casi el doble que se necesita en el escenario 450). En este escenario, llamado de Nuevas Políticas, se llegaría a un nivel de emisiones compatible con un aumento de la temperatura de más de 3,5°C, lo cual tendría impactos catastróficos para el mundo entero.

LA TRAYECTORIA DE LAS FUTURAS EMISIONES EN EL ACTUAL CONTEXTO POLÍTICO MUNDIAL

La trayectoria que podrían seguir ahora las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) relacionadas con la energía ha de determinarse en dos etapas. En primer lugar, tenemos la ruta a seguir hasta 2020, la cual hemos considerado establecida por las negociaciones de Copenhague y hemos interpretado de dos maneras distintas. En segundo lugar, lo que vaya a realizarse pasado 2020 debe determinarse, en el caso del escenario 450, teniendo en cuenta la necesidad de llegar lo antes posible al nivel máximo de emisiones mundiales anuales, de forma que la lenta dispersión de los gases de efecto invernadero acumulados en la atmósfera permita reducir a tiempo la concentración de emisiones hasta los niveles requeridos. La trayectoria del Escenario 450 ha de hacerse compatible con este objetivo. La trayectoria del Escenario de Nuevas Políticas se basa en el supuesto de que después de 2020 las políticas producirán un promedio de mejora global anual de la intensidad de CO₂ manteniéndose, en términos generales, la tendencia de los diez años anteriores.

El Acuerdo de Copenhague fija el objetivo de limitar el aumento de la temperatura global a 2°C, pero no indica el camino a seguir después de 2020 y deja muchas cuestiones sin resolver. La primera dificultad consiste en cómo interpretar los compromisos asociados al Acuerdo de Copenhague.

Aunque muchos países hicieron promesas para 2020, gran parte de ellas carecen de transparencia y dejan unas incertidumbres sustanciales acerca de la interpretación de algunos de estos objetivos en términos de su impacto sobre la emisión de gases de efecto invernadero en el mundo. Una serie de países, tanto los del Anexo I como los que no figuran en dicho Anexo, han hecho promesas de tipo orientativo y no promesas

concretas. Asimismo, quedaron abiertas una serie de preguntas sobre las disposiciones del Acuerdo y sobre la futura evolución de los mecanismos del Protocolo de Kyoto, incluidos los asuntos sobre el futuro del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y la financiación del uso futuro de las Unidades de Cantidad Asignada (UCA), algunos de los cuales deberían discutirse y tal vez resolverse en la Conferencia de las Partes en Cancún en diciembre de 2010, aunque, naturalmente, su desarrollo es incierto. Incluso en el mejor de los casos, es decir, si todos los países del Anexo I cumplieran con la versión más ambiciosa de las promesas hechas en el contexto del Acuerdo de Copenhague, la incertidumbre acerca de las emisiones de 2020 de los países que no figuran en el Anexo I supera la disminución máxima atribuible a las promesas de los países del Anexo I en total. Del total de incertidumbre en torno a los países que no figuran en el Anexo I que se cifra en 3,2 gigatoneladas (Gt) de CO₂, estimamos que Brasil podría superar los 350 millones de toneladas (Mt) de CO₂ relativa a los valores de referencia. La incertidumbre en lo que se refiere a las promesas chinas se estima en al menos 2 Gt de CO₂, mientras que la de la India se cuantifica en más de 600 Mt de CO₂ sobre la base de las estimaciones de un producto interior bruto (PIB) diferente. Todas estas cifras podrían ser superiores dependiendo de los supuestos utilizados a la hora de calcularlas. Tampoco está claro qué nivel de emisiones se desprenderá de los objetivos anunciados por los países del Anexo I, ya que muchos de ellos se han comprometido de forma orientativa y no han fijado metas específicas. Aunque este grado de incertidumbre –675 Mt CO₂ para los países del Anexo I en su conjunto– es inferior al de los países que no figuran en el Anexo I, y a pesar de que es cuantificable y no depende de los supuestos utilizados ya que los objetivos están expresados con relación a unas referencias fijas, sigue siendo difícil evaluar con seguridad el nivel absoluto de emisiones asociado al Acuerdo de Copenhague y en consecuencia se estima que el total de incertidumbre equivale a 3,9 Gt.

- **Una base de referencia incierta:** Debido a que las promesas se definen como desviaciones de los ‘Business As Usual’ (BAU), y que no se han publicado ni expuesto las bases de referencia o existe más de una proyección oficial, no queda claro lo que significan las promesas en términos del nivel absoluto de emisiones que conlleva su cumplimiento.
- **Unos componentes financieros inciertos:** Los países del Anexo I prometieron que “movilizarían” unos fondos de 100.000 millones de dólares al año en 2020 para financiar la mitigación y la adaptación

de los países en desarrollo. Sin embargo, no se desprende claramente del Acuerdo qué cuantía de esta financiación tendrá forma de transferencia financiera directa a los gobiernos y cuánto se canalizará a través de la financiación del carbono, ni cómo se distribuirá entre mitigación y adaptación. Esto cobra especial importancia habida cuenta de que las promesas de acción de los países que no figuran en el Anexo I están condicionadas a la financiación y que es posible que no coincidan las dos nociones de financiación.

- **La incertidumbre acerca de la regulación del mercado del carbono:** Sigue siendo sumamente incierta la forma que vayan a tener los mercados del carbono y su financiación en el futuro. No se ha acordado ninguna ampliación del MDL ni ninguna vinculación entre los mercados de los países del Anexo I. Siguen sin elaborarse las normas de contabilidad de los créditos compensatorios generados en los países cuyos objetivos no han sido expresados en términos de límites absolutos de las emisiones, lo cual abre la puerta al doble recuento de las reducciones para los objetivos del Anexo I (reducciones de Mt de CO₂) y para los de los países que no figuran en el Anexo I (Ej.: reducciones de la intensidad de carbono).
- **El uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la silvicultura:** Sigue habiendo incertidumbre, como la ha habido históricamente, en relación no sólo con la interpretación de las promesas de reducción de las emisiones por el uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la silvicultura (UTCUTS) y con el método a utilizar para contabilizar dichas emisiones, sino también en torno a la medida de dichas emisiones.

EL ESCENARIO DE NUEVAS POLÍTICAS

Dejando a un lado la cuestión de la incertidumbre, para llevar a cabo un análisis significativo, es necesario plantearse la interpretación de los compromisos de los países. El escenario de Nuevas Políticas tiene en cuenta los compromisos políticos y los planes generales anunciados por los países de todo el mundo para enfrentarse a las preocupaciones medioambientales o de seguridad energética. Sin embargo las medidas para cumplir con estos compromisos aun están por identificar o por anunciar. Estas políticas y planes incluyen las promesas de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (comunicadas formalmente bajo el Acuerdo de Copenhague), así como los planes para la progresiva

retirada de los subsidios a la energía fósil. Este escenario nos permite cuantificar el impacto potencial de la aplicación de estas políticas sobre los mercados energéticos. Pero este escenario no presupone que vayan a aplicarse en su integridad. Por los motivos expuestos anteriormente, queda por saber qué harán los gobiernos para cumplir con dichos compromisos políticos y qué fuerza cobrará su acción política en este sentido. Por lo tanto, a los efectos de este escenario, considerando que sólo se tiene en cuenta la acción más allá de las políticas existentes (la base de nuestro Escenario de Referencia anterior) que conllevan un elevado grado de incertidumbre, hemos adoptado un conjunto relativamente reducido de supuestos políticos que corresponde a una interpretación y una puesta en práctica prudentes de las promesas sobre el clima y de las reformas planificadas para los subsidios. Para los países que han establecido distintos niveles posibles para un objetivo en particular, se parte del supuesto de que adoptarán unas políticas que lleven a alcanzar el resultado menos ambicioso dentro del rango definido. Para los países en los que la incertidumbre en cuanto a la política climática es muy elevada, se parte del supuesto de que las políticas que se adopten serán insuficientes para alcanzar su objetivo. Asimismo, se parte del supuesto de que la financiación para las acciones de mitigación será limitada y de que los mercados del carbono sólo crecerán moderadamente. Estos supuestos pueden considerarse discutibles. No se han seleccionado en un espíritu de juzgar a los países en cuestión, sino para ilustrar las implicaciones que dichos supuestos tendrían, de verificarse, sobre la energía mundial y sobre las emisiones.

La mayor parte de los compromisos nacionales formales sobre el clima se refieren al periodo hasta 2020. Para el periodo 2020-2035 hemos partido del supuesto de que se introducirán medidas adicionales que mantendrán el ritmo de descenso de la intensidad del carbono establecido para el periodo 2008-2020 medido como emisiones por dólar de producto interior bruto, en términos de paridad de poder adquisitivo. El mero hecho de suponer que se tomarán medidas adicionales que no sean necesariamente ambiciosas refleja la ausencia de un acuerdo internacional vinculante para reducir las emisiones mundiales. No obstante, se parte del supuesto de que cada país de la OCDE introducirá un objetivo de reducción de emisiones para todos los sectores de la economía y que establecerá un sistema armonizado de limitación y comercio de emisiones que cubrirá los sectores de la energía y de la industria para acelerar la reducción de la intensidad de carbono. Se supone que los

países que no forman parte de la OCDE seguirán aplicando políticas y medidas nacionales que mantengan el ritmo de descenso de la intensidad de carbono en su territorio registrado en el periodo de 2008-2020. Se espera que se pongan en marcha acuerdos sectoriales internacionales en varias industrias, incluidas las del cemento y la de los vehículos pesados. Además, partimos de la base de que los subsidios al consumo de los combustibles fósiles desaparecen en su integridad en todas las regiones importadoras y se retiran en las regiones exportadoras que ya han anunciado políticas específicas a este fin.

En el escenario de Nuevas Políticas aumenta la demanda mundial de cada fuente de combustible y los combustibles fósiles suponen más de la mitad del incremento de la demanda total de energía primaria. La subida de precios del combustible fósil para los usuarios finales consecuencia de la presión al alza de los precios en los mercados internacionales y de unas penalizaciones al carbono cada vez más elevadas, unida a las políticas de fomento del ahorro energético y al cambio a fuentes de energía con bajas emisiones de carbono, ayudarán a frenar el aumento de la demanda de los tres combustibles fósiles. El petróleo seguirá siendo el combustible dominante en el mix de fuentes de energía primaria en los próximos 25 años, pero su participación, que se situaba en el 33% en 2008, caerá al 28% en 2035 a medida que los altos precios y las medidas gubernamentales de promoción de la eficiencia energética vayan propiciando el abandono del petróleo en los sectores industrial y de generación eléctrica y según vayan surgiendo nuevas oportunidades para sustituir los derivados del petróleo por otros combustibles en el transporte. La demanda de carbón crecerá hasta 2020 y empezará a caer alrededor de 2035. El crecimiento de la demanda de gas natural superará con creces la de otros combustibles fósiles debido a sus ventajas medioambientales y prácticas y a las limitaciones de la velocidad de despliegue de las tecnologías de bajas emisiones de carbono. La proporción de energía nuclear aumentará del 6% de 2008 al 8% en 2035. El uso de las energías renovables modernas –incluidas la hidroeléctrica, la eólica, la solar, la geotérmica, la biomasa moderna y la marina– se multiplicará por tres en el periodo examinado por el informe, aumentando su proporción en la demanda total de energía primaria del 7% al 14%. El consumo de biomasa tradicional subirá ligeramente hasta 2020 para retroceder en 2035 hasta justo por debajo de los niveles actuales, con un aumento del uso de los combustibles modernos en los hogares del mundo en desarrollo.

Los países que no pertenecen a la OCDE representan el 93% del aumento proyectado en la demanda de energía primaria en el Escenario de Nuevas Políticas, lo cual refleja mayores tasas de crecimiento de la actividad económica, de la producción industrial de la población y de la urbanización. China, donde la demanda se ha disparado en la última década, contribuye con un 36% al crecimiento proyectado del uso mundial de energía. Su demanda aumenta un 75% entre 2008 y 2035. En ese último año, China representará el 22% de la demanda mundial comparado con el 17% de hoy en día. La India es el segundo país en cuanto a aumento de la demanda mundial hasta 2035, ya que representa el 18% de la subida y que su consumo energético se eleva más del doble en el periodo analizado por el *informe WEO*. Fuera de Asia, Oriente Medio experimenta la mayor tasa de incremento con un 2% al año. La demanda agregada de energía en los países de la OCDE crece muy lentamente durante el periodo del *informe WEO*. No obstante, en 2035, Estados Unidos sigue siendo el segundo mayor consumidor de energía después de China y muy por encima de la India (que ocupa un lejano tercer puesto).

Las implicaciones del escenario del cambio climático son alarmantes. En este escenario, la demanda creciente de combustibles fósiles seguirá impulsando las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía durante todo el periodo de la proyección. Esta tendencia imposibilitaría la consecución del objetivo de los 2°C, ya que la necesaria reducción de las emisiones después de 2020 sería demasiado abrupta. En este escenario, las emisiones mundiales seguirán aumentando durante el periodo de la proyección, aunque la tasa de crecimiento irá bajando progresivamente. Las emisiones subirán hasta 33,7 gigatoneladas (Gt) en 2020 y hasta más de 35,4 Gt en 2035, un 21% más que las 29,2 Gt de 2008. Los países no pertenecientes a la OCDE representan todo el crecimiento de emisiones mundiales previsto; el pico de las emisiones de la OCDE se alcanzará antes de 2015 y a partir de entonces éstas empezarán a caer. Estas tendencias se ajustan a la estabilización de la concentración de gases de efecto invernadero en 650 ppm de CO₂, lo cual tendrá por resultado un probable aumento de la temperatura de más de 3,5°C a largo plazo (GIECC, 2007).

EL ESCENARIO 450: SUPUESTOS Y METODOLOGÍA

El escenario de Nuevas Políticas no alcanza el objetivo de los 2°C por un margen significativo. El escenario 450 está diseñado para perfilar

un camino que podría facilitar la consecución de este objetivo mediante la reducción de la concentración atmosférica de los gases de efecto invernadero a 450 partes por millón. Por lo tanto, se parte del supuesto de que se llevarán a cabo las políticas necesarias para cumplir con el nivel más ambicioso de las promesas del Acuerdo de Copenhague. El escenario 450 parte asimismo del supuesto de que la eliminación de los subsidios a los combustibles fósiles acordada por el G20 se llevará a cabo rápidamente. Para pasado 2020, nuestro análisis parte del supuesto de que todos los países contribuirán a la acción necesaria para reducir las emisiones hasta un nivel compatible con la estabilización a largo plazo de la concentración atmosférica de los gases de efecto invernadero en 450 partes por millón. Los países de la OCDE+ y Otras Grandes Economías establecen unos objetivos muy estrictos para las emisiones, y Otros Países venden créditos de reducción de emisiones en los mercados internacionales del carbono y reciben financiación directa para la mitigación (2).

El análisis 450 parte del supuesto de que las promesas hechas en Copenhague por los países del Anexo I junto con los demás compromisos de disminución de los países de la OCDE+ (3) se cumplirán a través de unos topes a las emisiones de los sectores de la energía y de la industria y de la fijación de precios del carbono. Los distintos sistemas de limitación y comercio de los países de la OCDE+ convergen en un sistema único en 2020 (4). Partimos del supuesto de que existirá una

(2) El Acuerdo de Copenhague prevé un “Fondo Verde para el clima” para respaldar la acción de los países en desarrollo a los efectos de adaptación y mitigación.

(3) *A los efectos del análisis del World Energy Outlook, los países de la OCDE+ incluyen a los países miembros de la OCDE, así como a los países de la Unión Europea no pertenecientes a la organización. Los países del Anexo I y los países de la OCDE+ se refieren en general al mismo grupo, salvo algunas excepciones. Los países del Anexo I no pertenecientes a la OCDE+ son Belarús, Croacia, Mónaco, Rusia y Ucrania. Los países de la OCDE+ que no figuran en el Anexo I son Chipre, Corea, Malta y Méjico. Las Otras Grandes Economías incluyen a los mayores países emisores fuera de la OCDE+ (sobre la base de sus emisiones totales de CO₂ relacionadas con la energía en 2007), con un PIB per cápita (en términos de PPA) que se espera que supere los 13.000 de dólares en 2020. Los países pertenecientes a este grupo son China, Rusia, Brasil, Sudáfrica y los países de Oriente Medio. Por Otros Países se entiende todos los países, incluida la India, Indonesia, países africanos (excepto Sudáfrica), los países de América Latina (excepto Brasil) y los países de Asia y de Europa Oriental/Eurasia (excepto los de la OCDE+ y Rusia).*

(4) Aunque este supuesto pueda considerarse como atrevido a la luz del contexto político de finales de 2010, nos permite modelar el sector energético sin tener que hacer unos

norma que limite la compra de créditos compensatorios de carbono por los países de la OCDE+ hasta una cantidad que no supere el tercio de sus compromisos de disminución. Esto permitiría una disminución de unas 940 Mt a financiar en Otras Grandes Economías y en Otros Países a través de un mecanismo internacional de compensación como el MDL o su sucesor, a un coste estimado de 28.000 millones de dólares para los países compradores. Será especialmente importante garantizar que los mecanismos están ahí para evitar que los créditos compensatorios se contabilicen a cuenta de los objetivos de más de un país; este análisis parte del supuesto simplificador de que no se realizarán dobles recuentos. También hemos partido de la base de que no existe comercio de derechos de emisión no utilizados procedentes de periodos anteriores. Para alcanzar el objetivo global de emisiones en los países del Anexo I en 2020, también se tomarán medidas para el sector transporte (unos niveles estrictos de ahorro de combustible e incentivos a los biocombustibles) y en el sector de la construcción (ahorro energético y subsidios a las renovables) que reflejen el debate político actual en cada país. Los países que no figuran en el Anexo I emprenderán su acción de mitigación en parte sobre la base de la cofinanciación, y se supone que alcanzarán sus objetivos declarados. La acción nacional en las Otras Grandes Economías y en los Otros Países, teniendo en cuenta los distintos objetivos anunciados (5), representa 840 Mt de disminución en 2020, en comparación con la base de referencia en la que no hay cambio de política. Se prevé que las transferencias financieras directas, ya sean bilaterales entre países o a través de un mecanismo de financiación multilateral, garanticen otros 420 Mt de disminución en los países que no figuran en el Anexo I en 2020. El gasto anual aumenta a lo largo del periodo alcanzando cerca de los 46.000 millones de dólares en 2020. Si el coste para los países del Anexo I para financiar estos 420 Mt de disminución por parte de los países desarrollados resulta equivalente a la compra de créditos compensatorios (esto es, calculado sobre la base de un precio del carbono prevaleciente y de la cantidad de la disminución alcanzada),

supuestos específicos acerca del modo políticamente más verosímil en que los países en los que ahora parece menos probable que se introduzcan mercados del carbono lo hagan. Aunque podría lograrse la misma disminución por otros medios, sin un mercado único del carbono vinculado, es probable que los costes fueran más elevados.

- (5) Muchos de los países que no figuran en el Anexo I anunciaron unas acciones que aunque no eran en términos de reducción de las emisiones ni de objetivos de mejora de la intensidad, sí podrían tener un impacto en la reducción de las emisiones. Disponibles en <http://unfccc.int/home/items/5265.php>.

se añadirían alrededor de 13.000 millones de dólares en transferencias directas al gasto de los 28.000 millones de dólares de las compensaciones en 2020.

No está claro si la compra de los créditos compensatorios y las transferencias directas se considerarán fuera del alcance de los 100.000 millones de dólares de financiación prometidos por los países desarrollados, ni cómo se distribuirá el gasto entre mitigación y adaptación. Tampoco está claro si las transferencias financieras directas cubrirán únicamente los costes marginales de la disminución, es decir, si serán equivalentes a la compra de créditos compensatorios en su cálculo o si las transferencias cubrirán todas las inversiones en el tiempo para lograr dicha disminución. Dado que este asunto pertenece al ámbito de las negociaciones internacionales, no hemos tomado postura sobre el mismo.

El marco analítico aplicado al periodo después de 2020 da por supuesto que la comunidad mundial adoptará una combinación plausible de instrumentos políticos para lograr llegar a largo plazo a una concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera que no supere las 450 ppm CO₂-eq. Entre ellos se incluyen: sistemas de limitación y comercio; acuerdos internacionales con objetivos sectoriales para las industrias del hierro, el acero y el cemento; acuerdos internacionales que establezcan normas de ahorro de combustible en los vehículos ligeros de pasajeros (PDLVs), la aviación y el transporte marítimo; así como políticas y medidas nacionales como normas de eficiencia en la construcción, en el etiquetado de los aparatos eléctricos, etc.

En el escenario 450, los precios por tonelada de CO₂ en la OCDE+ alcanzarán los 45 dólares en 2020 y subirán a 120 dólares en 2035. Los mercados del carbono de la OCDE+ y de Otras Grandes Economías no estarán directamente vinculados, pero se prevé que ambos mercados permitan el acceso a las compensaciones en otros países. Se parte de este supuesto para evitar una caída repentina de precios en la OCDE+ que supondría un riesgo de verificarse la vinculación con distintos niveles de precios. Para 2035 las emisiones en los países de la OCDE+ estarán justo por encima de la mitad del nivel de 1990 y el precio del CO₂ procederá en un 90% de la generación eléctrica de las tecnologías de bajas emisiones de carbono, garantizándose de forma generalizada la captura y el almacenamiento del carbono en la industria (CAC). Los precios del CO₂ en Otras Grandes Economías subirán más drásticamente que en los

países de la OCDE+, pasando de cerca de cero en 2020 a 90 dólares por tonelada de CO₂ en apenas 15 años.

LAS EMISIONES TOTALES DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO Y SUS COMPONENTES RELACIONADOS CON LA ENERGÍA

Todos los gases

En el escenario 450, las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de todas las fuentes llegan a poco más de 46,2 Gt CO₂-eq en 2010, se mantienen fundamentalmente estables en los siguientes diez años y después bajan rápidamente alcanzando un total de 21,4 Gt CO₂-eq en 2050, un 40% por debajo de los niveles de 1990 (6). Esta tendencia contrasta drásticamente con la situación en la que no se realizan cambios en las políticas actuales, lo cual llevaría a unas emisiones globales que alcanzarían las 71 Gt CO₂-eq en 2050. Del mismo modo, en caso de una puesta en práctica menos ambiciosa del Acuerdo de Copenhague, como prevé el escenario de Nuevas Políticas, las emisiones serían mucho más elevadas de lo deseable, estabilizándose en torno a las 50 Gt, más del doble que en el escenario 450 en 2035.

La concentración atmosférica de gases de efecto invernadero en el escenario 450 sigue una trayectoria de rebasamiento, es decir que alcanzan un pico de 520 ppm CO₂-eq alrededor de 2040 antes de volver a 450 ppm CO₂-eq cerca de 2150. Aunque el objetivo de una concentración de 450 ppm a menudo es considerado como equivalente al objetivo de los 2°C, es importante dejar claro que la estabilización a largo plazo en 450 ppm no garantiza en absoluto que el aumento de la temperatura se limite a los 2°C. Sigue habiendo una incertidumbre sustancial en cuanto a la sensibilidad del clima a las emisiones de gases de efecto invernadero, así como en torno a la interacción de los distintos factores y los posibles efectos de reacción. El cuarto informe de evaluación

(6) Se ha utilizado el modelo de equilibrio general de la OCDE (vínculos medioambientales) para valorar una trayectoria de las emisiones de gases de efecto invernadero compatible con el objetivo a largo plazo de estabilización de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera en 450 ppm CO₂-eq. Para confirmar este resultado, se utilizó el Modelo de Evaluación del Cambio Climático inducido por los Gases de Efecto Invernadero (siglas en inglés MAGICC versión 5.3v2) de la Corporación Universitaria para la Investigación Atmosférica.

del GIECC (2007) apunta a los 2°C como punto medio de calentamiento que puede asociarse con la estabilización en 450 ppm, pero estudios más recientes sugieren que las posibilidades de limitar el aumento de la temperatura a 2°C con 450 ppm pueden ser mucho menores. Además, las trayectorias de rebasamiento conllevan un riesgo mucho mayor. Si la temperatura sube más de 2°C en el periodo anterior a la bajada de la concentración, existe el riesgo de que la temperatura que se alcance ponga en movimiento los bucles de reacción. Como por ejemplo, el deshielo del gelisuelo, que produce emisiones de metano y a su vez conduce a una mayor concentración atmosférica y a un mayor calentamiento. Estos riesgos e incertidumbres refuerzan la idea de que hay que emprender acciones más enérgicas para poner freno a las emisiones antes de lo proyectado.

Las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía

Las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía siguen conformando la mayor parte de los gases de efecto invernadero emitidos en el escenario 450, en el que alcanzan las 31,9 Gt de CO₂ en 2020, o cerca del 70% de las emisiones totales. Para pasar de este punto a otra trayectoria que sea compatible con la estabilización a largo plazo de la concentración atmosférica de CO₂-eq en 450 ppm, las emisiones relacionadas con la energía han de bajar a 21,7 Gt de CO₂ en 2035. Las emisiones mundiales disminuyen una media de 640 Mt al año de 2020 a 2035. Las emisiones de los países de la OCDE bajan a ritmo constante desde antes de 2015 y en 2035 son un 55% inferiores a los niveles de 2005 (o el 48% menos que en 1990). Las emisiones de los países no pertenecientes a la OCED alcanzan su máximo en 2018 con 19,8 Gt y empiezan a bajar a partir de ese año liderados por las grandes reducciones de China. Sin embargo China sigue siendo el mayor emisor en 2035 con 5,2 Gt, seguido por la India y los Estados Unidos, cada uno con 2,3 Gt y la Unión Europea con 1,8 Gt.

La media global de emisiones de CO₂ relacionadas con la energía per cápita cae gradualmente durante el periodo de la proyección ocultando las tendencias subyacentes. Las emisiones per cápita en Estados Unidos, 18 toneladas de CO₂ por persona en 2008, disminuyen hasta 15 toneladas per cápita en 2020 y entonces empiezan a bajar más abruptamente hasta 6 toneladas de CO₂ por persona en 2035, un cambio tremendamente drástico y rápido. Por su parte, las emisiones per cápita de China superan a las de la Unión Europea en torno a 2020, a medida que

van disminuyendo las emisiones per cápita de la UE. Sin embargo, en esa época, las emisiones per cápita de China ya han alcanzado su máximo y empiezan a remitir a un ritmo similar a las de la Unión Europea en la segunda mitad del periodo de la proyección, justo por debajo del nivel de las de la Unión Europea en final del periodo. Las emisiones per cápita en la India se mantienen comparativamente bajas durante todo el periodo, aunque van aumentando lentamente. En 2035, la India sigue emitiendo solamente 1,6 toneladas de CO₂ por persona.

De 1990 a 2008, la intensidad de CO₂ global disminuyó a un ritmo medio anual del 1,4%. Para descarbonizar la economía de la energía hasta el punto necesario para realizar el escenario 450, se necesita doblar este ritmo de disminución de la intensidad de carbono desde 2008 hasta 2020; y prácticamente el doble, es decir un 5,3% al año a partir de entonces. La diferencia con lo que ocurriría sin una nueva política es llamativa: si no se aplicara ninguna medida para el cambio, la mejora después de 2020 sería apenas superior a la realizada entre 1990 y 2008. Para que podamos comprender lo que significan las mejoras, la crisis del precio del petróleo en 1973 supuso una mejora del 2,5% en la intensidad energética entre 1973 y 1974, para el escenario 450, se necesita más del doble de este índice de manera continuada en cada año desde 2020 a 2035.

DE DÓNDE Y CÓMO HAN DE REALIZARSE LOS AHORROS

Disminución por región

Como hemos visto, en el escenario 450 las emisiones alcanzan las 31,9 Gt en 2020 y bajan a 21,7 Gt en 2035, 20,9 Gt o el 49% menos de lo que bajarían si no se produjeran cambios en las políticas actuales. Para alcanzar estos niveles de disminución es necesario que todos los países impongan medidas de reducción estrictas a partir de 2020. En la OCDE+, se espera que las emisiones repunten hasta 2012 a medida que las economías vayan recuperándose de la crisis financiera, para caer a ritmo constante a partir de entonces. En 2035, las emisiones de la OCDE+ alcanzarán en conjunto las 5,9 Gt, justo por encima de los niveles de 1990, un nivel similar a las emisiones de hoy en día en los Estados Unidos. Aunque las emisiones en las Otras Grandes Economías siguen aumentando hasta alrededor de 2020, bajan por debajo de los niveles actuales

en 2030 y llegan a las 8,6 Gt en 2035. En los Otros Países, el aumento de las emisiones se mantiene hasta 2023, llegando a su máximo de 6,4 Gt y disminuyendo ligeramente a partir de entonces. En 2035, las emisiones son de 6,1 Gt, un 18% más que en 2008 y el 75% más que en 1990.

La disminución en sólo seis regiones representa la mayor parte de las reducciones de CO₂ mundiales. La participación de estos países en la disminución, comparada con lo que sería en caso de no aplicarse nuevas políticas desde mediados de 2010 aumenta del 66% en 2020 al 74% en 2035. La disminución en China es mayor que en el conjunto de la OCDE+, con 7,4 Gt de CO₂ o el 35% de la disminución total, comparada con las 6,4 Gt de CO₂ de la OCDE+. Durante el periodo en su conjunto, China representa un tercio de la disminución acumulada mundial. En cambio, la India aumenta las emisiones de 2020 a 2035, incluso en el escenario 450, aunque este crecimiento se ve contenido por las nuevas políticas adoptadas.

Selección de las medidas

La contribución al escenario 450 de las distintas medidas para la disminución varía con el tiempo según van agotándose las opciones más económicas y ha de pasarse a opciones más caras. La eficiencia del uso final representa el 67% de las 3,5 Gt reducidas en 2020 con respecto al nivel que se desprendería de la falta de cambio de política, pero su participación baja al 47% en 2035 cuando la disminución total es de 20,9 Gt. Con el tiempo, la contribución de la eficiencia energética se distribuye a partes iguales entre la disminución lograda a través de una mayor eficacia de la combustión directa de los combustibles fósiles (Ej.: mayor rendimiento de los hornos de carbón) y la disminución obtenida gracias a una menor demanda de electricidad atribuible a una mayor eficiencia en el uso final (Ej.: más y mejores aparatos eléctricos), con lo que se reduce la combustión de los combustibles fósiles en el sector de generación de energía. Las medidas de bajo coste para la eficacia del uso final se explotan rápidamente en los países de la OCDE+ en los que los consumidores reaccionan ante el precio del CO₂ poniendo en marcha medidas para mejorar la eficiencia del uso de la electricidad. El precio del CO₂ también es una manera de lograr una mayor eficiencia energética en el uso directo de los combustibles fósiles en la industria, así como el ahorro de combustible estándar es el instrumento clave para el transporte. Las medidas de eficiencia cobran asimismo mayor peso

durante el primer periodo, ya que otras medidas de reducción, como la CAC, requieren plazos más largos.

Las renovables, incluidos los biocombustibles, representan una parte en ligero aumento de los ahorros de CO₂ en el tiempo, siempre que se establezcan políticas de apoyo que vayan más allá del impacto del precio del carbono. Esa parte pasa del 19% en 2020 al 24% en 2035. El coste de estas políticas sube de 60.000 millones de dólares en 2009 a más de 300.000 millones de dólares en 2035. Un despliegue más rápido de las renovables, con el que se reduciría sus costes de capital, y unos precios de la electricidad más altos debido a la subida de los precios del CO₂ pueden significar o bien que las renovables resulten competitivas en un momento anterior del periodo proyectado, o bien que necesitan menos ayuda por unidad de energía –por ejemplo, la eólica marítima en Estados Unidos se hace competitiva en 2020 en el escenario 450, esto es, diez años antes de lo que sucedería si no se diera ningún cambio de política. De todas maneras, el importe total de las ayudas aumenta a lo largo de todo el periodo debido a la rápida expansión del uso de las fuentes renovables.

La CAC se convierte en una tecnología clave para la disminución al final del periodo de la proyección, ya que representa cerca de 4 Gt de disminución en 2035. La CAC se utiliza en las nuevas centrales de carbón (y las alimentadas por gas) después de 2020 en la OECD+ y en las Otras Grandes Economías y se usa también ampliamente como medida de reajuste. La CAC se convierte en una opción clave para la disminución en determinadas aplicaciones industriales así como en la transformación de la energía (Ej.: carbón a líquidos). Por último, la energía nuclear representa una proporción bastante constante de la disminución en todo el periodo, con un aumento en términos absolutos de 1,7 Gt en 2035.

IMPLICACIONES PARA LA DEMANDA DE ENERGÍA

En el escenario 450 el aumento total de la demanda de energía primaria y final se contiene mediante la aplicación de unas políticas y de unas medidas diseñadas para la protección del medioambiente. La demanda mundial de energía primaria alcanza los 14.900 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep) en 2035, lo cual representa un índice de crecimiento medio anual de menos de la mitad del de 1990 a 2008. En 2020, la demanda de todos los combustibles es superior a los niveles de

hoy, pero en 2035 la demanda de carbón y la de petróleo habrán bajado hasta situarse por debajo del nivel de 2008. Los combustibles fósiles siguen siendo el componente dominante de la demanda primaria, aunque su proporción cae de más del 80% en 2008 a apenas más del 60% en 2035. En cambio la participación de la energía nuclear y de las renovables en la demanda mundial de energía primaria aumenta hasta casi el 40% en 2035, partiendo de una participación de menos de la quinta parte en 2008.

El cambio más drástico en el aumento de la demanda de energía durante el periodo se da en China, donde el aumento de la demanda ha sido muy pronunciado más o menos desde el año 2000, con una media anual alrededor del 9%. Este crecimiento empieza a moderarse hacia 2012. Desde 2020 hasta el final del periodo de la proyección, la demanda china de energía se mantiene casi uniforme. También se da un cambio en Estados Unidos. Históricamente, su demanda de energía ha crecido a un ritmo medio de alrededor del 1% al año. En el escenario 450, la demanda se mantiene uniforme desde 2009 hasta 2020 y luego va decayendo hasta 2030, momento en el que vuelve a estabilizarse. Como resultado de estas tendencias, la demanda total de energía primaria en China que es cerca de 150 Mtep menor que la de los Estados Unidos en 2008, supera la demanda de los Estados Unidos en más de 1.000 Mtep en 2035.

Se prevé que el consumo de gas natural primario suba a 3,8 billones de metros cúbicos (bmc) en 2030 a un ritmo de crecimiento medio anual del 0,8%, después de lo cual la demanda empezará a caer. La lenta subida de la demanda mundial de gas hasta 2030 y su subsiguiente caída ocultan unas tendencias muy divergentes en las distintas regiones. Por ejemplo, la demanda de gas en Estados Unidos sube drásticamente desde 2020 hasta 2025, a medida que el sector de la energía pasa del carbón al gas. Pero en 2035, la demanda de gas en Estados Unidos habrá caído bastante por debajo de los niveles actuales debido al cambio de combustible en la generación de energía de lo nuclear a las renovables. En China y en la India se da un aumento constante de la demanda durante todo el periodo, cuadruplicándose en 2035 con respecto a los niveles de 2008. En Europa, la demanda de gas cae más o menos de forma constante durante todo el periodo. A pesar de estas desviaciones regionales con respecto a la tendencia mundial, la participación global del gas en el mix de fuentes de energía primaria se mantiene alrededor del 21% en todo el periodo de la proyección. La demanda de carbón es la que se ve más afectada en términos de volumen, llegando a su máximo antes de 2020, justo por debajo de los 5.500 millones de toneladas equivalentes de carbón (Mtec). La demanda

de carbón baja todos los años desde 2020, volviendo a los niveles de 2003 en 2035. La demanda de carbón se sitúa entonces en unos 3.600 Mtec, alrededor de un 25% menos que hoy en día. El mercado del carbón de la OCDE+ se ve sustancialmente afectado al caer la demanda de carbón en 2035 hasta menos de la mitad del nivel de 2008.

Como resultado de las políticas y medidas del escenario 450, la demanda combinada de energía nuclear y de energías renovables llega hasta justo por encima de los 5.600 Mtep en 2035, casi dos veces y media más que el nivel de 2008. La demanda de energía renovable moderna (es decir, las renovables salvo la biomasa tradicional (7) prácticamente cuadruplica en el periodo de la proyección, aumentando de 843 Mtep en 2008 a cerca de 1.500 Mtep en 2020 y, en un ascenso sustancial, llegando hasta 3.250 Mtep en 2035. Su participación en la demanda total de energía primaria pasa así de un 7% en 2008 a un 11% en 2020 y a un 22% en 2035.

En todas las regiones se da un aumento en la demanda de energía renovable, que registra, en algunas de ellas, un crecimiento drástico. La demanda de energía renovable en la India aumenta más de cuatro veces y media y en China nueve veces llegando a más de 530 Mtep en 2035. En Estados Unidos también aumenta muy notablemente la demanda de energía renovable moderna en 2035, llegando a los 550 Mtep, que representan un 26% de la demanda total de energía primaria en 2035. Brasil sigue siendo (como lo es en la actualidad) el país con la mayor participación de las renovables modernas en la demanda total de energía primaria, llegando a un 55% en 2035.

La demanda mundial de electricidad aumenta con el tiempo en todos los sectores de uso final con el escenario 450. En el sector del transporte, la demanda de electricidad llega hasta casi 1.500 teravatio-hora (TVh) en 2035, cinco veces y media más que el nivel de 2008. Esto se debe a un avance notable de los vehículos eléctricos. En 2035, la participación de la energía nuclear en la generación eléctrica aumenta cerca del 50% con respecto a los niveles actuales. La generación basada en las renovables aumenta hasta más de un 45% del mix mundial de generación, esto

(7) Las renovables modernas abarcan todas las fuentes de energía renovable salvo la biomasa tradicional, que a su vez se define como consumo de biomasa en el sector residencial de los países en desarrollo y se refiere al uso no sostenible de la madera, el carbón vegetal, los residuos agrícolas y el estiércol animal para cocinar y para la calefacción. Todos los demás usos de la biomasa se definen como modernos.

es dos veces y media más que hoy en día, con un aumento de la energía eólica de casi un 13% y de más del 6% de la solar fotovoltaica (FV) y de la solar de concentración (ESC). En su conjunto, los combustibles de bajo contenido de carbono (nuclear, renovables y centrales alimentadas con carbón o con gas y con dispositivo de captura y almacenamiento de carbono) suponen más de las tres cuartas partes de la generación eléctrica en 2035, en comparación con menos del tercio hoy en día.

LA DEMANDA DE PETRÓLEO

Las tendencias de la demanda primaria de petróleo

La demanda de petróleo en el escenario 450 alcanza su máximo antes de 2020, con poco más de 88 millones de barriles al día (mb/d) y baja a ritmo constante a partir de entonces hasta llegar a 81 mb/d en 2035, esto es, 3 mb/d por debajo de los niveles de 2009. Esto contrasta notablemente con lo que podríamos esperar si no se emprendiera una acción energética para afrontar el cambio climático. Esto representa un pico provocado por la demanda, es decir que no se trata de un ‘pico del petróleo’ en el sentido tradicional de un máximo de producción debido a la escasez de las reservas, sino un pico en la demanda producido por intervención política. El papel del petróleo en el mix mundial de energía primaria se reduce significativamente en el escenario 450; la economía mundial depende del petróleo en aproximadamente un cuarto de sus necesidades energéticas en 2035, 7 puntos porcentuales menos que hoy en día.

Las políticas en el sector transporte representan más de las tres cuartas partes de la reducción de la demanda de petróleo en 2035 con respecto al escenario de Nuevas Políticas; alrededor del 80% de estos ahorros energéticos relacionados con el transporte procede del transporte por carretera. Las principales medidas que conducen a estas reducciones de la demanda de petróleo en el transporte son acuerdos sectoriales internacionales que establecen unos límites muy ambiciosos para las emisiones de CO₂ de los vehículos y unas políticas fiscales y de precios de la gasolina y el diesel.

Tendencias regionales

Las tendencias de la demanda mundial de petróleo en el escenario 450 ocultan unas diferencias entre las regiones que son pronunciadas. La

demanda de petróleo en los países de la OCDE baja a ritmo constante desde alrededor de 42 mb/d en 2009 hasta 28 mb/d en 2035, mientras la demanda en los países no pertenecientes a la OCDE sube de 36 mb/d a 46 mb/d en el mismo periodo. La demanda crece en 5 mb/d en China; 3,6 mb/d en la India; 0,7 mb/d en Oriente Medio y 0,7 mb/d en los países de ASEAN, lo cual representa la mayor parte del incremento mundial. A pesar de las medidas introducidas en el sector transporte, el espectacular aumento de vehículos almacenados en esos países sigue impulsando el uso del petróleo. China se convierte en el mayor consumidor de petróleo justo después de 2030, superando a los Estados Unidos, donde va disminuyendo la demanda. Los países asiáticos no pertenecientes a la OCDE ganan 13 puntos porcentuales en su parte del mercado en 2035, lo cual representa casi un tercio de la demanda mundial de petróleo en ese año.

Tendencias sectoriales

A excepción del transporte y de la industria, la demanda mundial de petróleo disminuye en todos los sectores entre 2009 y 2020. Después de 2020, la demanda mundial de petróleo cae incluso en el transporte y en la industria, a medida que van entrando en vigor las políticas restrictivas. Durante ese periodo, la demanda en el sector transporte llega a su máximo decaimiento en términos absolutos debido a su magnitud y al que el uso del petróleo restante en otros sectores (por ejemplo, generadores diesel en zonas rurales y petróleo utilizado como materia prima para productos petroquímicos y químicos) es el más caro y difícil de remplazar. Aunque el porcentaje del uso del petróleo cae drásticamente en todos los sectores pasado 2020, el petróleo sigue siendo el combustible dominante en el sector transporte y en el uso no energético.

El impacto de una menor demanda de petróleo sobre los precios

En el escenario 450, los precios de importación del petróleo bruto suben más despacio que en los demás escenarios presentados en el Informe-2010, lo cual refleja una demanda más baja. En términos reales, el precio necesario para equilibrar el suministro (ver más adelante) y la demanda alcanza en 2020 los 90 dólares por barril (en dólares de 2009) y se mantiene estable en este nivel a partir de entonces. El precio medio de importación de petróleo de la AIE es 15 dólares por barril inferior al del escenario de Nuevas Políticas en 2025 y 23 dólares inferior en 2035. Los precios son 30 dólares menos por barril en 2025 y 45 dólares menos en

2035 con respecto a lo que serían si no se dieran cambios en la política. Sin embargo, en el escenario 450, se da un incremento en el precio entre 2009 y 2035 de cerca de 30 dólares por barril o un 49% en términos reales.

Producción de petróleo

El inferior crecimiento de la demanda de petróleo en el escenario 450 significa, naturalmente, que la producción de petróleo también crece menos. Las políticas enérgicas de reducción de la demanda de petróleo, previstas para responder a los desafíos del cambio climático conducen a un pico de la producción mundial de petróleo justo por debajo de 86 mb/d antes de 2020, para pasar después por un periodo de estancamiento ondulante durante la mayor parte de los años 2010 (8). Aproximadamente a partir de 2020, la producción mundial de petróleo va cayendo gradualmente hasta alcanzar los 78 mb/d en 2035.

En el escenario 450, la distribución de la producción de petróleo, tanto entre los diferentes tipos de suministro de petróleo como entre la OPEP y fuera, cambia notablemente durante el periodo de la proyección. La producción mundial de petróleo bruto convencional baja de manera continua en el próximo cuarto de siglo, desde 68 mb/d en 2009 hasta 58 mb/d en 2035. En cambio, la producción de los gases naturales licuados (GNLs) sube desde alrededor de los 11 mb/d de hoy en día hasta 13 mb/d en 2035, y su participación en la producción total aumenta del 13% al 17%. La creciente proporción de GNLs es consecuencia del crecimiento acelerado de la producción de gas natural con respecto al petróleo en el escenario 450 y se debe a que la creciente participación de la producción de gas se da en las regiones que tienen “gases húmedos”, es decir, gases que contienen cantidades significativas de GNLs.

El papel del petróleo no convencional en la producción mundial de petróleo también se amplía, aunque en menor medida que si se diera menos (o ninguna) intervención política. La producción aumenta de 2,3 mb/d en 2009 a 7.4 mb/d en 2035. En esa fecha, el petróleo no convencional representa el 9% de la producción mundial en comparación con el 3% de 2009. El crecimiento es más rápido en esta década y luego decae con la disminución de la demanda mundial de petróleo, provocando la

(8) La producción es el suministro total (que iguala la demanda), menos las ganancias de transformación volumétrica.

nivelación de los precios del petróleo que resta atractivo a la inversión en proyectos para desarrollar estos recursos de más alto coste. Aunque la producción de fuentes de petróleo no convencional emite por lo general bastante más gases de efecto invernadero que las fuentes más convencionales, se supone que la introducción de nuevas tecnologías que reducen las emisiones posibilita el crecimiento de la producción. Las arenas petrolíferas canadienses siguen siendo la fuente principal del suministro no convencional, con una producción de poco más de 3 mb/d en 2035. El crudo extrapesado de Venezuela también sigue desempeñando un papel importante junto con el carbón-a-líquidos (CTL), el gas-a-líquidos (GTL) y, en menor medida, las lutitas petrolíferas.

La producción de crudo fuera de la OPEP en el escenario 450 baja a ritmo constante hasta 37 mb/d en 2035, con una pérdida neta en la producción de casi 11 mb/d en comparación con las cifras de hoy en día. Los precios más bajos del petróleo reducen la rentabilidad de las nuevas inversiones en recursos de alto coste relativo en las regiones fuera de la OPEP, que, con el tiempo se hacen cada vez más costosos de producir. La consecuente caída de la inversión acentúa el declive de las cuencas maduras de las regiones fuera de la OPEP. La caída de la producción no-OPEP se acelera durante el periodo del informe, alcanzando una media de 700 kb/d al año en la primera mitad de los 2030. En cambio, la producción OPEP sube a más de 40 mb/d en 2020 y a casi 42 mb/d en 2035, un aumento de 8 mb/d, gracias a sus costes de producción más reducidos, lo cual permite que se vea menos afectada por la caída de los precios del petróleo y el aumento de la producción de los GNLs. Aunque el incremento de la producción OPEP en este periodo de veinticinco años es menor de lo que sería con menos intervención política, sigue siendo superior a su crecimiento de 1980 a 2009. La participación de la OPEP en la producción mundial sube considerablemente en el escenario 450, del 41% en 2009 al 53% en 2035.

A pesar de que la producción mundial de petróleo cae en 2,5 mb/b entre 2009 y 2035 en el escenario 450, sigue siendo necesario desarrollar nuevas capacidades de casi 50 mb/d para compensar la bajada de la producción en los campos existentes a medida que vayan superando su nivel máximo de producción y que empiecen a reducirse los caudales. Esto supone poco más de cuatro veces la capacidad de producción actual de Arabia Saudí. Sin embargo, la necesidad de explorar para encontrar y luego desarrollar reservorios aun desconocidos es dos tercios menor que en el escenario de Nuevas Políticas con una intervención

política menor –una diferencia de casi 60.000 millones de barriles. Esta reducción es equivalente a dos tercios del volumen estimado de petróleo que se supone que aún está por descubrir en el Ártico y a más del volumen total de petróleo encontrado en el mundo entero en los últimos cinco años. Dado que, tradicionalmente, la industria del petróleo explota primero el petróleo fácil de encontrar, esta reducción de la necesidad de aumentar la capacidad permite a la industria prescindir de algunos de los proyectos más costosos y sensibles desde el punto de vista medioambiental.

En el escenario 450, la producción acumulada de petróleo convencional (crudo y GNLs) de la OPEP es de unos 18 billones de barriles menos en el periodo 2009-2035 que en el escenario de Nuevas Políticas. Esto equivale a un año y medio de producción con los índices de producción actuales, que permanecería en el suelo para ser explotado cuando las condiciones la hicieran rentable. En concreto, en los países de la OCDE, donde la demanda de petróleo cae más rápidamente, la reducción de la demanda de derivados del petróleo prevista por el escenario 450 podría acelerar el cierre de las refinerías más pequeñas y menos rentables.

EL COSTE DE REALIZAR EL ESCENARIO 450

La transformación del sector mundial de la energía para lograr la necesaria reducción de las emisiones de CO₂ requiere una inversión sustancial en tecnologías con bajo nivel de emisiones de carbono y en eficiencia energética. El término inversión, tal y como se utiliza en este contexto, cubre el gasto de capital de las empresas y también el gasto de los individuos en coches, equipamientos y aparatos eléctricos (aunque no su uso, es decir que las cifras de inversión son brutas, sin tener en cuenta los ahorros en gastos de funcionamiento atribuibles a unos aparatos y a unos coches más eficientes) (9). La inversión que se aborda aquí es adicional a aquella en la que se incurriría si se partiera del supuesto de que no se da ningún cambio político desde mediados de 2010, y se expresa en dólares de 2009. En el escenario 450, representa 18 billones de dólares en el periodo de 2010 a 2035. De esta inversión, sólo se incurre antes de 2020 el 12% (o 2,2 billones de dólares), de los cuales más de la mitad (ó 9,4 billones) se realizaría en la década de 2020 a 2030, y el resto (6,4 billones) en los cinco últimos años del periodo de la

(9) Ver el *Informe WEO-2009*, pp 260-1 para más detalles.

proyección. Este patrón se debe en parte al hecho de que la disminución alcanzada en el periodo hasta 2020, incluso en caso de que surja del Acuerdo de Copenhague una acción relativamente enérgica, deja mucho por hacer para un periodo posterior, con un coste de capital superior por unidad de CO₂ ahorrada.

El mayor aumento de la inversión se necesita para el sector transporte, donde la inversión adicional durante el periodo alcanza los 7,2 billones de dólares. Prácticamente el 40% de la misma se realiza en los países de la OCDE+, un cuarto aproximadamente en las Otras Grandes Economías, alrededor del 20% en Otros Países y el resto en combustibles búnker internacionales. La construcción es el segundo mayor sector de inversión adicional acumulada, llegando a 5,6 billones de dólares. Los países de la OCDE+ necesitan aproximadamente la mitad. De la inversión acumulada que se necesita en el sector de generación eléctrica (2,4 billones de dólares) y en el sector industrial (2 billones de dólares), alrededor del 40% se incurre en la OCDE+, el 42% en las Otras Grandes Economía, y el 17% restante en Otros Países. La inversión adicional que se necesita para los biocombustibles es mayor en los países de la OCDE+, donde se invierte alrededor del 70% de los 0,7 billones totales.

En 2020, la parte mayor de la inversión adicional se necesita en la Unión Europea, con casi una cuarta parte del total, justo por delante de China. En 2035 las necesidades de inversión adicional son mayores en China, con alrededor de una cuarta parte del total, seguida por Estados Unidos con en torno al 20%, mientras que la parte de la Unión Europea cae justo por debajo del 10%. Aunque el país en el que se realiza la inversión no es necesariamente el país que incurre en el gasto de inversión –ya que parte de la disminución lograda puede venderse a otro país en forma de créditos compensatorios o, si la disminución se da en países en desarrollo, puede financiarse por los países desarrollados– es chocante comprobar el dominio de un pequeño número de países en términos de localización de la inversión, en concreto China, Estados Unidos y la Unión Europea, que necesitan conjuntamente más de la mitad de la inversión adicional en el periodo. En el caso de China, la parte de la inversión es menor que la parte correspondiente de disminución, porque China tiene unos costes de inversión más bajos por unidad de disminución; para Estados Unidos, con unos costes de disminución superiores, la parte de la inversión es mayor que la parte de disminución.

La inversión petrolera

Las tendencias de la producción petrolera en el escenario 450 implican una necesidad de inversión acumulada en la cadena de suministro de petróleo de más de 6,4 billones de dólares en 2010-2035. El gasto de capital alcanza una media de 245.000 millones de dólares al año, pero cae con el tiempo a medida que baja la demanda de petróleo, que la producción se va orientando cada vez más a las regiones menos costosas y que la tecnología va bajando los costes de la unidad. Casi tres cuartas partes de la inversión proyectada en el sector del petróleo se necesita en las regiones fuera de la OCDE. La inversión en los países de la OCDE es alta en relación con la capacidad de producción de la OCDE debido a los mayores costes de la unidad.

El gasto de capital en exploración y explotación petroleras domina la inversión del sector petrolero, con un 85% del total. Se invierten aproximadamente 5 billones de dólares en desarrollos de petróleo convencional y unos 440.000 millones en proyectos de petróleo no convencional. Casi un 12% del gasto total se destina a las inversiones en refinado de petróleo, para mejorar la capacidad de conversión y de tratamiento de calidad para cumplir con unas normas de calidad del combustible cada vez más rigurosas. La inversión en petroleros y oleoductos para el comercio internacional alcanza los 210.000 millones de dólares en 2020-2035.

La inversión en suministro de petróleo en el escenario 450 es menor que si no hubiera intervención política, especialmente después de 2020. Esto se debe a la menor necesidad de añadir nueva capacidad de producción, incluidos los proyectos más costosos de exploración en aguas profundas.

El coste de Copenhague

El Informe *World Energy Outlook* del año pasado suponía que en Copenhague se produciría un acuerdo mundial vinculante que pondría en marcha grandes reducciones de las emisiones para 2020. El verdadero resultado de Copenhague, incluso en su interpretación más ambiciosa, lleva a unas emisiones alrededor de 1,2 Gt CO₂ más altas en 2020 que en el escenario 450 del año pasado. Esta es la medida de la dificultad añadida para realizar la trayectoria 450. Para compensar el exceso acumulado de 17,5 Gt de CO₂ antes de 2020, se necesita una rápida innovación después de 2020 en todos los sectores y la velocidad de la transforma-

ción requerida de la economía significa que algunas de las decisiones sobre inversiones podrían clasificarse como irracionales desde el punto de vista económico, como por ejemplo la de cerrar centrales eléctricas antes de que se haya recuperado la inversión inicial.

La inversión necesaria para lograr la estabilización a largo plazo del CO₂ atmosférico es por lo tanto mayor de lo que hubiera sido en otro caso. Aun es posible llegar antes de 2020 a un acuerdo vinculante con compromisos más estrictos y anteriores en el tiempo, pero basándonos en el presente y en los supuestos de acuerdos después de 2020, en 2030 el sector de la energía habrá invertido cerca de un billón de dólares más que lo que se estimó el año pasado para llegar al mismo resultado final. La inversión de 2010 a 2030 ha subido de 10,6 billones de dólares (10) a 11,6. El mayor grado de emisiones antes de 2020 con relación al escenario 450 del año pasado se refleja en una inversión inferior en el mismo periodo. A medida que se va intensificando la acción para reducir las emisiones después de 2020, lo mismo ocurre con la inversión. La transformación necesaria del sector energético no es otra en magnitud que la señalada en el *informe WEO-2009*. Sin embargo, ha de darse mucho más de prisa –y a mayor coste– debido a su retraso, lo cual supone el exceso global de 1 billón de dólares en 2030.

Los beneficios

La subida del coste de la consecución del escenario 450 sobre la base del Acuerdo de Copenhague empeora inevitablemente cualquier análisis coste/beneficio de la acción sobre el cambio climático. Pero no debe permitirse que esto oculte los beneficios, tanto en lo que se refiere a la acción para evitar el cambio climático, los impactos asociados y los costes de adaptación, como en términos de otros co-beneficios. Estos incluyen la reducción de la contaminación local y unos resultados sanitarios mejorados que pueden contabilizarse como una reducción en los años de vida perdida, ya que las emisiones son perjudiciales para la salud humana.

La reducción de la contaminación local

Uno de los beneficios de un futuro con bajas emisiones de carbono es la reducción asociada de las emisiones de gases que no sean el CO₂.

(10) Esta cifra especificada en el *informe WEO-2009* era de 10,5 billones en dólares de 2008; esto es equivalente a 10,6 billones de dólares de 2009.

El dióxido de sulfuro (SO₂), los óxidos de nitrógeno (NO_x) y el material particulado (MP2.5) tienen efectos negativos, tanto para la salud humana como para el medioambiente. Al igual que el cambio climático, los efectos de estos gases no se limitan al país o la región en la que se emiten, sino que rebasan las fronteras nacionales. Las políticas que pretenden reducir las emisiones de CO₂ en el escenario 450 también tienen por efecto la reducción de las emisiones de estos contaminantes del aire. En 2035 las emisiones de SO₂ son de 61 Mt ó un tercio menos de lo que serían sin cambio de política. La mayor parte de la reducción (27 Mt) tiene lugar en la OCDE+ ya que la mayoría de estos países ya han tomado medidas para controlar el sulfuro, mientras que los países no pertenecientes a la OCDE+ se benefician de la reducción de las emisiones de SO₂ debida a un menor consumo de combustible fósil. Las emisiones de NO_x son un 27% más bajas. Las emisiones de MP2.5 son un 8% ó 3,3 Mt más bajas globalmente, aunque debe observarse que las emisiones de partículas en la OCDE+ según el escenario 450 son un 17% más elevadas en 2035 de lo que serían si no se diera ningún cambio en la política, debido al mayor uso de la biomasa en el sector residencial. Las emisiones de partículas en los países no pertenecientes a la OCDE bajan en casi 4 Mt. Debido a su alta dependencia del carbón, a la escasez de mecanismos de control de la contaminación y al crecimiento exponencial del uso del coche que se espera, para estos países revisten especial importancia las medidas de diversificación de la energía. Los costes medioambientales podrían ser lo suficientemente altos como para convertirse en una amenaza para el crecimiento futuro. Otro de los beneficios es la reducción mundial de los costes del control de la contaminación en un 23% en comparación con lo que serían si no se dieran cambios de política (IIASA, 2010).

Aunque la reducción de estos contaminantes tiene un impacto positivo en la salud del hombre, no se dispone de datos suficientes para llevar a cabo una evaluación cuantitativa global de dicho impacto. Las estimaciones para los países europeos, China, la India y la parte europea de Rusia sugieren que la exposición a las concentraciones de partículas finas en el aire presentes en 2005 causarán la pérdida de alrededor de 1.900 millones de años de vida, de los cuales 1.600 en la India y en China, que se traducen en el acortamiento de la esperanza de vida en más de un año (11). El escenario 450 salva al menos 750 millones de años de vida en comparación con la base de referencia en la que no se da ningún

(11) De acuerdo con la convención estadística que rige la medida de los impactos en la salud de la contaminación del aire exterior, únicamente se tiene en cuenta la po-

cambio de política, la mayoría en China y en la India (IIASA, 2010). Si hubiera datos disponibles, estas cifras serían sin duda más altas a nivel mundial.

Los costes evitados en mitigación y adaptación

La valoración de los beneficios que conlleva evitar el cambio climático va más allá del objeto de nuestro análisis. Las estimaciones varían considerablemente. Una de las principales variables es el factor de descuento utilizado, consideración que es importante ya que los costes de la falta de freno al cambio climático se incurrirían en el futuro, mientras que los costes de la mitigación se incurren ahora, lo cual significa que han de “descontarse” los primeros para reflejar el valor superior que la sociedad otorga al gasto (o al ahorro de costes) ahora. Naturalmente el hecho de que las trayectorias de las emisiones sean inciertas y de que el aumento de la temperatura asociado a unas trayectorias específicas de las emisiones sólo puede calcularse en términos de probabilidades, dificulta aún más la evaluación de los costes que supondría no frenar el cambio climático. A pesar de ello, sí se han llevado a cabo las estimaciones.

La CMNUCC (2007) ha estimado que la adaptación, en ausencia de medidas de mitigación, costaría alrededor de 49.000-101.000 millones de dólares al año en 2030, lo cual es mucho antes de que se espera para que se haga sentir todo el impacto del cambio climático. En una revisión subsiguiente de la estimación de los costes de adaptación (Parry et al., 2009) se concluyó que era probable que los resultados de la CMNUCC “estuvieran sustancialmente por debajo de lo razonable” y que el coste anual global estimado de adaptación para 2030 fuera dos o tres veces más elevado que las estimaciones de la CMNUCC para los sectores cubiertos y estuviera muy por encima de las mismas si se incluían otros sectores (Ej.: minería, fabricación, venta minorista, turismo). Sólo con incluir la protección de los ecosistemas, se añadirían alrededor de 300.000 millones de dólares al año a las estimaciones. Estas estimaciones de los costes de adaptación no incluyen ninguna asignación a los impactos económicos del cambio climático que no pueden evitarse mediante las medidas de adaptación por motivo de las restricciones técnicas o económicas (como defensas marítimas más allá de un cierto límite de

blación por debajo de la edad de 30 años para el cálculo del efecto medio sobre la esperanza de vida.

subida del nivel del mar) y que en cuanto tales sólo son una estimación parcial de los costes que podrían evitarse mediante la mitigación. El Informe Garnaut, aunque se centra fundamentalmente en Australia, insiste en que los costes de la acción son inferiores a los costes de la inacción e informa sobre un impacto neto positivo en el Producto Interior Bruto (PIB) después de 2050 que se logra mediante la mitigación. Ackerman y Stanton (2008) estiman que en Estados Unidos los costes de los impactos no mitigados en términos de daños por huracán, pérdida de bienes inmuebles, costes energéticos y de agua alcanzarán los 1.800 billones de dólares en 2100.

Otras implicaciones del escenario 450 para los mercados del petróleo

Para realizar el escenario 450 se necesitaría una movilización sin precedentes de medios financieros y tecnológicos en todos los tipos de capital de consumo de petróleo, desde los coches hasta las calderas, de los aviones a las centrales petroquímicas. Las medidas políticas para estas acciones tendrían importantes repercusiones en el mercado del petróleo. Para los países consumidores, los beneficios económicos de las reducciones de la demanda y de los precios atribuibles a la política ayudarían a compensar parte de los importantes costes asociados a la consecución del escenario 450. Los exportadores de petróleo, a pesar de sus comprensibles preocupaciones acerca de la inferior demanda mundial de petróleo, verían un crecimiento continuado de la demanda de su petróleo, un precio del petróleo al alza y unos ingresos multiplicados por tres en comparación con el último periodo de 25 años. Y también ellos se beneficiarían de las ganancias medioambientales.

El comercio del petróleo

A nivel mundial, el volumen del comercio interregional de crudo en el escenario 450 se expande hasta alrededor de 2020 antes de empezar a contraerse. En 2035 alcanza 39,5 mb/d en comparación con los 36,7 mb/d de 2009. Las importaciones de petróleo en la OCDE caen drásticamente durante el periodo del Informe, pero se ven más que compensadas por un aumento de la demanda de importaciones de otras regiones (Cuadro 15,5). En Estados Unidos, las importaciones de petróleo caen un 45%, desde 10,4 mb/d en 2009 a 5,7 mb/d en 2035, un nivel que se alcanzó por última vez a mediados de los ochenta. En todos los demás

países de la OCDE también disminuyen las necesidades de importación de petróleo en comparación con los niveles actuales, desde un 15% de reducción en la Unión Europea a un 42% en Japón.

Contrastando con la OCDE, en los países asiáticos no pertenecientes a la organización aumentan las importaciones en el escenario 450, aunque no hasta el nivel presupuestado en un escenario de menor o ninguna intervención política sobre el clima. El crecimiento de la demanda producida por un mayor número de propietarios de vehículos y por una actividad industrial en aumento compensa con creces el impacto de una fuerte eficiencia de la demanda y de las políticas de diversificación de combustibles. China y la India experimentan el mayor salto en términos absolutos. Las importaciones netas de China aumentan de 4 mb/d en 2009 a 11 mb/d en 2035, pero esto sigue suponiendo una reducción de más de 2 mb/d en comparación con el escenario de Nuevas Políticas, en el que se presupone una menor intervención sobre el clima.

La caída del comercio de crudo del escenario 450 comparada con la del escenario de Nuevas Políticas tendría otras cuantas importantes implicaciones. El volumen de crudo que transita por los cuellos de botella clave (como el Estrecho de Ormuz, el Estrecho de Bab el-Mandeb y el Canal de Suez) sería inferior al del escenario de Nuevas Políticas. Además, los volúmenes absolutos de petróleo almacenado que los países de la AIE están obligados a reservar para cumplir con sus obligaciones como miembros (equivalente a 90 días de importaciones netas de crudo) serían inferiores en 2035 a las de hoy, con la correspondiente reducción del coste de mantenimiento de los almacenes de petróleo. Para China y la India, que están instalando ahora almacenes de petróleo estratégicos, el gasto acumulado en almacenamiento de petróleo para mantener el mismo nivel de preparación ante emergencia sería mucho menor en el escenario 450 que en el escenario de las Nuevas Políticas.

Las facturas de la importación y la intensidad del petróleo

La menor necesidad de importación de petróleo y los precios del petróleo internacional inferiores reducen significativamente las facturas de importación de petróleo en el escenario 450 en comparación con el escenario de Nuevas Políticas. En 2035 los cinco mayores importadores –China, la Unión Europea, Estados Unidos, la India y Japón– gastan colectivamente alrededor de 560.000 millones de dólares, o un tercio, menos que en el escenario de las Nuevas Políticas. Estos ahorros au-

mentan con el tiempo según van aumentando el impacto de las medidas de eficiencia y diversificación y la diferencia entre los precios del crudo en los distintos escenarios.

En algunos países importadores de la OCDE, las facturas de importación de petróleo son más bajas en 2035 que en 2009. La factura de importación de petróleo de Estados Unidos alcanza su máximo en 2015 aproximadamente en 350.000 millones y cae a 190.000 millones en 2035, un 19% por debajo de los niveles de 2009 y menos de la mitad del valor máximo alcanzado en 2008. El ahorro para Estados Unidos también es muy grande en comparación con la factura de importación en el escenario de Nuevas Políticas –casi 135.000 millones de dólares en 2035–. Entre los países de la OCDE, el impacto proporcional sobre la factura de importación es superior en los Estados Unidos, pero la reducción en otros países también es notable. En la Unión Europea, las facturas de importación alcanzan su máximo alrededor de 2015 con 320.000 millones de dólares y bajan de forma constante hasta 250.000 millones de dólares en 2035. Este nivel es ligeramente superior al nivel de 2009, pero un 33% inferior al valor máximo alcanzado en 2008.

El gasto en importación de crudo en China y en la India aumenta en el escenario 450 en comparación con los niveles actuales, pero es significativamente más bajo que en el escenario de Nuevas Políticas. En 2035 el gasto en importaciones de petróleo de China es de casi 180.000 millones de dólares (o un 34%) más bajo que en el escenario de Nuevas Políticas y el de la India, de 80.000 millones de dólares (o el 29%). Sin embargo, con un valor alrededor de los 350.000 millones de dólares y de 190.000 millones de dólares respectivamente, la factura de importación de petróleo de China supera la de Estados Unidos aproximadamente en 2025; y la de la India lo hace alrededor de 2035, colocándose en el segundo puesto.

Los supuestos del escenario 450 implican un nivel en descenso del gasto en importaciones de petróleo como parte del PIB en todos los principales países importadores. Esta parte alcanza su máximo en 2008 tras la carrera de los precios del petróleo y la ralentización económica. En 2035 el gasto en petróleo representa menos del 1% del PIB en Estados Unidos y la Unión Europea, con una bajada desde el 2,8% y el 2,2% respectivamente de 2008. Como parte del PIB, la factura de importación de petróleo de China y la India son más bajas en 2035 que en 2009. Se

daría el caso contrario bajo los supuestos de una menor o de ninguna intervención política sobre el clima del escenario de Nuevas Políticas.

Las políticas que se adoptarían bajo el escenario 450 mejoran la eficiencia del uso del petróleo y diversifican el mix de fuentes de energía a favor de las fuentes de bajo contenido de carbono. Esto conduce a una importante reducción de la intensidad del petróleo –medida como uso de crudo por dólar de PIB– durante el periodo del Informe, lo cual reduce la vulnerabilidad a la volatilidad de los países consumidores de petróleo. Los mayores cambios se dan en Oriente Medio y en Estados Unidos donde la intensidad del petróleo cae en un 63% y un 65% respectivamente en el periodo 2009-2035, aunque también se dan magnitudes similares en la Unión Europea, en Japón y en la India.

Las exportaciones de petróleo y los ingresos

A pesar de que la demanda mundial de petróleo es inferior en el escenario 450, las exportaciones de petróleo de los productores de la OPEP suben de 26 mb/d en 2009 a 34 mb/d en 2035. Una parte cada vez mayor de esta producción de petróleo se dedica a la exportación. Esto se debe al declive del índice de crecimiento de la demanda interior gracias a la reducción prevista de los subsidios y a la introducción de coches y camiones más eficientes a medida que los países de la OPEP se van beneficiando de la tecnología procedente de una introducción más rápida de vehículos avanzados en los mercados mundiales.

En el escenario 450 se prevé que los ingresos acumulados por petróleo en la OPEP entre 2010 y 2035 sean de 27 billones de dólares de 2009. Aunque esto es un 16% menos que las ganancias supuestas en el escenario de Nuevas Políticas, sigue siendo tres veces más en términos reales que sus ganancias en el último cuarto de siglo.

REFERENCIAS

- If Global Warming Continues Unchecked*”, mayo, Natural Resources Defence Council, New York, www.nrdc.org/globalwarming/cost/contents.asp.
- Garnaut, R. (2008), *The Garnaut Climate Change Final Report*, Cambridge University Press, Melbourne.
- Global Burden of Disease Study (de próxima aparición), www.globalburden.org/index.html.
- AIE (Agencia Internacional de la Energía) (2009), *Sustainable Production of Second generation Biofuels – Potential and Perspectives in Major Economies and Developing Countries*, OCDE/AIE, París.
- IIASA (Instituto Internacional de Análisis de Sistemas Aplicados) (2010), *Emissions of Air Pollutants for the World Energy Outlook 2010 Energy Scenarios*, informe preparado por la AIE utilizando el modelo GAINS, IIASA, Laxenberg, www.worldenergyoutlook.org.
- GIECC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) (2007), “Climate Change 2007: Synthesis Report”, contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al *Cuarto Informe de Evaluación del GIECC*, R.K. Pachauri y A. Reisinger (eds.), GIECC, Ginebra.
- Meinshausen, M., N. Meinshausen, W. Hare, S.C.B. Raper, K. Frieler, R. Knutti, D.J. Frame y M. Allen (2009), “Greenhouse Gas Emission Targets for Limiting Global Warming to 2°C”, *Nature*, Vol. 458, doi: 10.1038/nature08017, Nature Publishing Group, Londres.
- Parry, M., N. Arnall, P. Berry, D. Dodman, S. Fankhauser, C. Hope, S. Kovats, R. Nicholls, D. Satterthwaite, R. Tiffin y T. Wheeler (2009), *Assessing the Costs of Adaptation to Climate Change: A Review of the UNFCCC and Other Recent Estimates*, International Institute for Environment and Development, Londres.
- CMUNCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático) (2007) *Investment and Financial Flows to Address Climate Change*. Bonn: Secretaría para el Cambio Climático, Bonn.
- Banco Mundial (2007), “Cost of Pollution in China: Economic Estimates of Physical Damages”, Documento de trabajo, Banco Mundial, informe N°. 39236, Washington, DC., <http://go.worldbank.org/7LM8L9FAV0>.