

# ENERGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO: OPORTUNIDADES PARA UNA POLÍTICA ENERGÉTICA INTEGRADA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE



UNITED NATIONS

ECLAC



SIXTY YEARS WITH LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN

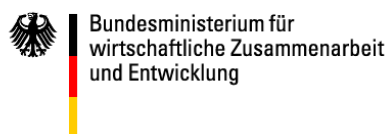


Bundesministerium für  
wirtschaftliche Zusammenarbeit  
und Entwicklung

gtz

# Energía y cambio climático: oportunidades para una política energética integrada en América Latina y el Caribe

Jean Acquatella



Agradecimientos a Hugo Altomonte y Fernando Sanchez–Albavera de la División de Recursos Naturales e Infraestructura (DRNI) de CEPAL por su decidido apoyo y su confianza durante el tiempo profesional dedicado a elaborar este trabajo, sin lo cual no hubiera sido posible. Agradecimientos a René Salgado por su valiosa asistencia con los gráficos, a Javier Meneses, Viviana Sanhueza, Marielle González, y otros colegas de la DRNI que de una u otra forma colaboraron en la publicación de este trabajo.

El documento fue desarrollado en el marco del proyecto “*Towards sustainable and equitable globalization. Component 2: Sustainable development, integrated management of natural resources and climate change*” (GER/06/002), ejecutado por CEPAL en conjunto con la *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit* (GTZ) y financiado por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania (BMZ).

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la Organización.

Publicación de las Naciones Unidas

LC/W.218

Copyright © Naciones Unidas, diciembre de 2008. Todos los derechos reservados

Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse al Secretario de la Junta de Publicaciones, Sede de las Naciones Unidas, Nueva York, N. Y. 10017, Estados Unidos. Los Estados miembros y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Sólo se les solicita que mencionen la fuente e informen a las Naciones Unidas de tal reproducción.

## Índice

<b>Resumen.....</b>	<b>8</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>13</b>
▪ Efectos vía cambios en mercados energéticos internacionales y precios relativos de los combustibles.....	17
▪ Efectos vía aceleración de cambios tecnológicos y penetración de nuevas tecnologías energéticas.....	17
▪ Efectos vía crecimiento de los flujos de inversión y financieros dirigidos a energías limpias, eficiencia energética, y reducción de emisiones.....	18
▪ Efectos vía presiones comerciales y de acceso a mercados de exportación.....	19
▪ Efectos vía cambios en las estrategias empresariales de las grandes empresas transnacionales y estatales de la energía.....	19
▪ Efectos vía la adopción voluntaria de políticas nacionales de mitigación de emisiones por los países de la región.....	20
<b><u>Capítulo 1</u></b>	
<b>1. El cambio climático y su relación con el sistema energético global: antecedentes científicos y económicos.....</b>	<b>23</b>
1.1 El efecto invernadero y el fenómeno de calentamiento global.....	23
1.2 Trayectoria de las emisiones de gases de efecto invernadero y sus determinantes.....	27
1.3 Impactos del cambio climático.....	35
1.4 Estimación del costo económico de los impactos del cambio climático.....	38
1.5 El desafío de estabilizar el sistema climático global.....	43
<b><u>Capítulo 2</u></b>	
<b>2. Evolución del régimen internacional sobre cambio climático 1992-2007 .....</b>	<b>48</b>
2.1 La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y cómo llegamos a Bali.....	48
2.2 El Protocolo de Kyoto.....	51
2.3 Estimaciones del costo económico de cumplir con el Protocolo de Kyoto.....	52
2.4 El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).....	53
2.5 Desarrollo del mercado de proyectos MDL.....	55
2.6 Impacto económico del MDL en la inversión energética en la región.....	59
2.7 Desarrollo del MDL post-2012.....	60
2.8 Posible evolución del régimen post-Kyoto 2012.....	61



**Capítulo 3**

<b>3. América Latina y el Caribe en el balance energético global 1973-2005 .....</b>	<b>64</b>
3.1 América Latina y el Caribe en el balance energético mundial 2005 .....	65
3.2 América Latina y el Caribe en el balance energético mundial: producción, consumo y emisiones 1973 - 2005 .....	67
3.2.1 América Latina y el Caribe en la oferta mundial de energía primaria .....	67
3.2.2 Composición de la oferta primaria de energía en América Latina y el Caribe .....	69
3.2.3 América Latina y el Caribe en las emisiones de CO2 mundiales.....	70

**Capítulo 4**

<b>4. América Latina y el Caribe en los escenarios energéticos internacionales 2005 – 2030 ...</b>	<b>75</b>
4.1 Prospectiva: América Latina y el Caribe en los escenarios energéticos internacionales 2005-2030 .....	76
4.2 Rol de América Latina y el Caribe en los escenarios internacionales 2005-2030 .....	78
4.2.1 Metodología .....	78
4.2.2 Qué implica moverse hacia el escenario de mitigación 2005-2030? .....	80
4.3 Rol de América Latina y el Caribe en el escenario de mitigación 2005-2030 .....	81
4.4 América Latina y el Caribe: Participación sectorial en el escenario de mitigación .....	85
4.4.1 Sector de generación eléctrica: aumento de eficiencia .....	86
4.4.2 Ahorro y manejo de la demanda de electricidad .....	88
4.4.3 Sector industrial: Aumento de la eficiencia energética y captura de emisiones.....	90
4.4.4 Sector transporte: vehículos más eficientes y limpios.....	91
4.4.5 Aumento en la generación eléctrica a partir de energía nuclear.....	93
4.4.6 Aumento de fuentes renovables en la generación de electricidad.....	94
4.4.7 Introducción de tecnología de Captura y Secuestro de CO2 (CCS) en la generación eléctrica .....	95
4.5 Rol de América Latina y el Caribe en el escenario de mitigación 2005-2030 en comparación con otras regiones .....	96
4.5.1 Condiciones de borde para la región en el escenario de mitigación 2005-2030 .....	96
4.5.2 Mercado internacional de hidrocarburos.....	96
4.5.3 Mercados de capital y tecnología de bajas emisiones .....	99

**Capítulo 5**

<b>5. Implicaciones de Política Pública: desafíos y oportunidades para la inserción regional en el régimen internacional sobre cambio climático .....</b>	<b>101</b>
5.1 Rezago en inversión en infraestructura energética.....	102
5.2 Desarrollo y fortalecimiento de la capacidad institucional y oferta financiera dirigida a programas masivos de eficiencia energética .....	103
5.3 Desarrollo y fortalecimiento de la capacidad institucional para la diversificación y promoción de fuentes renovables.....	103
5.4 Acceso a la energía y pobreza .....	104
5.5 Potencial regional para biocombustibles.....	105
5.6 Conclusión: Hacia una visión integrada de política energética para la inserción estratégica en el régimen internacional de cambio climático .....	105
<b>Bibliografía .....</b>	<b>107</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>111</b>
Anexo 1 .....	112
Anexo 2 .....	117
Anexo 3 .....	120

## Índice de cuadros

Cuadro 1	Aumento de las emisiones de CO <sub>2</sub> por sector, período 1970 – 2004.....	30
Cuadro 2	Año del máximo de emisiones globales y tasas de reducción requeridas para la estabilización .....	44
Cuadro 3	Proceso de construcción del régimen internacional sobre cambio climático .....	48
Cuadro 4	Mercado primario MDL: Volúmenes y valores transados 2005-2007 .....	55
Cuadro 5	Proyectos MDL por región (número de proyectos y CERs generados) .....	56
Cuadro 6	Participación regional en emisiones CO <sub>2</sub> , oferta y consumo de energía mundial al 2005.....	65
Cuadro 7	Emisiones per cápita 2005 y proyección al 2030 bajo escenarios de bajo y alto crecimiento .....	72
Cuadro 8	Desagregación de estimaciones de inversión adicional en 2030 en sectores .....	81
Cuadro 9	Participación regional en las emisiones CO <sub>2</sub> globales en 2005-2030, y en la inversión adicional requerida en el Escenario de Mitigación.....	82
Cuadro 10	ALC: Inversión proyectada al 2030 en infraestructura energética Escenario de referencia vs. mitigación .....	86
Cuadro 11	Estimaciones del potencial de mitigación el sector edificios en América Latina, junto al ahorro de emisiones e inversión adicional requerida.....	89
Cuadro 12	Estimaciones del potencial de mitigación el sector industrial en América Latina , junto al ahorro de emisiones e inversión adicional requerida .....	90
Cuadro 13	Estimaciones de inversión adicional requerida en el sector transporte al 2030.....	91
Cuadro 14	Composición de Generación Eléctrica en ALC y Mundo: escenario alternativo 2030.....	95
Cuadro 15	Composición Demanda de Energía Primaria en ALC y Mundo: escenario alternativo 2030 (generación eléctrica + otras fuentes).....	95
Cuadro 16	Leyes de promoción de fuentes de energía renovables en ALC .....	104
Cuadro A1.1	Tasa de crecimiento del PIB real.....	112
Cuadro A1.2	Tasa de crecimiento demográfico.....	112
Cuadro A1.3	Políticas más efectivas para la reducción cumulativa de CO <sub>2</sub> en escenario alternativo.....	114
Cuadro A3.1	Políticas listadas para países de América Latina y el Caribe.....	121
Cuadro A3.2	Alternative policy scenario: Latin America.....	125
Cuadro A3.3	Alternative policy scenario: Latin America.....	126
Cuadro A3.4	References scenario: Latin America.....	126

## Índice de gráficos

Gráfico 1	Trayectoria de emisiones de CO <sub>2</sub> globales (1970-2004) .....	28
Gráfico 2	Trayectoria indicadores energéticos globales (1970-2004).....	29
Gráfico 3	Participación por región en emisiones de CO <sub>2</sub> entre 1973-2005 .....	31
Gráfico 4	Emisiones globales por sector año 2000 .....	32
Gráfico 5	Emisiones de CO <sub>2</sub> por sector 1971 y 2005 .....	33
Gráfico 6	Consumo de petróleo per cápita en el sector transporte y PIB per cápita (1971-2003).....	34
Gráfico 7	Costo económico del cambio climático global estimado en el Stern Review.....	41
Gráfico 8	Rangos de aumento de temperatura esperados para distintas concentraciones de CO <sub>2</sub> .....	43
Gráfico 9	Trayectorias para lograr la estabilización 450 – 550 ppm CO <sub>2</sub> e .....	44
Gráfico 10	Brecha entre Esc. Referencia y trayectorias de estabilización (450-550 ppm) .....	45
Gráfico 11	Volumen anual (Mt CO <sub>2</sub> e) de transacciones de reducciones de emisiones basadas en proyectos MDL, JI, voluntarios y otros .....	55
Gráfico 12	Participación por país: número de proyectos MDL en ALC.....	57
Gráfico 13	Composición por tipo de proyecto: volumen de CERs esperados al 2012 en ALC .....	57
Gráfico 14	Participación regional en oferta de energía primaria 1973-2005 .....	67
Gráfico 15	Composición de la oferta de energía primaria en ALC 1971-2005.....	68
Gráfico 16	Participación regional en las emisiones de CO <sub>2</sub> globales 1973-2005.....	70
Gráfico 17	Emisiones de CO <sub>2</sub> per cápita (Ton) y por unidad de producto .....	71
Gráfico 18	Trayectoria 2005-2030 de las emisiones de CO <sub>2</sub> bajo cada escenario .....	79
Gráfico 19	Inversión anual adicional Esc. Mitigación 2030, ALC – Asia – USA – UE.....	84
Gráfico 20	Inversión anual adicional esc. mitigación 2030 alc – usa - ue .....	84
Gráfico 21	Reducción de emisiones de co <sub>2</sub> en el sector energía Esc. Mitigación 2030 .....	85
Gráfico 22	Inversión adicional en 2030 Esc. Mitigación, ALC – Asia – OCDE.....	87
Gráfico 23	Inversión adicional en 2030 Esc. Mitigación, Brasil - México - otros ALC.....	88
Gráfico 24	Inversión Adicional en 2030 Esc. de mitigación ALC – Asia - OCDE .....	92
Gráfico 25	Inversión adicional en 2030 Esc. mitigación México – Brasil – Otros ALC .....	93
Gráfico 26	Exportación/Importación de petróleo. Proyección 2030 esc. referencia.....	97
Gráfico 27	Importación neta de gas natural por región Proyección ESC. Referencia .....	98
Gráfico 28	Demanda incremental por tipo de combustible fósil Esc. referencia vs. alternativo 2005-2030 .....	99
Gráfico A1.1	Proyecciones de Emisiones en distintos escenarios .....	115
Gráfico A1.2	Generación eléctrica: participación por tipo de combustible en los distintos escenarios al 2030 y en el 2004. ....	116
Gráfico A2.1	Trayectoria 2005-2030 de las emisiones de CO <sub>2</sub> bajo cada escenario.....	118

## Índice de figuras

Figura 1	Cambios en los Gases de efecto Invernadero según muestras de núcleos de hielo y datos modernos .....	24
Figura 2	Cambio de la temperatura continental y mundial .....	27
Figura 3	Impactos clave como una función del creciente cambio en la temperatura media global (Los impactos variarán de la adaptación, tasa de cambio de temperatura y vía socioeconómica) .....	37
Figura 4	Medidas multi-modelo y rangos evaluados del calentamiento de la superficie.....	39
Figura 5	Generación eléctrica: participación por tipo de combustible en los distintos escenarios al 2030 y en el 2004. ....	80



## Resumen

La región enfrentará durante la próxima década un nuevo entorno internacional en materia energética caracterizado por dos importantes cambios exógenos que son independientes de las políticas que decidan o no adoptar los países de América Latina y el Caribe. Estos cambios en el ámbito internacional representan nuevas condiciones de borde, que escapan del ámbito de control o influencia directa de las políticas públicas que los países de la región tienen la capacidad de desplegar a nivel nacional. Por lo tanto representan un nuevo desafío de adaptación internacional para la política energética latinoamericana durante la próxima década. Desafío que tendrá que ser enfrentado e integrado junto a las prioridades de desarrollo nacionales dentro de los objetivos a los que debe responder la política energética de los países de la región.

Estos cambios en el entorno internacional se refieren principalmente a dos procesos recientes:

- **El cambio estructural en la demanda de energía global debido al desarrollo económico acelerado de China, India y otras economías emergentes<sup>1</sup>** y la proyección de crecimiento sostenido en estos países durante las próximas dos décadas 2010-2030. El consumo de energía creciente en las economías emergentes se adiciona al ya enorme consumo de energía de los países más industrializados (OCDE<sup>2</sup>), el empuje de demanda resultante trae aparejado el consecuente aumento en el precio internacional de los hidrocarburos<sup>3</sup> en un horizonte de mediano y largo plazo. Esta aceleración de la demanda de energía global está ocurriendo en un período caracterizado por restricciones de oferta y limitaciones para expandir en forma rápida la capacidad mundial de producción de hidrocarburos por distintos motivos de índole económico y político. Entre los motivos de índole económico se encuentra el rezago de inversión en exploración y desarrollo de nuevas reservas, el agotamiento de yacimientos tradicionales con bajos costos de

---

<sup>1</sup> Se espera que el rápido crecimiento económico proyectado en estos países para el período 2010-2030 impacte la tendencia de crecimiento de la demanda de energía global más allá de efectos meramente coyunturales.

<sup>2</sup> El consumo de energía en los países más industrializados también continúa creciendo, si bien a tasas mucho menores que en los países emergentes.

<sup>3</sup> Ver: América Latina y el Caribe frente a la coyuntura energética internacional: oportunidades para una nueva agenda de políticas. División de Recursos Naturales e Infraestructura –DRNI, CEPAL (2008). Documento preparado para el Seminario “Crisis Alimentaria y Energética” realizado en CEPAL, Santiago los días 4 y 5 de septiembre 2008.

extracción, el encarecimiento del costo marginal de producción en nuevos yacimientos en aguas profundas, lechos geológicos de difícil acceso, extracción a partir de bitúmenes pesados, etc. En consecuencia una amplia mayoría de analistas coinciden en proyectar niveles de precio de los hidrocarburos en el mercado internacional a mediano plazo dentro del rango de USD 60-70 dólares por barril de petróleo<sup>4</sup>. Este rango expresado en dólares (USD año 2000) representa un estimado de lo que sería el costo marginal de producción por barril durante la próxima década y por lo tanto un buen indicador de la tendencia de equilibrio de mediano y largo plazo para el mercado petrolero mundial. Este rango de precios representa un quiebre significativo en comparación a los niveles históricos desde 1970 hasta la fecha. Todo indica que los países tendrán que adaptarse a un nuevo equilibrio con un nivel significativamente más alto de precios de los hidrocarburos en relación a su experiencia previa durante el período 2010-2030.

- **El segundo proceso es la consolidación progresiva un nuevo régimen internacional para combatir el cambio climático**<sup>5</sup> que implica: a) importantes cambios regulatorios y de política pública en los países más industrializados (OCDE, Unión Europea, Japón y países Anexo I en general); y b) la consolidación y crecimiento de los mercados internacionales de carbono y otras facilidades financieras que permiten transar proyectos de reducción de emisiones y energía más limpia entre distintos grupos de países. Bajo el liderazgo político de la Unión Europea y el G-8, la tendencia actual apunta a la progresiva consolidación de un régimen internacional sobre cambio climático mucho más ambicioso que el actual que entrará en vigencia en el período post-2012. Un régimen de esta naturaleza, aún cuando sólo se aplique en los países OCDE y nuestros países decidan no participar en el mismo, involucraría importantes cambios en el entorno internacional que enfrentará la región. Tanto por los cambios regulatorios asociados en sus mercados de exportación en estos países OCDE, como por los posibles impactos que un nuevo régimen internacional para combatir el cambio climático pueda tener sobre distintas variables económicas como: a) los precios internacionales de distintos tipos y fuentes de energía; b) los flujos de inversión y financieros adicionales dirigidos a proyectos de energía limpia, eficiencia energética y reducción de emisiones; c) la reducción acelerada del costo unitario de las energías renovables y nuevas facilidades financieras para promover su disseminación a nivel mundial; d) la disseminación acelerada de tecnologías no comercializadas hasta ahora (ej. captura y almacenamiento de carbono, termoeléctricas a carbón limpio etc.)

Frente a estos dos procesos surgen dilemas de políticas para los países de la región: ¿Cómo prepararse para responder a estas nuevas condiciones de borde en su entorno internacional?; ¿Qué implicancias tiene este nuevo entorno para la adaptación de la política energética nacional y la inversión de recursos públicos?; ¿Son suficientes las reformas regulatorias del sector energético que los países llevaron adelante durante los '90 para hacer frente al nuevo contexto internacional?, entre otras preguntas de política pública.

Estas preguntas deben hacerse a la luz de los objetivos principales largamente identificados para la política energética de la región: a) mejorar la seguridad energética; b) promover el ahorro y uso eficiente de la energía; c) diversificar las fuentes de la matriz energética; y d) fomentar la equidad social en el acceso y consumo de energía. Se hace necesaria

---

<sup>4</sup> Agencia Internacional de Energía, *Medium Term Oil Market Outlook 2007*, *World Energy Outlook 2007*, *World Energy Outlook 2008*. IEA-OECD (2007, 2008).

<sup>5</sup> El nuevo régimen internacional para combatir el cambio climático se refiere al resultado final del proceso de negociación, tanto multilateral como bilateral, que se viene dando dentro del marco de la Convención Marco de Naciones Unidas para Combatir el Cambio Climático (UNFCCC, Río '92), así como dentro de otras plataformas políticas (G-8, Unión Europea, etc.), para definir el régimen multilateral que entraría en vigencia después del 2012 con el objetivo de estabilizar el clima global.

una franca evaluación de los avances logrados y los rezagos que permanecen en el logro de estos objetivos de la política energética de la región. Sobre esa base, y a la luz los escenarios energéticos disponibles internacionalmente para el horizonte 2010-2030, es que pueden identificarse las oportunidades que tiene la región para responder a los dilemas mencionados. Algunos de los hechos estilizados que surgen al examinar la posición relativa de América Latina y el Caribe en el balance energético global desde esa perspectiva son los siguientes:

- Frente a un escenario sostenido de precios record del crudo en el mercado internacional, los países de la región enfrentan una prerrogativa de seguridad energética y eficiencia económica como prioridad política. La mayoría de los países de la región otorga mayor prioridad política a la prerrogativa de seguridad energética que a la prerrogativa de mitigar sus emisiones de CO<sub>2</sub>. Ningún país de la región ha asumido compromisos internacionales de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero hasta la fecha.
- Para hacer frente a la prerrogativa de seguridad energética los países de la región deben aplicar políticas para manejar el crecimiento de su demanda de energía con eficiencia y promover la diversificación de fuentes. Asegurando que las nuevas inversiones en infraestructura se adecuan al horizonte previsto de altos precios de los hidrocarburos e incorporan las prerrogativas de eficiencia energética y diversificación de fuentes.
- En la mayoría de los países las reformas del sector energético emprendidas durante la década de los '90 no han inducido suficiente movilización de inversión para lograr un crecimiento balanceado de la infraestructura y servicios energéticos. Una mayoría de países evidencia rezagos en la adecuación de su infraestructura energética frente a una demanda creciente, la movilización de inversión energética constituye un desafío inmediato.
- América Latina tiene poco peso en las emisiones globales de CO<sub>2</sub> asociadas al sector energético (3.5% al 2005), y no se proyectan grandes variaciones en esta participación de la región en los escenarios disponibles 2005-2030<sup>6</sup>. Se estima que esta participación llegaría en el 2030 sólo 3.9% en el peor caso en ausencia de políticas (*business-as-usual*). Por tanto la región necesariamente jugará un papel secundario en cualquier esfuerzo de mitigación global en comparación a los grandes países emisores en vías de desarrollo (China, India y el resto de Asia)<sup>7</sup>.
- América Latina también se encuentra por debajo del promedio mundial en emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita (Ton CO<sub>2</sub>/hab), con un registro casi un orden de magnitud por debajo de Norte América, y tres veces menor que Europa. Las emisiones per cápita y por unidad de producto en América Latina todavía se encuentran entre las menores del mundo. Esta posición relativa no cambia en los escenarios publicados al 2030. La región necesariamente tendrá que reservar el margen necesario para que el consumo de energía per cápita, y por tanto los indicadores relacionados de CO<sub>2</sub> per cápita, puedan crecer a medida que la región converge hacia mayores niveles de ingreso per cápita durante las próximas décadas.
- Una política de mitigación de emisiones de CO<sub>2</sub> que restrinja dicha convergencia natural en el proceso de desarrollo económico sería irracional económicamente y desde el punto de vista del rol que juega la región en la matriz energética global.

---

<sup>6</sup> Escenario de Referencia 2010- 2030 publicado por la Agencia Internacional de Energía, World Energy Outlook 2007 IEA-OECD (2007)

<sup>7</sup> La Tabla 6 muestra como al 2030 se proyecta casi una duplicación de la participación de Asia en las emisiones globales en relación a su nivel actual y por tanto dicha región juega un papel crítico para el éxito de cualquier esfuerzo de mitigación global.

- En comparación con las emisiones de CO<sub>2</sub> originadas en el sector energético de América Latina y el Caribe, las emisiones no-energéticas que produce la región (producto de la deforestación, cambios de uso del suelo etc.) tienen un peso relativo mucho mayor a nivel global. Por tanto el rol de la región dentro de un esfuerzo de mitigación global es mucho más importante en las emisiones no-energéticas, que en las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector energético.
- A excepción de México, como miembro de la OCDE, probablemente la región experimentará mayor presión internacional para controlar sus emisiones producto de la deforestación y cambios de uso del suelo (donde su participación mundial es mayor), que sobre su sector energético.

Este posicionamiento relativo de la región en el balance energético global, sugiere también algunos lineamientos de política energética que presentan claras áreas de oportunidad para la región. Se trata de enfatizar aquellos lineamientos que permiten responder simultáneamente al nuevo entorno internacional, y al mismo tiempo avanzar el logro de las metas nacionales de política energética. Por ejemplo según la mayoría de los estudios de simulación consultados, las oportunidades más costo-efectivas en América Latina y el Caribe para contribuir al escenario de mitigación del cambio climático global en el período 2010 – 2030<sup>8</sup> propuesto por la Unión Europea se concentran en ganancias de eficiencia en el uso de energía en todos los sectores (generación eléctrica, transporte, industrial, edificaciones etc.); y el desarrollo de fuentes de energía renovables donde la región presenta claras ventajas comparativas (ej. hidroelectricidad, etanol en Brasil etc.). Consisten en definitiva en políticas de eficiencia energética, seguridad energética y diversificación de fuentes.

Estas son precisamente de las mismas oportunidades que ya han sido identificadas en la agenda de política energética de los países de la región desde décadas atrás para responder a los objetivos de mejorar la seguridad energética y promover la diversificación de fuentes en nuestros países. Con la salvedad de que una participación activa en el escenario de mitigación propuesto por la Unión Europea implica un esfuerzo adicional para que las ganancias de eficiencia se traduzcan como mínimo en un 20 % de menores emisiones respecto a la trayectoria sin intervención (en ausencia de políticas, o *business-as-usual*) durante el período 2010-2030.

Esta participación en el escenario de mitigación en ningún caso implica una reducción de emisiones o restricción del consumo energético para la región. De lo que se trata es que los países logren administrar el crecimiento de su demanda de energía 2010-2030 aplicando políticas efectivas de eficiencia energética, para alcanzar sus metas de desarrollo con 20% menos emisiones que las que hubieran emitido en ausencia de estas políticas. Para lograr las Metas de Desarrollo del Milenio (MDL) los países de América Latina y el Caribe necesariamente deben converger hacia mayores niveles de ingreso per cápita, y por ende mayor consumo energético per cápita. Así como expandir la cobertura y el consumo de energía de calidad hacia sectores de la población que permanecen sin acceso. Lograr estas metas con 20% menos emisiones sólo será posible si los países fortalecen su capacidad de administrar el crecimiento de la demanda de energía con políticas e instrumentos eficaces para promover ganancias de eficiencia en el uso de energía a todo nivel.

No hay duda que lograr desviar 20% la trayectoria de crecimiento de la demanda energética y las emisiones asociadas requiere fuerte voluntad política y capacidad efectiva para su implementación por parte de los gobiernos. Para lograr dicha meta los países deberán superar las fallas institucionales, regulatorias y barreras macroeconómicas que obstaculizaron el progreso de

---

<sup>8</sup> Escenario de Mitigación BAPS (Beyond Alternative Policy Scenario) 2010- 2030 orientado a estabilizar la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera dentro del rango propuesto por la Unión Europea (500-550 ppm) para evitar los impactos catastróficos del cambio climático global (cambio temp avg < 3 C). publicados por la Agencia Internacional de Energía, World Energy Outlook 2007 IEA-OECD (2007).

las reformas del sector energético en los '90s. De cara a estos desafíos surge la necesidad de generar una nueva visión de política energética más integrada, que pudiera dar respuesta simultáneamente al nuevo entorno internacional y al amplio conjunto de objetivos nacionales, incluyendo revertir el rezago de inversión en infraestructura energética, y expandir el acceso a energía de calidad para sectores de bajos ingresos.

El mensaje central del presente análisis es que América Latina y el Caribe tiene claras oportunidades para plantearse una agenda de política energética integrada que le permita simultáneamente: a) avanzar sus propias prioridades energéticas superando los rezagos existentes; y al mismo tiempo b) jugar un rol proactivo en la agenda internacional sobre cambio climático capturando los beneficios asociados.

El posicionarse como una región “responsable frente a la comunidad global” que coopera y asume un rol proactivo en el régimen internacional para combatir el cambio climático, tiene bajos costos relativos para la región y le permite capturar los beneficios asociados al esfuerzo internacional. Esta estrategia en América Latina y el Caribe tendría bajo costo por el gran potencial que tiene la región de administrar su crecimiento a través de mejoras en la eficiencia en el uso de energía y la diversificación de fuentes en comparación con otras regiones. Los beneficios de este posicionamiento serían los flujos financieros y tecnológicos adicionales asociados a una participación proactiva en la agenda internacional sobre cambio climático.

Estos beneficios pueden canalizarse hacia aspectos rezagados de la agenda energética nacional que esperan ser atendidos independientemente de la agenda internacional sobre cambio climático y que han cobrado creciente importancia política debido al alza sostenida del precio internacional de los hidrocarburos y el horizonte de precios altos previsto a mediano plazo. La estrategia planteada permitiría a los países avanzar las prioridades energéticas internas y asumir, simultáneamente, un rol proactivo frente al régimen internacional sobre cambio climático acorde con sus propias prioridades de desarrollo.

Avanzar una nueva agenda de política energética integrada con estas características no sería tarea fácil. Tendrían que adicionarse nuevos elementos de políticas públicas sobre la base las reformas regulatorias del sector energético que los países de la región llevaron adelante durante los '90, por ejemplo:

- corregir distorsiones de precios existentes que actúan contra el manejo sostenible del crecimiento de la demanda de energía (subsidios en Argentina (gas), Venezuela (gasolina), entre otras distorsiones de precios generalizadas en la región;
- la promoción más efectiva de fuentes renovables y el aumento de su participación en la oferta energética regional;
- políticas e instrumentos para lograr aumentos importantes en la eficiencia en el uso de energía en todos los sectores;
- políticas para manejar el crecimiento de la demanda energética con criterios de sostenibilidad;
- políticas de inversión y tecnológicas para acelerar el recambio, penetración y difusión de infraestructura y bienes de capital y consumo que traigan incorporada mayor eficiencia energética;
- políticas de infraestructura urbana y ordenamiento territorial para manejar el crecimiento acelerado de la demanda de transporte individual en la región que trae aparejado un consumo creciente de combustibles fósiles líquidos y derivados (petróleo, diesel y gasolina), entre otras.

Todos ellos constituyen desafíos importantes en si mismos que los países de nuestra región deberán atender en el proceso de construir una nueva generación de políticas energéticas acorde con las tendencias internacionales y prioridades nacionales durante las próximas décadas.

## Introducción

Durante los últimos dos años la agenda internacional sobre cambio climático ha cobrado una presencia destacada en el escenario político y económico mundial. La Unión Europea en el contexto multilateral, y el Reino Unido y Alemania en marco del G-8, han ejercido un importante liderazgo y llevado adelante una intensa actividad entre los países más industrializados para la definición política de esta agenda y su enfoque en el corto y mediano plazo; incluyendo un activo diálogo político y técnico con las grandes economías emergentes del mundo en desarrollo. Hacer frente al cambio climático, es en esencia un problema de coordinación entre países soberanos para el manejo de un bien público global. Dentro de ese panorama, el mundo en vías de desarrollo con su creciente participación en la matriz energética global, y en particular países como China, India, Brasil, y México, entre otros, necesariamente jugaran un rol fundamental.

Sin duda esta creciente actividad sigue la fuerte consolidación de la base científica sobre la que descansa la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC, 1992) y el Protocolo de Kyoto (1998) durante los últimos años reduciendo el margen de incertidumbre sobre la realidad del fenómeno, su magnitud y posibles consecuencias<sup>9</sup>. Este consenso emergente esta reflejado en la reciente publicación de la Cuarta Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, AR4 2007)<sup>10</sup>, aprobada por unanimidad por los 188 gobiernos Partes de la Convención UNFCCC y estableciendo así una sólida base política para acordar la continuidad y el fortalecimiento del régimen internacional para combatir el cambio climático a partir del 2012, año en que expira el Protocolo de Kyoto.

Precisamente el objetivo principal de la última Conferencia de las Partes en Bali (COP-13, UNFCCC diciembre 2007) consistió en lograr un mandato multilateral con una clara “hoja de ruta” o marco, para llevar adelante las negociaciones en las que tomará forma el régimen post-Kyoto durante los próximos dos años 2008-2009. **La progresiva y continua evolución del régimen internacional para combatir el cambio climático luce como una tendencia inminente durante la presente y próxima década.**

---

<sup>9</sup> El Capítulo II trata en forma detallada la evolución del régimen internacional sobre Cambio Climático, desde los orígenes de la Convención UNFCCC en 1992, y del Protocolo de Kyoto en 1998, como el desarrollo de las negociaciones en cada una de las trece Conferencias de las Partes (COPs) realizadas hasta la fecha.

<sup>10</sup> El Capítulo I hace un recuento de los puntos principales del consenso científico reflejado en el último informe del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, AR4 2007), así como de otras publicaciones que han tenido influencia destacada durante los últimos dos años. Entre estas el informe Stern, comisionado por el gobierno del Reino Unido, “Stern Review on the Economics of Climate Change” (2007); estudios realizados en el marco de la iniciativa G-8 a partir del Diálogo de Gleneagles (2005) “Towards Low Carbon Societies in 2050”, que incluyen simulaciones de las trayectorias tecnológicas y regulatorias costo-eficientes para reducir las emisiones en las próximas décadas.



El escenario actual parece indicar que varios países de la OCDE liderados por la Unión Europea anunciarán metas nacionales de reducción ambiciosas en el corto plazo, e intensificarán su cooperación tecnológica y financiera bilateral con China, India y otras grandes economías emergentes<sup>11</sup>. La Cumbre G-8 de Gleneagles (Reino Unido) en Julio 2005 anticipaba estos desarrollos al incluir la participación de Rusia, Brasil, China, India, México y Sur África en un diálogo abierto sobre las estrategias de desarrollo para mitigar el cambio climático, asegurar energía limpia y un desarrollo sostenible. Al mismo tiempo en los últimos años han estado surgiendo diversas iniciativas de carácter regional y sub-regional donde gobiernos y sectores productivos debaten sobre opciones y estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático. Estos desarrollos vienen ocurriendo en paralelo al avance en proceso formal de negociación multilateral bajo la Convención de Cambio Climático (UNFCCC), y se espera continúen ampliando su rango de acción durante los próximos años.

América Latina y el Caribe no escapan a estos desarrollos. Si bien la región representa un papel menor en el concierto de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (aproximadamente 7.5-8% del total mundial, y 3.5% de las emisiones de CO<sub>2</sub>), y bien pudiera decidir no participar en el esfuerzo global de reducción de emisiones durante la próxima década. Aún así la región puede verse impactada indirectamente por los importantes cambios regulatorios y la aplicación de nuevas políticas e instrumentos<sup>12</sup>, que se prevé introduzcan distintos grupos de países industrializados<sup>13</sup> en respuesta al probable fortalecimiento del régimen internacional sobre cambio climático en los próximos años. **La implementación de políticas de mitigación del cambio climático en los países industrializados se convertiría en efecto en una nueva condición de borde, exógena a la región, pero a la cual América Latina y el Caribe tendría que hacer frente aún cuando decidiera no tomar parte activa en el régimen internacional.**

En el escenario internacional también ha comenzado a manifestarse una creciente convergencia política sobre del imperativo de tomar acción urgente para evitar impactos irreversibles del cambio climático durante el presente siglo. Liderada por la Unión Europea<sup>14</sup>, esta convergencia política apunta a la necesidad de evitar que el aumento en la temperatura media

---

<sup>11</sup> Es evidente que el éxito de cualquier esfuerzo de mitigación del cambio climático global no depende exclusivamente de la magnitud del compromiso de reducción de las emisiones que asuma el mundo industrializado. También dependerá de que la trayectoria de los países emergentes a su pleno desarrollo durante las próximas décadas se logre de forma mucho menos intensiva en emisiones (CO<sub>2</sub>/PIB), intensidad de carbono (CO<sub>2</sub>/per cápita), e intensidad energética por unidad de producto (TPES/PIB); en comparación con la trayectoria histórica seguida por estos indicadores en el mundo industrializado para alcanzar los niveles de ingreso per cápita actuales.

<sup>12</sup> Entre los instrumentos que pueden aplicarse a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero están: a) los impuestos (directos a las emisiones y/o indirectos a los combustibles en función de su potencial contaminante); b) las cuotas de emisión, como en los sistemas de permisos de emisión transables (“cap and trade”) que fijan un techo o cantidad máxima de emisión anual que luego es repartida como cuotas de emisión transables a cada fuente. También, instrumentos de regulación directa como c) estándares de eficiencia en la producción y uso de energía; estándares de emisiones en motores, calderas y procesos; estándares de eficiencia energética en edificios y equipos industriales y residenciales; entre otros instrumentos etc.

<sup>13</sup> Por ejemplo el Protocolo de Kyoto distingue entre dos grupos de países Anexo I y No-Anexo I. Los países del Anexo I, tienen compromisos de reducción de emisiones por debajo de los niveles que emitían en 1990 para el período 2008-2012, este grupo esta compuesto por los países más industrializados responsables por la mayor proporción de las emisiones acumulativas hasta la fecha. Dentro de este grupo la Unión Europea ha tomado una postura proactiva: a) ha implementado un Sistema Europeo de Emisiones Transables (EUETS); b) ha invertido activamente en proyectos de reducción de emisiones en países en vías de desarrollo; y c) ha declarado la meta de reducir al menos 20% sus emisiones (relativa al nivel de 1990) para el año 2020 y 50% para el año 2050. Estos son compromisos políticos que marcan la meta de largo plazo para el régimen internacional en el período Post-Kyoto. Los países No-Anexo I, son todos aquellos que no han asumido todavía compromisos de reducción de emisiones. En este grupo se incluye China e India, a pesar de que la China pronto desplazará a los Estados Unidos como el mayor emisor de gases de efecto invernadero a nivel mundial. Por otra parte Estados Unidos, el mayor emisor, nunca ratificó el Protocolo de Kyoto y ha quedado por fuera del mismo.

<sup>14</sup> La Unión Europea ha anunciado oficialmente su compromiso de lograr una reducción de al menos 20% de sus emisiones para el año 2020, y al menos 50% para el año 2050, en relación a los niveles de emisión de 1990 (año base o de referencia en la Convención UNFCCC). La voluntad política de acordar metas de largo plazo para la reducción de emisiones fue manifestada claramente por el Reino Unido (administración Blair), a partir de la cumbre G-8 de Gleneagles en 2005; y también por Alemania (administración Merkel).

global sobrepase el rango con tendencia central de 2.0 - 2.4 C<sup>15</sup> para minimizar los riesgos de sufrir los impactos más severos y/o catastróficos del cambio climático, cuya probabilidad de ocurrencia aumenta significativamente cuando la magnitud del calentamiento medio global entra en el rango de 3 a 6 C<sup>16</sup>. **La definición por primera vez de la meta que debe orientar el esfuerzo global para estabilizar el clima dentro de un rango prudente, constituye un hecho determinante para la evolución que podemos esperar a partir de ahora del régimen internacional sobre cambio climático.**

El estado de conocimiento actual es concluyente respecto a lo que implica limitar la magnitud del cambio esperado en la temperatura media global a una tendencia central entre 2.0 – 2.4 C. Alcanzar esta meta requiere estabilizar la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera en el rango de 450-500 ppm<sup>17</sup> de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>e). Para lograrlo las emisiones globales deberán alcanzar su punto máximo dentro de los próximos diez a quince años y comenzar a disminuir sostenidamente a partir de entonces. La magnitud económica de ese esfuerzo ha sido estimada alrededor de 1.0% del PIB global<sup>18</sup> en forma sostenida, siempre y cuando se inicie lo antes posible. Esto se debe a que la brecha entre la trayectoria actual (*business as usual*) y la trayectoria de estabilización (450–500 ppm CO<sub>2</sub>e) va aumentando cada año con el crecimiento continuo de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Mientras más tarde comience la intervención para controlar el crecimiento de las emisiones globales, y eventualmente lograr su reducción, más costoso será lograr la estabilización dentro del rango prudente (450–500 ppm CO<sub>2</sub>e) pudiendo incluso llegar a hacerse económica y políticamente inviable. Según varios expertos bajo el escenario donde la comunidad global no logra coordinar e iniciar acciones en los próximos 10 a 15 años, la ventana de oportunidad para estabilizar a (450-500 ppm) y minimizar los riesgos más severos del cambio climático a futuro, se habría perdido<sup>19</sup>.

Estabilizar el clima dentro del rango prudente representa un desafío enorme de coordinación de políticas para la comunidad global durante las próximas cuatro décadas. Para el año 2030 las emisiones globales deberían haber alcanzado su máximo y retornado a los niveles del 2004. Para el año 2050 las emisiones globales deberían haberse reducido a menos de la mitad de su nivel actual.

Estas metas constituyen además un desafío distributivo enorme. Entrar en la trayectoria de estabilización (2.0-2.4 C, 450-500ppm) requiere que los países industrializados (OCDE), que son los mayores emisores, reduzcan sus emisiones entre 60%-80% por debajo de su nivel actual para mitad de siglo. Mientras que los países en vías de desarrollo como grupo tendrían que alcanzar el punto máximo de su trayectoria de emisiones antes de 2030 para reducirlas constantemente a partir de entonces. Ambos son retos enormes durante un período 2008 – 2030 donde se prevé una expansión económica a más del doble del producto actual, y un crecimiento de la población mundial a aproximadamente 8.0 billones de personas según proyecciones de las Naciones Unidas. El esfuerzo global de mitigación de emisiones durante el período 2010-2050 tendrá que acomodar la creciente participación de China, India y otros países en la economía

---

<sup>15</sup> Un cambio en la temperatura media global de 2 C es una forma de medir la acumulación adicional de energía térmica en el sistema atmósfera – océanos - superficies continentales producto del efecto invernadero. Un cambio de la temperatura media global de 2 C puede ocasionar cambios drásticos en los patrones de precipitación, temperatura, frecuencia de eventos extremos etc. a nivel local. Es una medida del cambio promedio global que no tiene relación alguna con la pequeña diferencia en la sensación térmica que los humanos asociamos con un aumento de 2C en la temperatura ambiente en una localidad específica.

<sup>16</sup> Idem.

<sup>17</sup> ppm = partes por millón

<sup>18</sup> 1% del PIB global es la media del costo estimado dentro del rango (-1% a 5% PIB) reportado por los estudios con estimaciones del costo económico de mitigar el cambio climático revisados por el IPCC (2007), entre otros. Por otra parte la estimación del costo económico de enfrentar los impactos del cambio climático en ausencia de un esfuerzo de mitigación global ha sido ubicada en el rango de los 5-20% del PIB global también en forma sostenida, Stern Review (2007). El Capítulo I revisa estas estimaciones con más detalle.

<sup>19</sup> El Capítulo I trata las trayectorias de estabilización en mayor profundidad.

global, así como su convergencia hacia mayores niveles de ingreso per cápita. Todo esto en un mundo donde los combustibles fósiles continuarán dominando la matriz energética mundial más allá de la mitad del siglo, dadas las restricciones tecnológicas y económicas para su sustitución, según la mayoría de las proyecciones.

Dada la gran inercia incorporada en estas tendencias, desviar la trayectoria para lograr la meta de estabilización (2.0-2.4 C, 450-500 ppm) requiere niveles inéditos de cooperación internacional entre grupos de países muy diversos<sup>20</sup>. Así como la coordinación de acciones para intervenir la trayectoria actual e inducir transformaciones profundas en los patrones de producción y uso de energía, tanto en el mundo industrializado como en los países en desarrollo durante las próximas cuatro décadas. La complejidad política, económica, e institucional de ese cuadro no puede subestimarse.

Para los países industrializados implica una transformación acelerada de los patrones históricos de producción y consumo de energía. Para los países en vías de desarrollo implica la disyuntiva de alcanzar su pleno desarrollo económico bajo un presupuesto de emisiones limitado a partir de 2020 - 2030, aún partiendo de niveles actuales muy bajos de consumo energético y emisiones per cápita en relación con el mundo desarrollado. Aparentemente la única forma pragmática de resolver este dilema distributivo es que los países industrializados, aparte de asumir el costo de la reducción drástica de sus emisiones, financien o subvencionen las reducciones paralelas en las regiones en desarrollo, además de facilitarlas tecnológicamente. La construcción de mecanismos operativos para lograr estos objetivos se perfila como una de las prioridades en la agenda de las negociaciones multilaterales sobre cambio climático durante los próximos dos años. Entre ellas estaría el fortalecimiento del mercado internacional de carbono y la creación de los fondos necesarios para financiar la mitigación de emisiones y la adaptación en los países en desarrollo.

Esta prerrogativa quedó reflejada en el lenguaje de la declaración final y discusiones en la última Conferencia de las Partes en Bali (COP-13) en la cual China, Sur África y Brasil por primera vez anuncian su disposición a asumir “compromisos o acciones” (de mitigación), bajo la condición de asistencia financiera y tecnológica “medible, reportable y verificable” por parte de los países industrializados.

Fuera de los posibles efectos indirectos sobre América Latina y el Caribe por la implementación del nuevo régimen internacional sobre cambio climático en el mundo industrializado y otras regiones; estarían los impactos biofísicos y socioeconómicos directos del fenómeno propiamente como tal sobre los ecosistemas, hidrología, suelos, climas locales y la salud humana en la región. Todos ellos con el potencial de cambiar las condiciones de juego de sectores productivos como la agricultura, pesca, silvicultura, generación de energía, provisión de agua, entre otros; así como de generar pasivos fiscales y privados por pérdidas de infraestructura o inversiones para su readecuación. En relación al sector energético el impacto directo más relevante serían los cambios previstos en el régimen hídrico de algunos países de la Región Andina y Centro América, en lo que compete a modificaciones en su capacidad de generación hidroeléctrica<sup>21</sup>.

---

<sup>20</sup> Las divergentes posiciones negociadoras de los distintos grupos de países son función de su gran heterogeneidad en términos de emisiones históricas, consumo energético y emisiones per cápita, grado de desarrollo económico, tasas de crecimiento proyectado en las próximas décadas, vulnerabilidad, capacidad financiera y tecnológica para sostener un esfuerzo de mitigación y/o adaptación, entre otras variables.

<sup>21</sup> Magrin, G., C. Gay García, D. Cruz Choque, J.C. Giménez, A.R. Moreno, G.J. Nagy, C. Nobre and A. Villamizar, 2007: Latin America. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 581-615. El estado actual de conocimiento sobre los impactos biofísicos del fenómeno de calentamiento global previstos para América Latina y el Caribe, se encuentra sintetizado en el Capítulo 13 de la reciente contribución del Grupo de Trabajo II sobre Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad para la última evaluación del IPCC (AR4, 2007).

Resulta evidente que aún en ausencia de políticas internas de reducción de emisiones y/o participación proactiva en el régimen internacional; América Latina y el Caribe tendrá que desarrollar la capacidad de anticipar las implicaciones de estos cambios en el entorno internacional, y de desplegar acciones de adaptación para minimizar los riesgos socioeconómicos asociados a los impactos directos del fenómeno.

El propósito del presente documento es realizar una exploración preliminar de las implicancias económicas y políticas sobre el sector energético de América Latina y el Caribe a causa del probable fortalecimiento que experimentará el régimen internacional para combatir el cambio climático durante la próxima década. La implantación en los países industrializados de políticas para lograr importantes reducciones de emisiones (vía regulación, vía desarrollo tecnológico, vía cambios en precios relativos y estructuras de los mercados energéticos) puede inducir efectos económicos sobre el sector energético en los países de la región a través de varios canales identificados a continuación:

### **Efectos vía cambios en mercados energéticos internacionales y precios relativos de los combustibles**

Dado el peso de los países industrializados de la OCDE como los mayores consumidores de energía, los cambios regulatorios que introduzcan producto de su política interna para adecuarse al régimen internacional sobre cambio climático, pueden tener impactos en los mercados energéticos mundiales y la dinámica de sus precios relativos (gas, carbón, petróleo y derivados). Los cambios en los precios relativos entre distintos combustibles y fuentes energéticas, dependiendo de su magnitud, pueden tener efectos macroeconómicos y fiscales en países importadores y también pueden cambiar las prioridades actuales en materia de inversiones en gas, petróleo, carbón, nuclear, biocombustibles y fuentes renovables en la región. Para evaluar la importancia de estos efectos se hace necesario revisar el escenario en el cual los países OCDE efectivamente se embarcan en un esfuerzo de mitigación de sus emisiones, y ver que tipo de impacto pudiera tener ese hecho en los mercados internacionales de hidrocarburos y otros combustibles.

### **Efectos vía aceleración de cambios tecnológicos y penetración de nuevas tecnologías energéticas**

Un segundo canal se puede dar vía la aceleración en el desarrollo y comercialización global de nuevas tecnologías, principalmente desarrolladas en los países industrializados y con el potencial de marcar tendencias estructurantes en los mercados energéticos de los países en vías de desarrollo. Corrientes tecnológicas a las que la región tendría que adaptarse a futuro o absorber en los ciclos de renovación de su capital e infraestructura.

A medida que se hace evidente el rol central que jugarán ciertas tecnologías (ej. Captura y Secuestro de Carbono de las emisiones en la generación eléctrica, tecnologías termoeléctricas basadas en carbón limpio, renovables, biocombustibles de segunda generación etc.) en el marco de un esfuerzo de mitigación del cambio climático global, se producen nuevas dinámicas por el liderazgo tecnológico y su difusión en los mercados de los países en desarrollo que puede tener

consecuencias en la competitividad entre regiones. Por ejemplo en tecnologías de generación termoeléctrica China ha revertido aceleradamente la ventaja que antes llevaba América Latina<sup>22</sup>.

La aceleración de la tasa a la cual vienen cayendo los costos unitarios de las nuevas tecnologías energéticas puede inducir cambios en las prioridades de inversión, al hacerse sus costos competitivos con las opciones actuales y adelantando su entrada y difusión en la región de América Latina y el Caribe. Para evaluar la importancia de estos efectos habría que contrastar la trayectoria actual de la región en cuanto a absorción y difusión de tecnología e infraestructura energética, con los escenarios tecnológicos previstos por los países más industrializados en respuesta a un régimen internacional para combatir el cambio climático.

## **Efectos vía crecimiento de los flujos de inversión y financieros dirigidos a energías limpias, eficiencia energética, y reducción de emisiones**

Otro canal identificado es vía el importante crecimiento previsto en los flujos de inversión y recursos financieros dirigidos específicamente al área de energías limpias, eficiencia energética, mitigación de emisiones y adaptación, a través de la participación en los mercados de carbono<sup>23</sup> y las nuevas facilidades financieras asociadas al régimen internacional sobre cambio climático. La región ha tenido hasta ahora una participación destacada en el mercado de proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Los mercados de carbono vienen experimentando un crecimiento acelerado en todo el mundo, y esa tendencia no hará sino fortalecerse con la continuidad y fortalecimiento del régimen internacional sobre cambio climático más allá del 2012 que se perfila tras la última Conferencia de las Partes en Bali. Igualmente se evidencia la tendencia a la creación de nuevas facilidades financieras y fondos de inversión para energía limpia, eficiencia y mitigación de emisiones de la banca multilateral y regional (ej. Banco Mundial *clean energy investment framework*, BID, CAF etc.), y también entre países a través de iniciativas bilaterales y regionales (ej. *Asia Pacific Partnership on Clean Development and Climate*, impulsada por Estados Unidos, cooperación bilateral entre países G-8 con China e India etc.). Si bien no es posible predecir la magnitud anual de los recursos adicionales que pudieran movilizar estos mecanismos hacia la región durante la próxima década, su contribución a superar las brechas de inversión en infraestructura energética que viene acusando la región no puede sino ser bienvenida.

---

<sup>22</sup> La última generación de plantas termoeléctricas a carbón que se construyen mensualmente en China se encuentran en la frontera tecnológica en cuanto a eficiencia y perfil de emisiones (tecnologías de carbón limpio donde la combustión ocurre en estados supercríticos o gasificados).

<sup>23</sup> Mercado de carbono: mercados internacionales en los que se transan títulos por las reducciones certificadas de emisiones (CERs por sus siglas en inglés) generadas por proyectos que producen reducciones netas o adicionales de gases de efecto invernadero. La demanda en estos mercados está representada por empresas obligadas a reducir sus emisiones bajo regulación en sus países, y/o gobiernos que han asumido compromisos internacionales de reducción de emisiones, y que necesitan complementar sus propios esfuerzos de reducción con reducciones adicionales generadas por proyectos en otros países. La oferta de reducciones certificadas de emisiones (CERs) proviene de desarrolladores de proyectos en países que no tienen compromisos internacionales de reducción de emisiones; o de empresas y/o países que han reducido sus emisiones más allá de sus compromisos regulatorios, o frente a acuerdos internacionales, y que pueden transar estos excedentes en el mercado internacional. Los compromisos internacionales de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero se dan en el marco de la Convención Marco de Naciones Unidas para Combatir el Cambio Climático (UNFCCC), acuerdos al interior de la Unión Europea, y acuerdos voluntarios. Estos acuerdos a su vez generan regulación a nivel nacional para su cumplimiento, a los que están sujetas las empresas y otros actores económicos en sus respectivas jurisdicciones.

## **Efectos vía presiones comerciales y de acceso a mercados de exportación**

Un cuarto canal de transmisión de efectos económicos se daría a través de presiones comerciales por cambios en las condiciones de acceso a los mercados de exportación. Por ejemplo a través del surgimiento de nuevas restricciones de acceso (barreras técnicas no arancelarias) a mercados internacionales (Unión Europea, OCDE etc.) para aquellos países que no adopten políticas de cambio climático acordes con su nivel de desarrollo o PIB/capita. Estos países pueden ser percibidos por la comunidad internacional como tomadores injustos de ventaja competitiva, o *free-riders* en el esfuerzo global. Los países con políticas relativamente más laxas de restricción de emisiones, pudieran ser presionados a través del sistema multilateral de comercio y otros acuerdos comerciales, de estar aprovechando el equivalente a un “subsidio energético” al no obligar a su industria a internalizar los costos de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero; en comparación con otros países que adopten políticas de mitigación más ambiciosas en línea con la meta del régimen internacional.

Las restricciones de acceso pudieran darse a través de diferencias regulatorias entre los países de la región y sus mercados de exportación, en función de diferencias en estándares de eficiencia energética, estructura fiscal sobre combustibles y energéticos, regulación en sectores intensivos en energía (eléctrico, minería, cemento, transporte, etc.), subsidios, entre otros. Como cualquier régimen de carácter internacional, el régimen sobre cambio climático puede inducir efectos competitivos de política comercial, en ausencia de acciones por parte de los países de la región para adaptarse a los cambios regulatorios que se produzcan en los mercados de exportación a raíz de la aplicación de dicho régimen. El historial reciente de barreras no arancelarias y cuotas, entre otras, enfrentado por países de la región en sus mercados de exportación para productos agrícolas (particularmente en la Unión Europea y Estados Unidos) puede dar una indicación del tipo de escenario a enfrentar bajo nuevos argumentos sustentados ahora en “reglas de juego parejas” en materia energética.

## **Efectos vía cambios en las estrategias empresariales de las grandes empresas transnacionales y estatales de la energía**

Otro canal de transmisión hacia la región puede darse vía cambios en las estrategias globales y de inversión regional de las grandes multinacionales de la energía, así como de las petroleras estatales (PETROBRAS, PEMEX, PDV etc.) en respuesta a los desarrollos del régimen internacional de cambio climático en las próximas décadas. En América Latina y el Caribe las inversiones que realizan estos actores económicos, por su magnitud y naturaleza (ej. gran infraestructura energética etc.) marcan tendencias estructurantes no menores para el conjunto de la economía de algunos países de la región.

El caso de Brasil es ilustrativo. La inversión de Petrobrás en exploración y producción petrolera en aguas profundas ha multiplicado recientemente las reservas petroleras de un país que viene desarrollando durante décadas una industria de producción de biocombustibles con capacidad exportadora de escala mundial. La oportunidad que tiene Brasil de exportar biocombustibles responde precisamente a la importante demanda creada en países OCDE por nuevos mandatos legales que exigen incorporarlos a las mezclas de gasolina y diesel (metas de incorporar 5% o 10%), por consideraciones de diversificación de oferta y ambientales. Brasil tendrá que conjugar durante la próxima década ambas capacidades exportadoras en una estrategia que maximice la penetración en mercados OCDE sujetos al régimen de cambio climático; y al



mismo tiempo atienda su creciente demanda interna de energía de forma limpia y eficiente para minimizar las presiones internacionales para reducir sus propias emisiones. De esta forma se evidencia la importancia de las decisiones estratégicas de actores como Petrobrás conjuntamente con el Gobierno de Brasil en el posicionamiento del país frente a la agenda internacional de cambio climático durante los próximos años<sup>24</sup>.

## **Efectos vía la adopción voluntaria de políticas nacionales de mitigación de emisiones por los países de la región**

Los países de la región también pueden decidir adoptar políticas activas para participar en el esfuerzo de mitigación global. Brasil, México y Chile (en vista de su posible ingreso a la OCDE) seguramente enfrentarán presiones internacionales para implementar algún tipo de política de manejo de sus emisiones de gases de efecto invernadero. Bajo este escenario cada país adoptaría distintos paquetes de políticas de mitigación y adaptación según sus circunstancias particulares dada la gran heterogeneidad al interior de la región. Cualquier escenario de mitigación nacional en América Latina y el Caribe estará condicionado por la necesidad de expandir el acceso y consumo de energía per cápita como parte del proceso de crecimiento económico y reducción de pobreza al que aspiran los países de la región durante las próximas décadas.

Explorar escenarios de mitigación compatibles con las prioridades de desarrollo y las Metas de Desarrollo del Milenio para los distintos países de la región escapa de las posibilidades del presente documento y puede constituir parte de una agenda de investigación a futuro<sup>25</sup>. Sin embargo el Capítulo final identifica opciones de políticas en las áreas de eficiencia energética, control de emisiones del transporte urbano, seguridad de abastecimiento y diversificación de la oferta energética que ofrecen co-beneficios y oportunidades de avanzar simultáneamente objetivos de política nacional y combatir el cambio climático global. Retomar áreas rezagadas en la agenda energética regional como mejorar la eficiencia energética a todo nivel, además de constituir una proposición económica justificable en sí misma, permite a la región figurar como actor responsable en el escenario internacional.

A través de todos estos canales, y seguramente muchos más, la evolución de régimen internacional de cambio climático tiene el potencial de inducir cambios estructurales, particularmente en los distintos mercados que conforman sector energético de América Latina y el Caribe, aún en ausencia de que nuestros países adopten una política explícita frente al tema.

### **Organización del documento**

Los Capítulos 1 y 2 enmarcan el análisis sobre Energía y Cambio Climático en el contexto de los importantes desarrollos científicos y políticos que han conducido la agenda internacional sobre cambio climático en los últimos años. Señalando también los aspectos económicos y distributivos

---

<sup>24</sup> En el caso de México igualmente, la decisión estratégica de PEMEX y el Gobierno de México de abrirse o no a la participación de inversión extranjera será determinante para que el país logre explotar las reservas en aguas profundas del Golfo de México. Esta decisión también representaría un parte aguas en cuanto a la trayectoria energética futura de ese país.

<sup>25</sup> El IPCC ha desarrollado el concepto de “potencial de mitigación” para estimar la magnitud de la reducción de emisiones que puede realizarse incorporando todas las opciones de mitigación, tecnologías disponibles, barreras, regulaciones y restricciones macroeconómicas y de mercado. Los estudios para estimar “potencial de mitigación” pueden incluir modelos bottom-up (basados en opciones tecnológicas de mitigación y barreras por sector) y modelos top-down (evalúan el potencial agregado de opciones de mitigación incluyendo aspectos macroeconómicos). Los primeros son útiles para evaluar políticas específicas a nivel sectorial (ej. opciones para mejorar la eficiencia energética); los segundos son útiles para evaluar los efectos transversales de un impuesto al carbono o meta de estabilización. Este nivel de análisis todavía no se encuentra en la mayoría de las Comunicaciones Nacionales que hasta ahora han realizado los países de la región al Secretariado de la Convención para Combatir el Cambio Climático (UNFCCC).

implícitos en la agenda internacional que motivan las posiciones negociadoras de los distintos grupos de países. La valoración de estos aspectos permite explicar el curso que hasta ahora ha seguido el proceso de negociación multilateral en la construcción de un régimen internacional para hacer frente al cambio climático. Se destaca en particular cómo el desarrollo del emergente régimen internacional sobre cambio climático, con su inminente fortalecimiento y aplicación en los países más industrializados durante la próxima década, pudiera tener efectos sobre la evolución del sector energético en América Latina y el Caribe.

El Capítulo 1 hace un recuento de los desarrollos científicos y el avance en la comprensión del efecto invernadero y el fenómeno de cambio climático global logrado a nivel internacional durante la última década. La consolidación del consenso científico sobre la magnitud del fenómeno, sus posibles consecuencias, y la urgencia en tomar acciones internacionales para mitigar y adaptarse a sus efectos, han instalado el cambio climático global como prioridad en la agenda internacional. La creciente convergencia científica, junto a la progresiva reducción de la incertidumbre, explican el impulso político que ha tomado el tema a partir de la Cumbre de la Tierra en 1992 en Río hasta hoy día.

El Capítulo 2 hace un recuento de los desarrollos políticos y el proceso de negociación multilateral que ha conducido la agenda internacional sobre cambio climático desde los inicios de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC, 1992) hasta su estado actual. Cuyo desarrollo más reciente es el acuerdo logrado en la última conferencia de las partes en Diciembre 2007 en Bali, Indonesia, para llevar adelante durante los próximos dos años (2008 y 2009) la negociación del régimen internacional sobre cambio climático que regirá después del 2012. Este acuerdo asegura la continuidad y fortalecimiento del régimen internacional sobre cambio climático durante la próxima década, lo cual constituye una de las principales hipótesis o supuestos en función del cual se exploran implicaciones para la región.

El Capítulo 3 posiciona a América Latina y el Caribe en el balance energético global actual y las características estructurales evidenciadas en la trayectoria que ha seguido la región entre 1970 y 2005. Se identifican las características y tendencias regionales más relevantes frente a la agenda internacional sobre cambio climático y cómo estas condicionan el rol que la región puede jugar frente a dicha agenda.

El Capítulo 4 revisa la prognosis para América Latina y el Caribe dentro de las proyecciones y escenarios internacionales al 2030 recientemente publicados por la Agencia Internacional de Energía (IEA), la OECD, y el Secretariado de la Convención UNFCCC. Estos escenarios incorporan supuestos de fuertes reducciones de emisiones (mitigación) por los países industrializados (OECD) en las próximas décadas. Se exploran las posibles implicaciones de estos escenarios para la región.

El Capítulo 5 identifica las implicancias de política frente a estos escenarios desde la perspectiva del sector energético de América Latina y el Caribe. Un mensaje central es que la región tiene una oportunidad de capturar un doble dividendo jugando un rol proactivo en la agenda internacional sobre cambio climático y canalizando los beneficios asociados hacia aspectos rezagados de su propia agenda energética y sus propias prioridades de desarrollo.

# 1. El cambio climático y su relación con el sistema energético global: antecedentes científicos y económicos

## 1.1 El efecto invernadero y el fenómeno de calentamiento global

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC por sus siglas en inglés) fue abierta a la firma durante la Cumbre de la Tierra en Rio de Janeiro 1992 con el objeto de construir un marco multilateral para negociar y coordinar acciones dirigidas a proteger el clima global. La Convención UNFCCC reconoce el sistema climático como un recurso compartido entre la comunidad de naciones, cuya estabilidad debe protegerse frente a la perturbación representada por el cambio en la composición y concentración en la atmósfera de gases emitidos por actividades humanas<sup>26</sup>.

En efecto, la acumulación de "gases de efecto invernadero", sobre todo el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (NO<sub>2</sub>), generados en el proceso de industrialización durante el último siglo y medio, ha modificado la composición de la atmósfera y la temperatura media de la superficie terrestre. La concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el gas de efecto invernadero más importante, en la atmósfera ha crecido desde un valor preindustrial de 280 ppm hasta 379 ppm<sup>27</sup> en el año 2005. Lo cual supera su margen de variación natural durante los últimos 650,000 años (de 180 a 300ppm). La concentración de metano (CH<sub>4</sub>) ha crecido de 715 a 1774 ppb; superando también su margen de variación natural (320 a 790 ppb) durante el mismo período de referencia. La

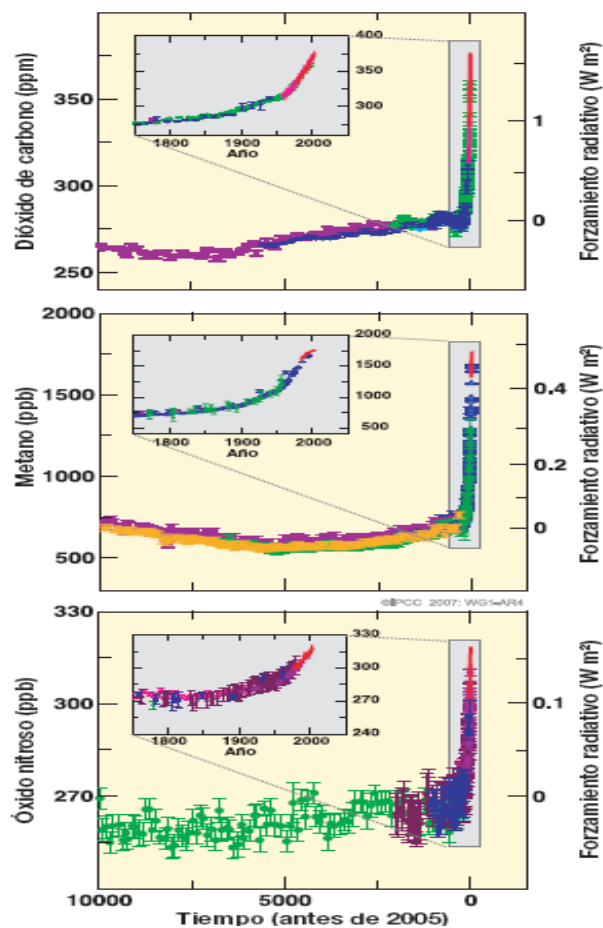
---

<sup>26</sup> Emisiones antropogénicas son aquellas originadas por actividades humanas como la generación, transformación y consumo de energía a partir de combustibles fósiles, prácticas agrícolas y pecuarias, procesos industriales, deforestación y cambios en el uso del suelo, entre otras. En este caso particular hacemos referencia a emisiones de gases que causan el efecto invernadero en la atmósfera: dióxido de carbono CO<sub>2</sub> (emitido al utilizar combustibles fósiles como petróleo, carbón, gas, para la generación de energía y el transporte etc.); metano CH<sub>4</sub> (emitido en actividades agropecuarias y disposición de desechos orgánicos etc.); y otros como óxido nitroso NO<sub>2</sub> y gases industriales como HFC etc.

<sup>27</sup> ppm (partes por millón) o ppb (partes por mil millones) es la relación entre el número de moléculas de gas de efecto invernadero con el número total de moléculas de aire seco.

concentración de óxido nítrico ( $\text{N}_2\text{O}$ ), un tercio de cuyas emisiones tiene origen en la agricultura, ha aumentado de unos 270 a 319 ppb. La Figura 1 a continuación muestra los registros de los cambios en la concentración de estos tres gases<sup>28</sup>. Ilustra el abrupto ascenso de la concentración de dióxido de carbono, metano y óxido nítrico en la atmósfera registrado durante los últimos 150 años, en comparación con el patrón de variación natural en escalas de tiempo geológico (últimos 10,000 años). El forzamiento radiativo se refiere al efecto de acumulación de calor adicional provocado por estas concentraciones de gases en la atmósfera.

**FIGURA 1**  
**CAMBIOS EN LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO SEGÚN MUESTRAS DE NÚCLEOS**



Nota: Las concentraciones de dióxido de carbono, metano y óxido nítrico en la atmósfera durante los últimos 10.000 años (paneles grandes) y desde 1750 (recuadros). Las medidas son de testigos de hielo (los símbolos de diferentes colores denotan diferentes estudios) y de muestras de la atmósfera (líneas rojas).

Fuente: IPCC AR4 (2007), Resumen para Responsables de Política, Grupo de Trabajo I. Figura RRP.1 p.3.

<sup>28</sup> IPCC Cuarta Evaluación Cambio Climático (2007) Resumen para responsables de políticas Grupo de Trabajo I, (IPCC, 2007), p. 2.

Aunado a estos cambios, mediciones y estudios independientes confirman que la temperatura media de la superficie terrestre ha aumentado por más de 0,7°C durante los últimos 100 años, con la mayor parte del mismo ocurrida en los últimos 50 años. Durante la última década la acumulación creciente de evidencia científica ha puesto más allá de toda duda la realidad del fenómeno y su relación con la actividad humana. La creciente concentración de estos gases en la atmósfera se explica principalmente por las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por la generación y consumo de energía a partir de combustibles fósiles en la economía global. El cambio en los usos del suelo (ej. deforestación etc.) y prácticas agrícolas constituye otra contribución significativa pero de menor escala<sup>29</sup>.

El aumento de concentración en la atmósfera de gases de efecto invernadero conduce a un aumento de la temperatura<sup>30</sup> porque altera el equilibrio termodinámico entre el flujo entrante de energía solar, y el flujo saliente de energía térmica disipada al espacio. La luz solar se convierte en calor al atravesar la atmósfera y chocar con la superficie terrestre. El CO<sub>2</sub>, junto a los otros gases de efecto invernadero, actúa como una “cobija” o barrera que disminuye la disipación de este calor de vuelta al espacio<sup>31</sup> atrapándolo en la atmósfera.

El ritmo al que el calor atrapado es disipado depende de la cantidad de gases de efecto invernadero presentes en la atmósfera y el clima que conocemos depende de ese equilibrio. La perturbación de dicho equilibrio por el aumento constante de la concentración de gases de efecto invernadero provoca como resultado neto una mayor acumulación de calor atrapado en la atmósfera y la desestabilización del sistema climático global. La mayor acumulación de energía eleva la temperatura y aumenta la intensidad del ciclo hidrológico, provocando alteraciones en todos los fenómenos asociados al sistema climático (precipitación, temperatura, etc.) más allá de los patrones de variabilidad natural con los cuales han convivido las poblaciones humanas en distintos puntos del planeta a lo largo de su historia.

La verificación empírica y comprensión científica del fenómeno de calentamiento global y sus posibles impactos sobre el sistema climático global han avanzado significativamente durante la última década. El órgano científico internacional que conforma el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático<sup>32</sup> (IPCC), fue creado en 1988, por iniciativa de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas (PNUMA), para contar con una fuente multilateral de información objetiva sobre las causas del cambio climático, sus potenciales consecuencias socioeconómicas y ambientales, y las opciones de adaptación y mitigación para responder al mismo. Cientos de científicos y expertos de todas las regiones del mundo y disciplinas relevantes, contribuyen al contenido científico, tecnológico, y socioeconómico de los informes del IPCC; los cuales pasan un proceso de revisión por expertos y gobiernos en dos etapas. Las evaluaciones periódicas del estado de dicha ciencia publicadas por el IPCC (IPCC 1990, 1995, 2001, 2007) han jugado un rol fundamental como referencia objetiva, y políticamente neutral, en las negociaciones de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC, 1992).

---

<sup>29</sup> IPCC Cuarta Evaluación Cambio Climático (2007) Resumen para responsables de políticas Grupo de Trabajo I, (IPCC, 2007), p. 2. Ver también Secretariado UNFCCC (2007) [http://unfccc.int/portal\\_espanol/essential\\_background/items/3336.php](http://unfccc.int/portal_espanol/essential_background/items/3336.php)

<sup>30</sup> La evidencia acumulada confirma una estrecha correlación entre las mediciones de la trayectoria creciente de la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> y las mediciones del aumento de la temperatura global promedio.

<sup>31</sup> El efecto de estos gases es análogo a la cubierta transparente que recubre un invernadero dejando entrar la energía solar, pero retardando la disipación de esa misma energía convertida en calor dentro del invernadero, de allí el nombre de “gases de efecto invernadero”.

<sup>32</sup> El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático se forma en 1988, por iniciativa de la Organización Meteorológica Mundial (WMO) y el Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP), a fin de contribuir a la solución de los problemas que podría generar el calentamiento global. El IPCC, conformado por más de 2000 científicos, provee información respecto al estado del conocimiento en torno al Cambio Climático, así como reportes e informes técnicos en temas específicos necesarios para el correcto funcionamiento de los organismos del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

Desde 1995 hasta hoy el IPCC ha constituido una plataforma exitosa de evaluación internacional entre pares donde progresivamente se ha ido consolidando el consenso de la comunidad científica internacional respecto a la comprensión del fenómeno y la reducción de las incertidumbres remanentes. En particular la plataforma del IPCC ha servido para consolidar una visión común sobre:

- a) la confirmación empírica del fenómeno de cambio climático global a través de mediciones independientes de los cambios de temperatura y sus impactos registrados durante el último siglo en distintos medios (superficie, océanos etc.);
- b) la robustez de la relación entre las emisiones producidas por la actividad humana y los cambios observados en la composición de la atmósfera y las temperaturas medias mundiales desde 1950<sup>33</sup>;
- c) el tipo, magnitud y distribución geográfica de los impactos potenciales<sup>34</sup> en función de la magnitud del cambio que llegue a registrar la temperatura average global;
- d) los escenarios de estabilización y las trayectorias correspondientes que deben seguir las emisiones globales (año de pico máximo y posterior tasa de reducción durante el presente siglo) para estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera;
- e) la determinación de los rangos y umbrales críticos que deben orientar el esfuerzo de mitigación global para minimicen los riesgos de impactos catastróficos<sup>35</sup>;
- f) la identificación de opciones de adaptación y mitigación que pueden adelantar los países y la comunidad global para hacer frente al fenómeno, entre otros.

En la Figura 2 del Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC AR4, 2007) muestra los aumentos de temperatura registrados en distintas regiones y su correlación con las predicciones de modelos que incorporan la contribución antropogénica. Estas mediciones confirman el hecho de que el cambio climático originado por las actividades humanas ya está ocurriendo.

---

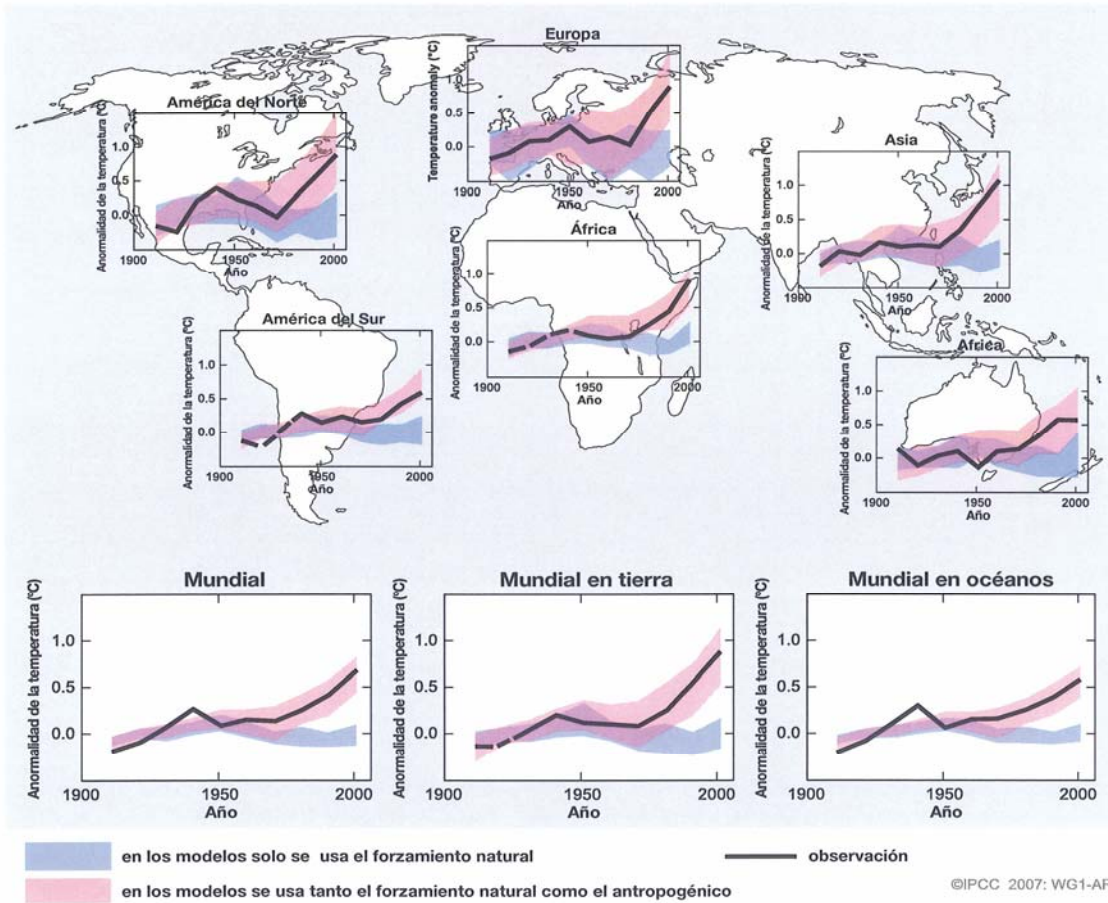
<sup>33</sup> En su última evaluación (AR4, 2007) el IPCC le otorga >90% de probabilidad, con la incertidumbre restante debida a metodologías actuales.

<sup>34</sup> Ver IPCC (AR4 WGII, 2007) Reporte del Grupo de Trabajo II (WG II) sobre Vulnerabilidad, Impactos y Adaptación para una descripción detallada de los impactos potenciales del cambio climático, con su respectivo riesgo de ocurrencia, en función del cambio en la temperatura average global y la concentración de CO<sub>2</sub> que se logre estabilizar en la atmósfera. En particular el Capítulo 13 de este Reporte detalla los impactos esperados en América Latina.

<sup>35</sup> Por ejemplo: cambios drásticos y en corto tiempo de los patrones regionales de precipitación y temperatura pueden imposibilitar la adaptación socioeconómica, destruir la agricultura y ecosistemas claves, arriesgando la seguridad alimentaria e induciendo migraciones forzadas de la población, con el consecuente aumento del número de refugiados y las posibilidades de conflicto en países vulnerables. El aumento de la temperatura media más allá de cierto límite puede desestabilizar los casquetes de hielo en los polos y provocar elevaciones aceleradas del nivel del mar con imposibilidad de adaptación en ciudades costeras y poblaciones en deltas.



**FIGURA 2  
CAMBIO DE LA TEMPERATURA CONTINENTAL Y MUNDIAL**

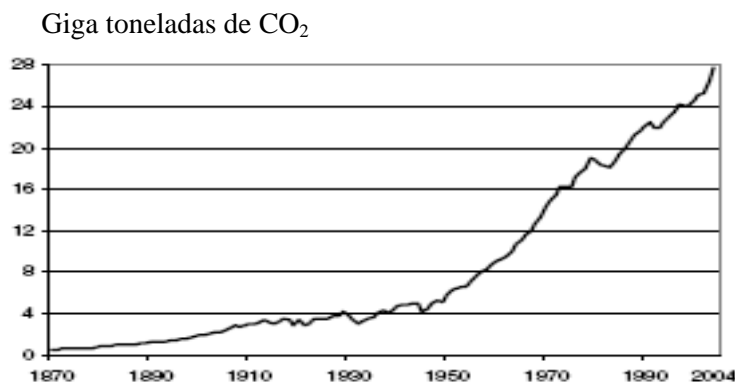


Fuente: IPCC AR4 (2007), Resumen para Responsables de Política, Grupo de Trabajo I. Figura RRP.4 p.11. Comparación de los cambios observados a escala continental y mundial en la temperatura de la superficie con resultados simulados por modelos climáticos mediante forzamientos naturales y antropogénicos. Se muestran los promedios por década de las observaciones del período 1906-2005 (línea negra) trazados en función del centro de la década y con respecto al promedio correspondiente 1901-1950. Las bandas sombreadas en azul (inferiores) muestran un intervalo de 5-95% de 19 simulaciones de cinco modelos climáticos utilizando solamente los forzamientos naturales debidos a la actividad solar y los volcanes. Las bandas sombreadas en rosado (superiores) muestran el intervalo de 5-95% para 59 simulaciones de 14 modelos climáticos en los que se emplearon forzamientos naturales y antropógenos.

## 1.2 Trayectoria de las emisiones de gases de efecto invernadero y sus determinantes

Las emisiones de gases de efecto invernadero han seguido el ritmo de crecimiento, y el consumo energético creciente que ha experimentado la economía global durante la última mitad del siglo pasado y la primera década del presente. Su crecimiento a partir de 1950 se ha acelerado y en las últimas décadas las emisiones globales han seguido una trayectoria de aumento casi exponencial, como ilustra el Gráfico 1 a continuación.

### GRÁFICO 1 TRAYECTORIA DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub> GLOBALES (1970-2004)

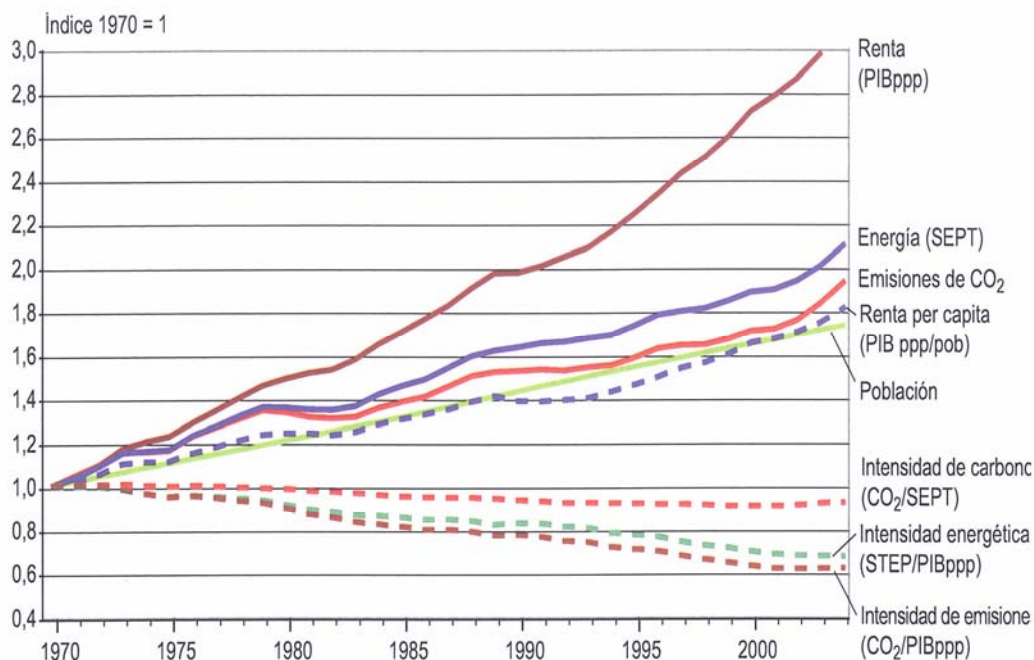


Fuente: Centro de análisis de la información del dióxido de carbono, laboratorio nacional de Oak Ridge, Estados Unidos. Departamento de Energía, Oak Ridge, Tenn, Estados Unidos.

La trayectoria histórica de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> evidencia una aceleración de su crecimiento entre 1950 y 2005, acompañando el creciente consumo energético de la expansión económica y demográfica mundial. Esta tendencia histórica ha prevalecido hasta hoy, aún en presencia del enorme progreso tecnológico e importantes ganancias de eficiencia ocurridos durante ese período. En el agregado global no se ha avanzado mucho en desacoplar el crecimiento de las emisiones del crecimiento de las economías. Esto refleja las importantes inercias que incorporan los sistemas de producción y uso de energía, dadas sus rigideces estructurales y ciclos de vida de la infraestructura, que imposibilitan su transformación rápida en el corto, o incluso mediano plazo.

La trayectoria de las emisiones de CO<sub>2</sub> globales claramente ha seguido al crecimiento de tres variables: a) suministro de energía primaria (SEPT); b) del producto per cápita (PIB ppp/pob); y c) la expansión demográfica. El efecto de “escala”, por el crecimiento de estas tres variables, ha prevalecido sobre el efecto de “innovación tecnológica”, que actúa en sentido contrario, a través de la disminución de la intensidad energética (STEP/PIB ppp) e intensidad de emisiones (CO<sub>2</sub>/PIB ppp) por ganancias de eficiencia en la generación y uso de energía en los últimos 50 años. Estas tendencias se encuentran claramente ilustradas en el Gráfico 2 que muestra su evolución en el período 1970 – 2004.

**GRÁFICO 2**  
**TRAYECTORIA INDICADORES ENERGÉTICOS GLOBALES (1970-2004)**



Fuente: IPCC AR4 (2007) Resumen para Responsables de Política, Grupo de Trabajo III. Gráfico RRP.2. Desarrollo relativo mundial del Producto Interno Bruto expresado en PPA (PIB ppa), Suministro Total de Energía Primaria (TPES en sus siglas en inglés), emisiones de CO<sub>2</sub> (de la quema de combustibles fósiles, quema de gas y producción de cemento) y Población (Pob). Además, las líneas discontinuas del gráfico muestran ingresos per cápita (PIB ppa/Pob), Intensidad Energética (SEPT/PIB ppa), Intensidad de carbono del suministro energético (CO<sub>2</sub>/SEPT) e Intensidad Energética de los procesos económicos (CO<sub>2</sub>/PIB ppa) para el período 1970-2004.

Como se vio anteriormente el conjunto de gases de efecto invernadero (GEI) incluye además de CO<sub>2</sub>, metano (CH<sub>4</sub>, óxido nitroso (NO<sub>2</sub>) y gases industriales (ej. HFC) entre otros. En conjunto las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI) durante el período 1970-2004 aumentaron un 70% (24% entre 1990-2004). La mayor contribución proviene del crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> que aumentaron 80% (28% entre 1990 y 2004). El siguiente Cuadro 1 muestra la contribución a este aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> por sector económico<sup>36</sup>. Los sectores de generación de energía y el transporte registran el mayor aumento como emisores de CO<sub>2</sub> durante el período 1970-2004. Estas, junto con las emisiones del sector industrial, son las llamadas emisiones energéticas (producto de la combustión de carbón, gas, petróleo y derivados). El sector agrícola y los cambios de uso del suelo (deforestación y quema de biomasa), las llamadas emisiones no energéticas, también registran una trayectoria de crecimiento aunque menor a los anteriores.

<sup>36</sup> Según IPCC (2007, AR4 WGIII Summary for Policy Makers) durante el período 1970 – 2004 las emisiones de CO<sub>2</sub>: a) del sector de suministro energético aumentaron 145%; b) del sector transporte 120%; c) del sector industria 65%; d) por cambios de uso del suelo, deforestación y quema de biomasa aumentaron 40%; e) del sector agrícola 27%; y f) del sector construcción 26%..

**CUADRO 1**  
**AUMENTO DE LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR SECTOR, PERÍODO 1970 – 2004**

Sector	Porcentaje de aumento
Generación de energía	145
Transporte	120
Industria	65
Cambios de uso del suelo, deforestación y biomasa	40
Agricultura	27
Construcción	26

Fuente: IPCC (2007, AR4 WGIII Summary for Policy Makers)

La combustión de cada vez mayores cantidades de combustibles fósiles<sup>37</sup> para suplir la expansión de la economía global proyectada durante las próximas décadas, hará que la trayectoria se mantenga en ausencia de intervención (*business as usual*). Modificar la trayectoria actual de las emisiones de gases de efecto invernadero representa un inmenso desafío dada la gran inercia incorporada en la infraestructura y sistemas actuales de producción y consumo de energía. Como también por las limitaciones económicas, tecnológicas, institucionales y regulatorias que sería necesario superar para alterar significativamente las matrices energéticas y comportamiento, tanto del lado de la oferta como del lado del consumo energético, de la diversidad de países que conforman la comunidad de naciones.

Complicando aún más el desafío, se añade la inercia demográfica de la población actual que llevará el número de habitantes del planeta a aproximadamente 9.2 billones de personas para la mitad de siglo (2050) según proyecciones de Naciones Unidas<sup>38</sup>. Este aumento demográfico implica la necesidad de satisfacer un creciente consumo energético y aspiraciones económicas de una población mundial cercana a una vez y media la actual. al mismo tiempo que se restringen las emisiones para estabilizar el clima global.

Las emisiones cumulativas de los países industrializados durante los últimos 150 años constituyen la principal causa del aumento registrado hasta la fecha en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Esta responsabilidad se reconoce explícitamente en el principio de “Responsabilidades Comunes pero Diferenciadas” establecido en la Convención UNFCCC. El mismo establece que los países industrializados deben reducir sus emisiones primero y contribuir, vía transferencias de tecnología y recursos, al esfuerzo de reducción de emisiones que necesariamente también deberán hacer los países en vías en desarrollo para lograr estabilizar el clima global, que es la meta de la Convención.

La trayectoria que han seguido las emisiones de CO<sub>2</sub> entre 1971-2005 muestra que la participación de los países de la OECD en las emisiones totales continua siendo mayoritaria, sin embargo se reduce desde aproximadamente dos tercios del total de emisiones (1971) a aproximadamente la mitad (2005). Esta tendencia refleja la creciente participación de los países en desarrollo en las emisiones totales, particularmente de China y el resto de Asia a medida que se ha acelerado su crecimiento económico y convergencia hacia mayores niveles de ingreso per cápita.

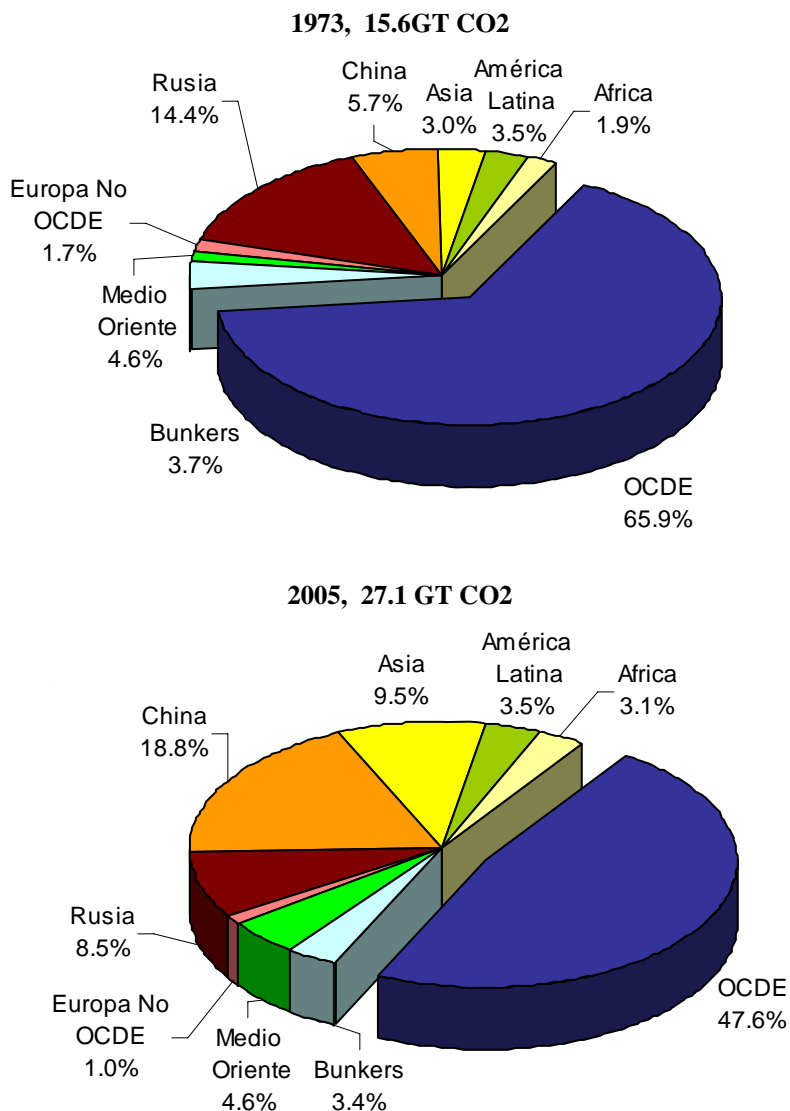
El Gráfico 3 a continuación muestra el cambio en la participación regional en las emisiones globales entre 1973 y 2005; China y Asia prácticamente triplican su participación; el Medio Oriente la cuatricula; Africa aumenta un 50%; América Latina aumenta un 30%; mientras que la ex Unión Soviética y Europa Oriental reducen su participación casi a la mitad durante este período. **América Latina es responsable por**

<sup>37</sup> Carbón, gas natural, petróleo y derivados.

<sup>38</sup> Estimaciones de población mundial 1950–2050, fuente: United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Population Prospects: The 2006 Revision. La población mundial en 2008 se estima en 6.7 billones.

apenas 3.5% de las emisiones de CO<sub>2</sub> globales en el año 2005 según las estadísticas publicadas por la Agencia Internacional de Energía (AIE, OCDE 2007).

**GRÁFICO 3**  
**PARTICIPACIÓN POR REGIÓN EN EMISIONES DE CO<sub>2</sub> ENTRE 1973-2005**

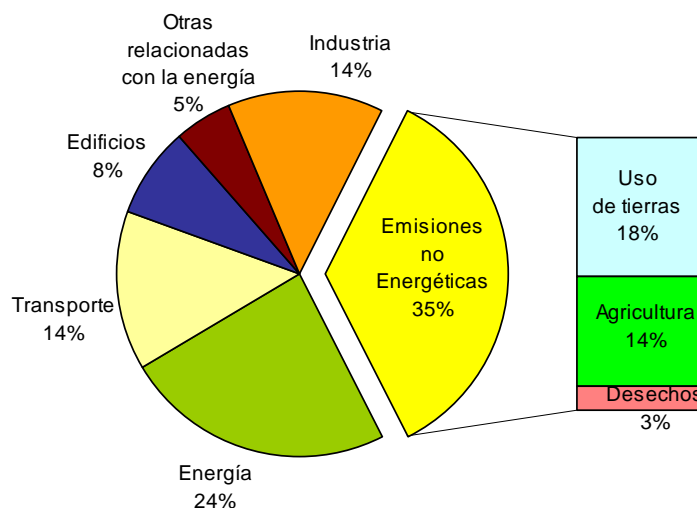


Fuente: IEA, Key World Energy Statistics. 2007 edition. OECD-IEA.

Sin embargo, si consideramos las emisiones del conjunto completo de gases de efecto (metano CH<sub>4</sub>, óxido nitroso NO<sub>2</sub>, etc.) la participación de América Latina y el Caribe en las emisiones globales aumenta a 7-8.5 %. Esto se debe a que si bien las emisiones energéticas (sectores de generación de energía, transporte e industria) que produce la región son relativamente menores en el concierto global, las emisiones de gases de efecto invernadero que América Latina y el Caribe contribuye por la agricultura y los cambios de uso del suelo (deforestación y quema de biomasa entre otros) si representan mayor peso en el total de emisiones globales de gases de efecto invernadero.

El Gráfico 4 a continuación muestra la participación por fuente en las emisiones totales de gases de efecto invernadero del año 2000. Ilustra claramente el hecho de que, si bien las emisiones energéticas aportan algo más del 60% del total (principalmente CO<sub>2</sub> producto de la combustión de petróleo, gas y carbón); la contribución de la agricultura y el uso de tierras, incluida la deforestación, (principalmente emisiones de CO<sub>2</sub> producto de quemas y CH<sub>4</sub> metano ) llega casi al 40% de las emisiones totales, y no puede ser ignorada en cualquier esfuerzo de mitigación global. Este punto es particularmente relevante en el caso de América Latina.

**GRÁFICO 4**  
**EMISIONES GLOBALES POR SECTOR AÑO 2000**



Fuente: CAIT, WRI (2006), Stern Review (2007).

Las emisiones de los países industrializados han continuado creciendo desde 1990 con el repunte de su expansión económica. Aún cuando la mayoría de ellos ha logrado un importante descenso en su intensidad energética<sup>39</sup> después del primer shock petrolero en la década del 1970 a través de ganancias de eficiencia, innovación tecnológica y cambios estructurales en sus economías (mayor sector servicios vs. manufacturero), todavía no logran desacoplar su crecimiento económico del crecimiento de sus emisiones.

El despegue económico principalmente en Asia con la expansión sostenida de China e India, junto a un importante número de países en vías de desarrollo marca una tendencia donde estos últimos, como grupo, pronto desplazarán al mundo industrializado con mayores emisiones. Sin embargo es importante destacar que el consumo de energía per cápita (Toe/hab), en los países en vías de desarrollo es todavía mucho menor, a veces hasta de uno o más órdenes de magnitud, que en los países industrializados<sup>40</sup>.

A nivel mundial entre 1971-2005 las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita en el sector eléctrico (generación de energía eléctrica y calor), y en el sector transporte han experimentado un aumento

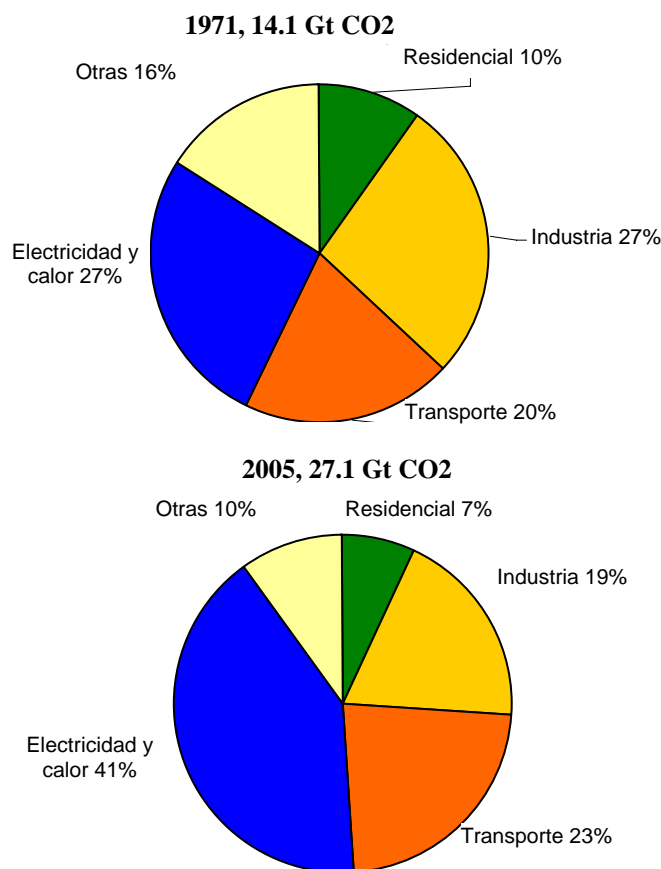
<sup>39</sup> Energía consumida por unidad de producto, por ejemplo: suministro total de energía primaria (SEPT o TPES en inglés) dividido entre el producto interno bruto (STEP/ PIB); o bien alguna unidad de energía, como barriles de petróleo equivalente (BEP) por unidad de producto (USD a valor constante), o BEP/USD producido.

<sup>40</sup> El Capítulo III aborda este punto en mayor detalle. Las asimetrías históricas en la contribución acumulada de emisiones globales entre ambos grupos de países, y el imperativo de crecimiento económico y superación de la pobreza que tienen los países en vías de desarrollo, es uno de los factores que explica la complejidad política y económica de las negociaciones en la UNFCCC. Para complicar, todavía más las cosas, el consenso científico apunta a que los países en vías de desarrollo, en su mayoría situados en la franja intertropical, serán los más afectados y vulnerables a los impactos del cambio climático. Ello se ha visto reflejado en la creciente presión de estos últimos por captar fondos para hacer las inversiones necesarias en adaptación y reducir la vulnerabilidad frente a los impactos esperados.

constante. El Gráfico 5 muestra como la contribución de estos dos sectores (generación eléctrica y sector transporte) ha pasado de aproximadamente la mitad de las emisiones globales en 1971, a dos tercios de las mismas en 2005. El consumo per cápita de energía eléctrica y transporte generalmente crece a la par del ingreso. La elasticidad ingreso de la demanda de energía eléctrica y transporte siempre es positiva. Este efecto ingreso explica por qué resulta tan difícil desacoplar las emisiones de CO<sub>2</sub> del crecimiento económico. En particular para los países en vías de desarrollo cuyos ingresos per cápita vienen convergiendo hacia arriba desde niveles muy bajos, y se espera mantengan e incluso aceleren dicha tendencia durante las próximas décadas para reducir la incidencia de pobreza entre sus poblaciones.

A medida que avanza el proceso de desarrollo económico y aumentan los niveles de ingreso per cápita en las próximas décadas, es inevitable que el consumo de energía por habitante en los países en vías de desarrollo converja hacia arriba. Este efecto ingreso lo demuestra el crecimiento del consumo de energía y de la demanda de transporte per cápita registrado en China, India, Korea y otros países, a medida que se eleva el PIB cápita con el consecuente aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub>. En América Latina se evidencia claramente por el crecimiento de la demanda de transporte en general, y de transporte individual en los quintiles de mayor ingreso<sup>41</sup>. El crecimiento del consumo de petróleo per cápita en el sector transporte evidencia estos comportamientos como lo ilustran las trayectorias de la Unión Europea, Korea, América Latina y China en el Gráfico 6.

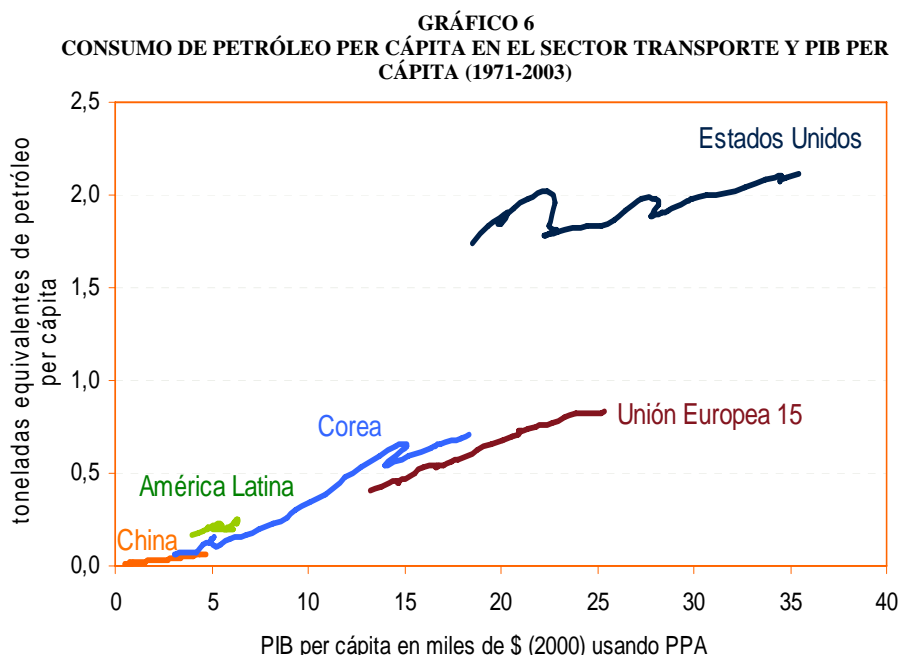
**GRÁFICO 5**  
**EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR SECTOR 1971 Y 2005**



Fuente: IEA, CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion 1971-2005. OECD-IEA.

<sup>41</sup> Lo cual si bien es una contribución menor a las emisiones globales comparado con Asia, tiene serios impactos locales por contaminación atmosférica urbana en América Latina.





Fuente: AIE y FMI. Elaboración: Dirección de Estudios y Análisis del Entorno de Repsol YPF.

En el marco de las negociaciones de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático y en el Protocolo de Kyoto en particular, esta asimetría en la contribución histórica de emisiones globales con los países industrializados; y sobre todo el imperativo de crecimiento económico y superación de la pobreza durante el presente siglo que tienen los países en vías de desarrollo, los ha llevado a resistir cualquier restricción sobre sus emisiones y/o consumo de energía que pudiera limitar sus legítimos derechos a futuro. Sin embargo, resulta claro que el éxito de cualquier esfuerzo de mitigación de emisiones para estabilizar el clima global depende de la participación de los países en vías de desarrollo. Durante las próximas décadas los países en desarrollo concentrarán la mayor expansión económica, demográfica, y de consumo energético. Para estabilizar el clima global es preciso que la trayectoria de estos países a su pleno desarrollo en las próximas décadas sea mucho menos intensiva en emisiones de gases de efecto invernadero que lo que conocemos hasta ahora. El desafío que implica transitar de la trayectoria tendencial actual (business as usual) a una trayectoria de estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera se analiza en secciones posteriores de este documento.

Lograr modificar la trayectoria actual a una de estabilización implica el desarrollo y transferencia de nuevas tecnologías<sup>42</sup>, así como la movilización de inversiones masivas en infraestructura energética, tecnologías limpias, y aumentos de eficiencia a escalas que escapen de las posibilidades actuales de la mayoría mismos países. Durante la última década el intercambio y la cooperación científica, tecnológica y financiera para la mitigación del cambio climático ha cobrado auge en el escenario internacional, particularmente entre los mayores países emisores del mundo industrializado y

<sup>42</sup> Ejemplos: Captura y Secuestro de CO<sub>2</sub> en las termoeléctricas, combustibles fósiles con ganancias de eficiencia y limpieza (Clean Coal Technologies, gas), renovables a costos competitivos (eólica, geotermia, solar etc.), vehículos más eficientes, nueva generación de reactores nucleares, ganancias de eficiencia en procesos industriales y consumo residencial a todo nivel, construcciones etc....



los nuevos gigantes China e India, sin cuya participación la estabilización del clima será imposible. Es muy posible que estos últimos logren beneficiarse capitalizando iniciativas bilaterales de transferencia de recursos financieros y tecnológicos en ese sentido.

### 1.3 Impactos del cambio climático

El cambio climático es considerado una de las amenazas más serias para el medio ambiente global. Se prevé que tendrá impacto negativo sobre la salud pública, la seguridad alimenticia, la disponibilidad de agua y otros recursos naturales, la biodiversidad, la actividad económica de los sectores sensibles al clima (ej. la agricultura, silvicultura, pesca, turismo etc.) y sobre la infraestructura física, entre otros. El rango de posibles impactos depende de la magnitud y velocidad de los cambios en los patrones de precipitación y temperatura (regionales y locales), con efectos sobre la hidrología, suelos, ecosistemas, biodiversidad, salud pública, y toda actividad económica asociada.

Durante las últimas décadas América Latina y el Caribe ya ha experimentado aumentos de temperatura de aproximadamente 1 C en América Central y Sur América, y 0.5 C en Brasil. Como consecuencia del aumento de temperatura, se ha acelerado la tendencia de retroceso y desaparición de los glaciares andinos<sup>43</sup>, con efectos críticos para la disponibilidad de agua en Bolivia, Perú, Colombia y Ecuador. En las próximas décadas es altamente probable que los glaciares intertropicales desaparezcan afectando la oferta de agua y la generación hidroeléctrica en los países de sub-región andina. Se prevé también que aumente la vulnerabilidad de las cuencas hidrográficas de América Latina actualmente sometidas a estrés hídrico (menos de 1000 m<sup>3</sup>/hab por año). Por causa del efecto combinado del cambio climático con el crecimiento de la demanda de agua para consumo doméstico e irrigación, al aumentar la población. El aumento del estrés hídrico en América Central pudiera afectar la provisión de agua y generación hidroeléctrica en algunas zonas de Guatemala, El Salvador, Honduras y Costa Rica<sup>44</sup>.

Históricamente América Latina y el Caribe ha sufrido procesos de cambio de uso del suelo e intensificación del uso de recursos naturales que han conducido a la degradación, entre moderada y severa, de sus zonas secas y áridas. Así como la disminución constante de su cubierta forestal, particularmente por la deforestación de selvas tropicales. Se prevé que los efectos del estrés climático se potencien en combinación con estos procesos de degradación por cambios en el uso del suelo, disminuyendo la productividad de la agricultura tropical y sub-tropical donde los cultivos se encuentren próximos a su máxima tolerancia de temperatura, aumentando el riesgo de incendios forestales y disminuyendo aún más la productividad en zonas áridas y degradadas.<sup>45</sup>

En años recientes América Latina y el Caribe se ha visto afectada por eventos climáticos extremos altamente inusuales en la región: lluvias torrenciales en Venezuela (1999, 2005); inundación de las pampas en Argentina (2000-2002), sequía amazónica (2005); tormentas de granizo en Bolivia (2002) y en el Gran Buenos Aires (2006); el Huracán Catarina sin precedentes en el Atlántico Sur (2004) y la temporada record de huracanes en el Caribe (2005). Se han registrado aumentos de precipitación en el sureste de Brasil, Paraguay, Uruguay, las pampas argentinas y partes de Bolivia han aumentado la intensidad y frecuencia de inundaciones afectando el uso de la tierra y cultivos. El sur de Chile, suroeste de Argentina, sur de Perú y el occidente de América Central registran por el contrario disminución de sus precipitaciones<sup>46</sup>. El considerable daño económico provocado por algunos de estos eventos (ej. Huracán Mitch,

---

<sup>43</sup> Reportada previamente en la Tercer Reporte de Evaluación del IPCC (IPCC TAR WGII, 2001).

<sup>44</sup> IPCC AR4 WGI, Capítulo 13, pp 597. Graciela Magrin (Argentina), Carlos Gay (México) et al.

<sup>45</sup> IPCC AR4 WGI, Capítulo 13, Graciela Magrin (Argentina), Carlos Gay (México) et al.

<sup>46</sup> Ibid

deslaves en Venezuela, etc.) da una idea del riesgo que implica un escenario donde la frecuencia de eventos climáticos extremos se vea aumentada considerablemente.

Algunos países de la región han realizado esfuerzos para aumentar su capacidad de adaptación, como por ejemplo: instalando sistemas de alerta temprana, manejo de riesgos agrícolas, estrategias de respuesta frente a inundaciones, sequía y manejo costero, sistemas de monitoreo epidemiológico, y conservación de ecosistemas claves, entre otros. Sin embargo la efectividad de estos esfuerzos se ve reducida por la gran cantidad de asentamientos en zonas vulnerables, con bajos ingresos, que caracteriza la región. Aparte de la escasez de información primaria, sistemas de monitoreo, déficit de recursos humanos capacitados, y de los marcos políticos, institucionales y tecnológicos apropiados para llevar adelante políticas de adaptación de largo plazo<sup>47</sup>.

Las consecuencias de los impactos variarán según la extensión del esfuerzo de adaptación previo, la velocidad del cambio de la temperatura y capacidad de respuesta socioeconómica. En relación al tipo y magnitud de los impactos previstos, la severidad de los mismos aumenta significativamente cuando el cambio en la temperatura media global sobrepasa el rango de 3-4 C (consistente con concentraciones de CO<sub>2</sub>e > 600-700 ppm en la atmósfera). El rango de impactos en función del cambio creciente de temperatura se ilustra en la Figura 3 en base a la revisión de estudios publicados para distintos escenarios en la más reciente evaluación del IPCC.

Desafortunadamente el nivel de desagregación geográfica y la incertidumbre inherente en las simulaciones del cambio climático futuro a partir de los modelos disponibles (modelos de circulación general atmósfera océanos MCGAOs) no permiten hacer pronósticos de impactos detallados y sus respectivas probabilidades a nivel de cada país. Lo que sí muestran claramente estos modelos es la dirección de los cambios esperados (aumento de temperatura, aumento/disminución de precipitaciones etc.) y su distribución geográfica a nivel de latitudes (zona intertropical, latitudes altas, zonas polares etc.) y sub-regiones continentales, en función del aumento en la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Esta limitación tiene importantes consecuencias políticas ya que generalmente las respuestas de política nacional son motivadas a partir de información cercana e inmediata, y no a partir de análisis cuya resolución es de escala global con horizontes temporales de varias décadas a futuro.

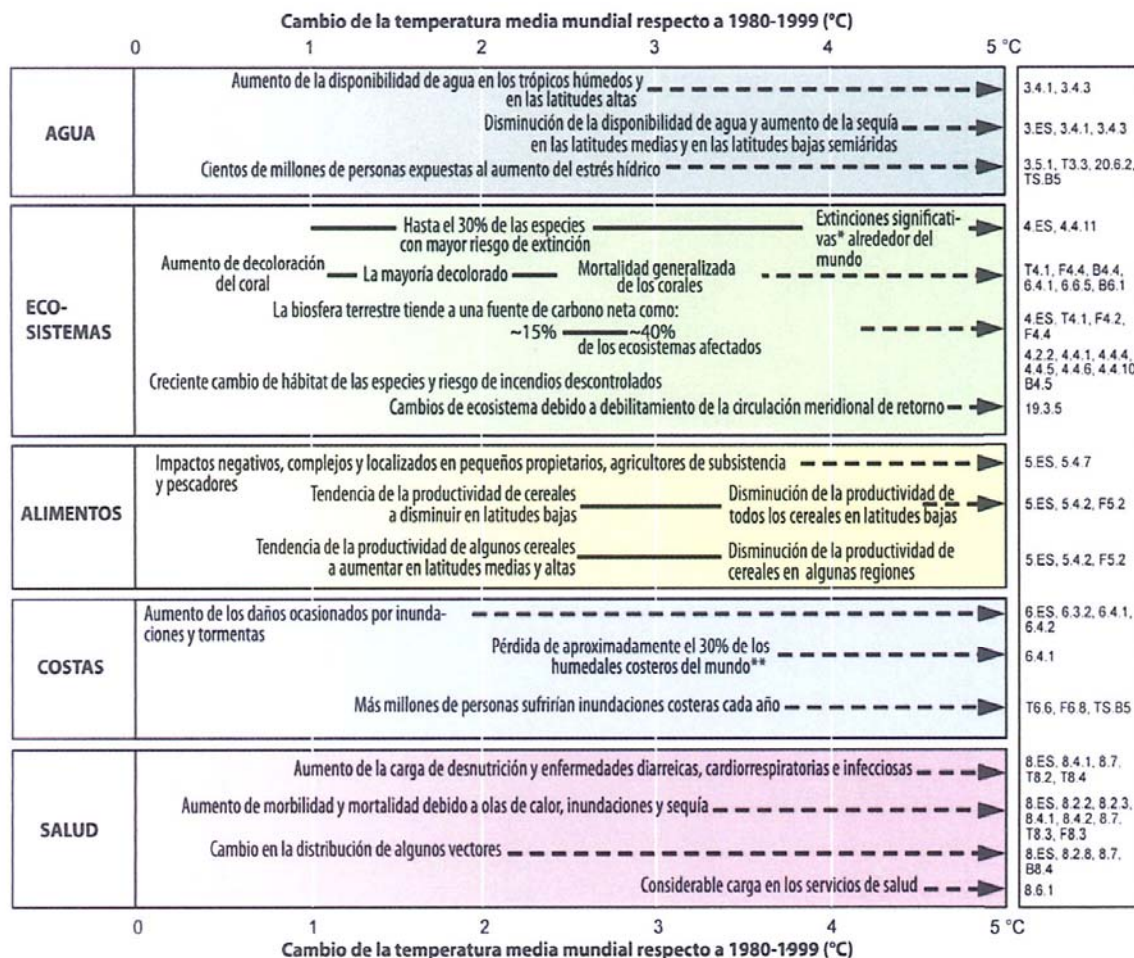
Los efectos distributivos por las asimetrías en el impacto económico del cambio climático entre distintas regiones del planeta (y al interior de las mismas) constituyen otro factor político muy importante. Por ejemplo la mayoría de simulaciones arrojan que la región intertropical sufrirá disminución de las precipitaciones aumentando la probabilidad de sequías y estrés hídrico en zonas áridas y semiáridas; en contraste las latitudes altas registrarán aumento de las precipitaciones y mayor probabilidad de inundaciones. Las regiones intertropicales concentran la gran mayoría de los países en vías de desarrollo y de menor ingreso per cápita, donde la agricultura y otras actividades económicas sensibles al clima representan una mayor proporción del PIB, y donde la población dispone de menos opciones y recursos para la adaptación<sup>48</sup>. Los impactos económicos probables del cambio climático en las regiones intertropicales actuarían en la dirección de exacerbar las vulnerabilidades socio-económicas preexistentes con consecuencias regresivas sobre las poblaciones rurales más pobres.

---

<sup>47</sup> Ibid.

<sup>48</sup> El IPCC estima que para el 2020 los rendimientos en la agricultura irrigada por lluvias pudieran reducirse hasta en un 50% en algunos países de África.

**FIGURA 3**  
**IMPACTOS CLAVE COMO UNA FUNCIÓN DEL CRECIENTE CAMBIO EN LA TEMPERATURA MEDIA GLOBAL (LOS IMPACTOS VARIARÁN DE LA ADAPTACIÓN, TASA DE CAMBIO DE TEMPERATURA Y VÍA SOCIOECONÓMICA)**



\* La significación se define aquí como más de 40%

\*\* basado en un aumento del nivel del mar medio de 4.2 mm/año de 2000 a 2080

Fuente (IPCC 2007, AR4) Resumen para Responsables de Política Grupo de Trabajo II. Gráfico RRP-2. p.12  
 Ejemplos ilustrativos de los impactos mundiales de los cambios climáticos previstos (y el dióxido de carbono a nivel del mar y atmosférico cuando es relevante) asociados a las diferentes cantidades de aumento de la temperatura media global en superficie en el siglo XXI. Las líneas negras vinculan los impactos, las líneas discontinuas con flecha indican los impactos que continúan con el aumento de temperatura. Las entradas están situadas de tal modo que a la izquierda del texto indican el comienzo aproximado del impacto dado. Las entradas cuantitativas sobre la escasez de agua y sobre las inundaciones representan el impacto adicional del cambio climático en relación con las condiciones previstas en la serie de escenarios A1F1, A2, B1 y B2 del Informe Especial sobre Escenarios de Emisiones (IE-EE, IPCC (2000)). En estas estimaciones no se incluye la adaptación a los cambios climáticos. Todas las entradas proceden de estudios publicados presentados en capítulos del Informe de Evaluación (IPCC AR4 (2007)), fuentes indicadas en la columna a la derecha de la Tabla. Los niveles de confianza de todas las afirmaciones son elevados.

El hecho de que sean los países de menor ingreso per cápita en las zonas intertropicales, los más vulnerables a los impactos del cambio climático y por tanto los que concentrarían los mayores costos económicos (aún cuando su contribución a la acumulación histórica de emisiones que origina el fenómeno es mínima en comparación con los países industrializados) presenta un desafío distributivo para la comunidad internacional. A esta asimetría geográfica norte-sur en la distribución de los impactos económicos esperados, se añade otra temporal, debida al horizonte

trans-generacional en el que se manifestarían los mayores impactos (hacia finales del presente siglo) de no tomar acción en el presente. Estas características distributivas del problema explican la complejidad política y económica de la negociación multilateral para coordinar acciones entre los distintos grupos de países que conforman la comunidad global. Se manifiesta claramente en la resistencia de los países en vías de desarrollo a asumir cualquier compromiso que limite sus emisiones en ausencia de mecanismos de compensación, y la expectativa de que cualquier esfuerzo global sea liderado y subvencionado principalmente por los países industrializados.

## 1.4 Estimación del costo económico de los impactos del cambio climático<sup>49</sup>

La modelación del costo económico del cambio climático presenta un gran desafío. Se requiere de proyecciones sobre horizontes de 100 años o más, ya que los efectos se manifiestan con desfases muy largos y permanecen en el tiempo. Esto se debe al hecho de que los gases de efecto invernadero emitidos hoy tienen una vida media en la atmósfera que en caso del CO<sub>2</sub> supera los 100 años. Por tanto la trayectoria de emisiones históricas tiene un efecto acumulativo del cual depende en última instancia la magnitud de los impactos que se materializarán a futuro<sup>50</sup>.

No solo es la capacidad de modelar efectos sobre escalas de tiempo tan largas muy limitada, sino que también el marco de análisis costo-beneficio tradicional se presenta como ciertamente inadecuado cuando se trata de escalas de tiempo de esta naturaleza. La última generación de estudios para estimar el potencial costo económico del cambio climático, como el reciente Stern Review (UK Treasury, 2007) publicado por el gobierno del Reino Unido, presentan un enfoque basado en conceptos de teoría económica de decisiones bajo riesgo e incertidumbre. Esto con la intención de incorporar explícitamente el tratamiento de eventos catastróficos, irreversibles, y con distribuciones de probabilidad desconocidas que claramente escapan del ámbito del análisis marginal. Estas proyecciones tienen el gran valor de ilustrar el rango de magnitud de los riesgos económicos a los que nos exponemos bajo un escenario tendencial (*business as usual*) donde no se toman acciones en el presente para intervenir la trayectoria actual de crecimiento de las emisiones. La evidencia científica sugiere un riesgo cada vez mayor de mantener dicha trayectoria.

La primera generación de estimaciones<sup>51</sup> tomaba como punto de partida un aumento de 2-3 C para el final del presente siglo, estimando como costo equivalente del cambio climático una pérdida de entre 0-3% del PIB global en comparación con un escenario sin cambio climático. Con tendencia central de 1.5-2.0% del PIB global, distribuida asimétricamente: 1-1.5% del PIB en países desarrollados, y 2-9% del PIB en países en vías de desarrollo. Siendo los países más pobres los que sufrirían los mayores costos, debido a su limitada capacidad de adaptación.

---

<sup>49</sup> Esta Sección se basa en el Capítulo 6 del Stern Review, publicado como: Stern N., *The Economics of Climate Change*, Cambridge University Press, 2007; y el rango de estimaciones del costo económico en los estudios revisados por el IPCC para su último informe (IPCC, AR4).

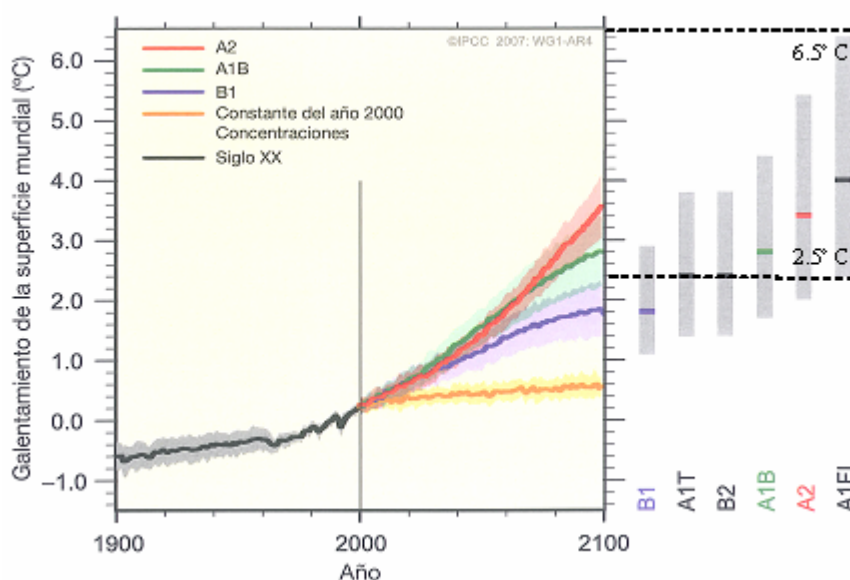
<sup>50</sup> La proyección de largo plazo de estos escenarios de respuesta o sensibilidad del sistema climático global a la perturbación provocada por las emisiones se ha hecho posible gracias al progresivo perfeccionamiento de los Modelos de Circulación General Atmósfera-Océanos (MCGAOs) durante la última década. Estos modelos permiten simular la respuesta del sistema climático global frente a distintos escenarios de emisiones globales y niveles de concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Existen entre 10-15 modelos de esta naturaleza en instituciones muy especializadas ya que sus requerimientos computacionales y de datos son enormes.

<sup>51</sup> Las estimaciones de una amplia gama de modelos reportados en la Segunda Evaluación del IPCC (IPCC, SAR 1996) asumen como escenario una concentración de CO<sub>2</sub> del doble del nivel pre-industrial, que corresponde a un aumento medio de temperatura de 2.5 C. Estas estimaciones son estáticas y no examinan impactos a mayores niveles de calentamiento (> 4C).

Sin embargo, el estado de conocimiento actual indica una alta probabilidad de que la trayectoria tendencial (*business as usual*) exceda 2-3 C para finales de siglo, entrando en el rango de 5-6 C.

La Figura 4 muestra las simulaciones del cambio de temperatura, y sus rangos de incertidumbre (barras grises) para el 2100, bajo seis escenarios de referencia del IPCC<sup>52</sup>. El escenario A1T1 corresponde a un escenario de rápido crecimiento económico, estabilización de la población mundial a mitad de siglo, utilización intensiva de energía fósil con rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes, y convergencia entre regiones. Este escenario, muy parecido a la trayectoria actual de desarrollo, conduce a un rango de aumento de temperatura entre 2.5-6.5 C para finales de siglo (representado por la barra gris al extremo derecho).

**FIGURA 4**  
**MEDIDAS MULTI-MODELO Y RANGOS EVALUADOS DEL**  
**CALENTAMIENTO DE LA SUPERFICIE**



Fuente (IPCC 2007, AR4) Resumen para Responsables de Política. Grupo de Trabajo I. Figura RRP.5 p.14 Las líneas sólidas denotan las medias del calentamiento mundial obtenidas con múltiples modelos (con respecto a 1980-1999) para los escenarios A2, A1B y B1, mostrados como continuación de las simulaciones del siglo XX. El sombreado denota el intervalo de la desviación estándar+1 de las medias anuales de los modelos individuales. Las barras grises de la derecha indican la mejor estimación (línea sólida en cada barra) y el rango probable evaluado de los seis escenarios de referencia del IE-EE.

Estudios más recientes<sup>53</sup> intentan estimar el costo del cambio climático a medida que aumenta la temperatura hasta el rango de 5-6 C, incorporando más sectores de la economía y posibilidades de adaptación con mayor detalle. Esta última generación de estimaciones arroja costos de entre 5 – 10% del PIB global para finales del presente siglo, con los países pobres

<sup>52</sup> Special Report on Emission Scenarios, IPCC, SRES (2000). Informe especial sobre escenarios de emisiones (IE-EE por sus siglas en español).

<sup>53</sup> Nordhaus and Boyer (2000), Tol (2002). Nordhaus W.G, J.G Boyer (2000): "Warming the World: the Economics of the Greenhouse Effect", Cambridge, MA, MIT Press.  
Tol, R.S.J (2002): "Estimates of the damage costs of climate change – part II: dynamic estimates", Environmental and Resource Economics 21: 135-160.

sufriendo costos superiores al 10% del PIB en ausencia de intervención para modificar la trayectoria actual.

En presencia de cambios de temperatura media de 5-6 C aumenta la probabilidad de un mayor rango de impactos, más difíciles de cuantificar, debidos a cambios abruptos y de gran escala en patrones climáticos regionales como por ejemplo los Monsoones, o El Niño, entre otros. La ciencia sobre los riesgos y magnitud de los impactos a estos rangos de temperatura apenas está en desarrollo. Algunos expertos señalan la importancia de no sobrepasar ciertos umbrales que pudieran disparar procesos de retroalimentación positiva que amplificarían el fenómeno<sup>54</sup>. Dada la incertidumbre que prevalece sobre los efectos de cambios en la temperatura del orden de 5-6 C, el costo de 5-10% del PIB global al 2100 pudiera resultar una estimación modesta de riesgos más grandes<sup>55</sup>, según algunos autores.

Como ilustra el Gráfico 7 a continuación, la función estimada de daño o costo económico del cambio climático publicada en el informe Stern es creciente en el tiempo, al igual que su correspondiente rango de incertidumbre que representa el riesgo creciente de incurrir pérdidas mayores por eventos catastróficos. El informe Stern utiliza el modelo integrado PAGE2002 IAM para simular la pérdida de bienestar (*welfare loss*) por el cambio climático durante el horizonte temporal 2000-2200 como equivalente a una pérdida permanente de -5% del consumo per cápita global, como mínimo, ahora y para siempre (pérdida expresada como anualidad a perpetuidad o *balanced growth equivalent* en comparación con la trayectoria de consumo per cápita en un escenario sin cambio climático)<sup>56</sup>. Según el informe Stern el costo del cambio climático en el escenario sin intervención (*business as usual*) sube aún más, si se incorporan al modelo, tres factores muy importantes a continuación:

- Los impactos directos a la salud humana y el medio ambiente (*non-market impacts*) elevan la estimación de pérdida de bienestar total como equivalente a una pérdida permanente de -5% a -11% del consumo per cápita, ahora y para siempre (expresado como *balanced growth equivalent*). Sin incorporar impactos sociales contingentes como la desestabilización política y social que son muy difíciles de capturar en términos económicos.
- Los impactos del cambio climático afectan desproporcionadamente a las regiones más pobres. Incorporar en la estimación mayor peso relativo asociado a esta carga para los países pobres aumenta la estimación del costo total en más de un 25%.
- Según la última evidencia científica, la sensibilidad de la respuesta del sistema climático a las emisiones de gases de efecto invernadero puede ser mayor que lo que hasta ahora se pensaba; debido a la existencia de canales de retroalimentación positiva en el sistema climático. La incorporación en el modelo de esta mayor sensibilidad climática (*High Climate sensitivity*), llevaría la estimación previa de -5% a -7%, y de -11% a -14% (incluyendo los impactos sobre la salud humana y el ambiente) expresada como pérdida permanente del flujo futuro de consumo per cápita.

---

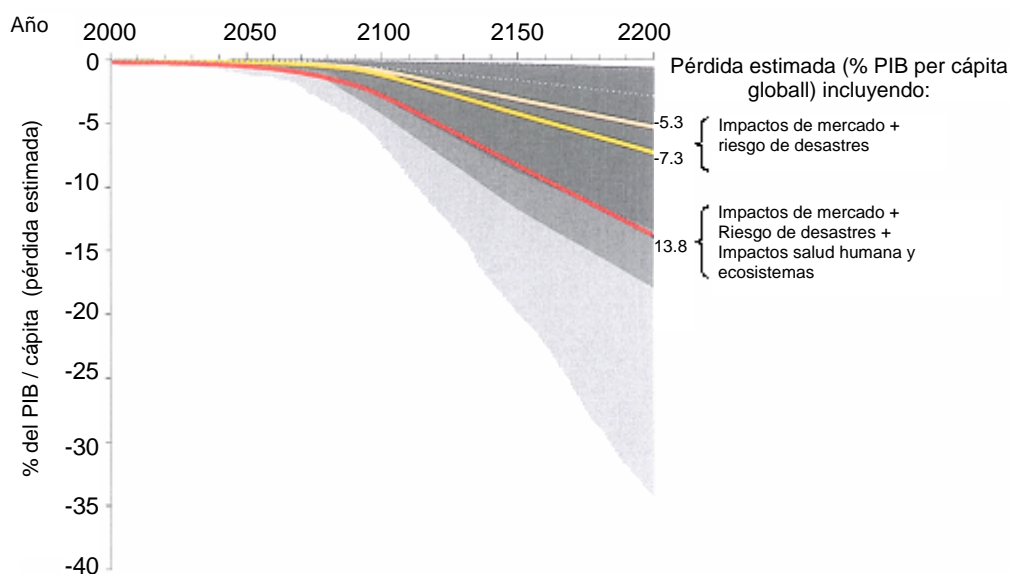
<sup>54</sup> Ejemplo de fenómenos previstos con retroalimentación positiva: al sobrepasar cierto umbral de calentamiento el deshielo de suelos en las latitudes altas (tundra) liberaría enormes reservorios de metano a la atmósfera amplificando el ciclo de calentamiento y provocando a su vez la liberación de mayores cantidades de metano de los mismos reservorios.

<sup>55</sup> Ver Capítulo 6, pp 162-173. Stern N., *The Economics of Climate Change*, Cambridge University Press, 2007.

<sup>56</sup> La pérdida de bienestar o costo económico anual del cambio climático es creciente en el tiempo en relación a un escenario sin cambio climático. Sin embargo este flujo creciente de pérdidas anuales, y la consecuente pérdida acumulada de bienestar total hasta el horizonte temporal de la simulación 2200, puede expresarse como equivalente a una pérdida anual constante de consumo per cápita a perpetuidad (*balanced growth equivalent*). Esta es la medida en que se expresan los resultados de la estimación publicada en el Stern Review.

El siguiente Gráfico 7<sup>57</sup> ilustra como al poner todos estos factores juntos, la estimación del costo económico del cambio climático aumenta. La trayectoria en rojo indica la pérdida de PIB per cápita equivalente, asumiendo la inclusión de impactos de mercado, más los impactos sobre la salud humana y el medio ambiente, y mayor sensibilidad del sistema climático. Los conos sombreados corresponden al percentil 5% y 95% del intervalo de confianza de la estimación. Riesgos de pérdidas equivalentes a una reducción superior al -15% en el consumo per cápita actual en forma permanente (como anualidad equivalente, o *balanced growth equivalent*), entrarían dentro del rango de resultados probables en un escenario sin intervención. El Gráfico también ilustra la relevancia de los juicios distributivos intertemporales, en realidad transgeneracionales, en decidir la respuesta actual a este problema<sup>58</sup>. Las pérdidas más importantes de bienestar comienzan a manifestarse solo hacia finales del presente siglo 2070-2100, y crecen sostenidamente a partir de entonces; sin embargo el que dichas pérdidas se materialicen o no depende estrictamente de la trayectoria que sigan las emisiones globales entre hoy día y las próximas dos a tres décadas.

**GRÁFICO 7**  
**COSTO ECONÓMICO DEL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL ESTIMADO**  
**EN EL STERN REVIEW.**



Fuente: Stern Review, Ch. 6.

El informe Stern es categórico al sostener que dados: a) los juicios distributivos implícitos al cambio climático global; b) la consideración de los aspectos de salud pública y ambiental para mantener los estándares de la calidad de vida; y c) los enfoques modernos al tratamiento del riesgo y la incertidumbre; el estimado apropiado de los daños o pérdida de bienestar equivalente del cambio climático global pudiera estar cerca del límite superior del rango

<sup>57</sup> Fuente: Stern Review, Ch.6, p. 178.

<sup>58</sup> El fenómeno de calentamiento global por su propia naturaleza y las inercias implícitas en el sistema implica un desfase temporal enorme entre: a) el momento en se comienza a intervenir la trayectoria de emisiones actuales, b) la velocidad de cambio que dicha intervención causa en las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero, y c) el efecto final que este cambio en las concentraciones tiene sobre el grado de calentamiento observado. La mayoría de estudios que estiman el costo económico del cambio climático, consideran que los costos económicos son una función creciente de la magnitud y velocidad del cambio en la temperatura media global.



de -5 a -20% del PIB per cápita como anualidad a perpetuidad<sup>59</sup> en comparación con un escenario sin cambio climático. **El mensaje central del informe Stern es que el riesgo de incurrir pérdidas de esta magnitud puede evitarse a través de una política de mitigación global a costos significativamente menores.** Por tanto desde una óptica costo-beneficio, invertir hoy en reducir las emisiones globales para reducir o evitar la probabilidad de incurrir estos costos futuros, sería la única política razonable.

La mayoría de estudios realizados arrojan estimaciones del costo de mitigación, para intervenir la trayectoria actual hacia una de estabilización (450-550ppm) están en el rango de 0 a 3% del PIB global para el año 2030<sup>60</sup>.

---

<sup>59</sup> Formalmente *Balanced Growth Equivalent*. Ver nota 56 anterior.

<sup>60</sup> Fuente: (IPCC AR4, 2007) Según reporta el IPCC en última evaluación en base a la revisión de los estudios ascendentes (top-down) y descendentes (bottom-up) disponibles sobre el potencial económico de mitigación.



## 1.5 El desafío de estabilizar el sistema climático global

El avance en la comprensión científica del sistema climático global se ve reflejado en una creciente convergencia política, entre los países del G-8 y principalmente en la Unión Europea, sobre el imperativo de tomar acción para limitar el cambio en la temperatura media global a un máximo de 2.0 - 2.4 C. Establecer esta meta como tendencia central a lograr mediante un esfuerzo multilateral para mitigar el cambio climático tiene el propósito de minimizar el riesgo de sufrir los impactos más severos y/o catastróficos. Esta voluntad política fue manifestada claramente por el Reino Unido (administración Blair), a partir de la cumbre G-8 de Gleneagles en 2005; y también por Alemania (administración Merkel), cuyos liderazgos contribuyeron a consolidar la ya oficial posición de la Unión Europea<sup>61</sup>. La postura proactiva de la Unión Europea en el escenario multilateral se evidencia en hechos concretos: a) ha implementado un Sistema Europeo de Emisiones Transables (EUETS); b) ha invertido activamente en proyectos de reducción de emisiones en países en vías de desarrollo; y c) ha declarado la meta de reducir al menos 20% sus emisiones (relativa al nivel de 1990) para el año 2020 y 50% para el año 2050. Estos son los compromisos políticos que marcan la meta de largo plazo para el régimen internacional en el período Post-Kyoto.

Limitar la magnitud del cambio esperado en la temperatura media global a 2.0-2.4 C implica un esfuerzo global de reducción de emisiones para estabilizar la concentración de CO<sub>2</sub> equivalente en la atmósfera en el rango de 450-500 ppm. El consenso actual sobre la magnitud del esfuerzo requerido para lograr esta estabilización (450-500 ppm, 2.0-2.4 C) es que ello implica reducir 50-60% de las emisiones globales para el año 2050 respecto al nivel de emisiones del año base 1990<sup>62</sup> <sup>63</sup>. Para lograrlo las emisiones globales deben alcanzar su punto máximo en los próximos 10-15 años y comenzar a disminuir a partir de entonces. Los países más industrializados como grupo tendrían que lograr reducciones de 60-80% para el 2050. La Unión Europea ya ha adoptado oficialmente metas interinas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero al 2020 de 20% de sus emisiones, y de al menos 50% para el año 2050 consistentes con esta meta.

Lograr la estabilización implica reducir las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> a niveles que igualen la capacidad natural de absorción de la biosfera y océanos. El siguiente Gráfico 8 ilustra los intervalos de confianza del aumento de temperatura esperado para distintos escenarios de estabilización de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. Puede verse que una tendencia central de 2-3 C de aumento de temperatura media global corresponde a un escenario de estabilización entre 450-550 ppm CO<sub>2</sub>e.

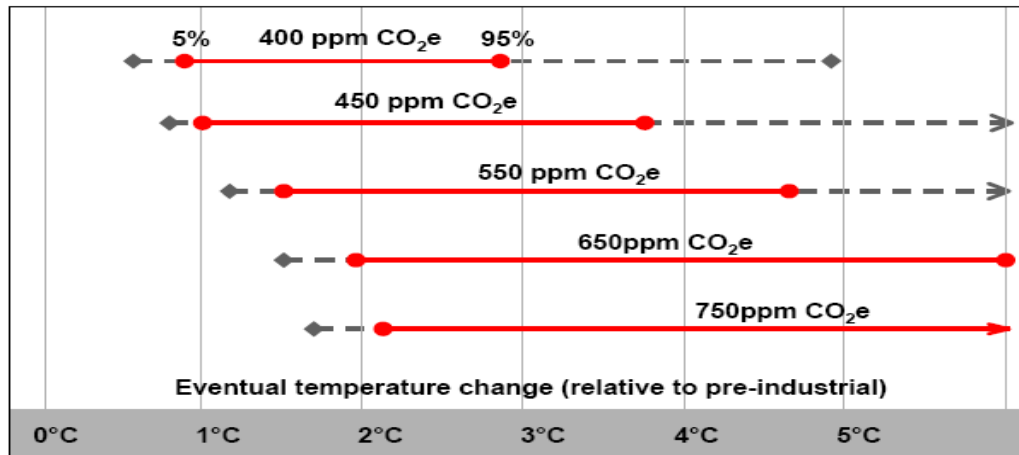
---

<sup>61</sup> La Unión Europea ha anunciado oficialmente su compromiso de lograr una reducción de al menos 20% de sus emisiones para el año 2020, y 50% para el año 2050, en relación a los niveles de emisión de 1990 (año base o de referencia en la Convención UNFCCC).

<sup>62</sup> IPCC AR4 (2007), WG III. En su última evaluación el IPCC ha revisado hacia arriba los parámetros de "sensibilidad climática" que determinan el grado de aumento de la temperatura media global en función de la concentración de estabilización de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

<sup>63</sup> Estos resultados se consideran robustos ya que una variedad de estudios independientes utilizando distintos modelos convergen en estos rangos estimados. Ver IPCC (2007, AR4 WG III, resumen ejecutivo)

**GRÁFICO 8**  
**RANGOS DE AUMENTO DE TEMPERATURA ESPERADOS PARA**  
**DISTINTAS CONCENTRACIONES DE CO<sub>2</sub>**



Fuente: Stern Review (2007) con base en IPCC.

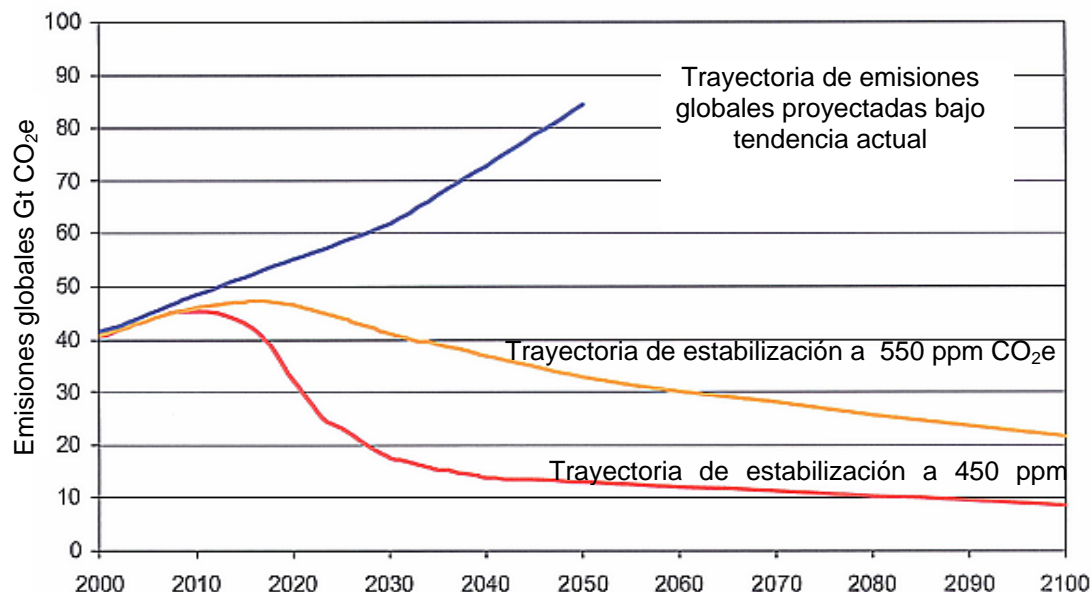
El Gráfico 9 ilustra las trayectorias que deben seguir las emisiones globales de gases de efecto invernadero para lograr la meta de estabilización en el rango de 450-550ppm CO<sub>2</sub>e. La trayectoria en azul, es el escenario de referencia sin intervención (*business as usual*) y las trayectorias roja y amarilla marcan las trayectorias de estabilización a 450 y 550ppm respectivamente.

Estabilizar la concentración de CO<sub>2</sub>e a niveles bajo 450ppm (línea roja) requeriría que las emisiones globales alcanzaran su máximo punto en el año 2010 y decrecieran a tasas entre el 6-10% anual de allí en adelante. Al 2050 las emisiones debieran estar 70% por debajo de su nivel actual. Dadas las tendencias actuales y la lentitud en el logro de un consenso multilateral para tomar acciones esta trayectoria (450 ppm) está prácticamente fuera de nuestras posibilidades económicas y políticas actuales, como comunidad global de naciones.

En caso de alcanzar el máximo punto en las emisiones globales en el 2020, una estabilización a niveles bajo 550ppm es posible con reducciones de entre 1-2.5% anuales a partir de esa fecha. Esta trayectoria pareciera viable dada la inercia de las tendencias actuales de la economía global. Sin embargo implica un esfuerzo considerable, ya que sería necesario revertir en los próximos 10-15 años la tendencia histórica en el crecimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero. Acomodando además en dicho esfuerzo el crecimiento económico y de consumo energético per cápita proyectado para los países en vías de desarrollo en los próximos 40 años<sup>64</sup>.

<sup>64</sup> Un desafío no menor, ya que en el escenario de referencia 2004-2030 (*business as usual*) proyectado por de la Agencia Internacional de Energía (IEA, WEO 2006) los países en vías de desarrollo serán responsables por 70% del aumento de la demanda de energía primaria global, y 75% del aumento proyectado en las emisiones globales de CO<sub>2</sub>. China sola es responsable por 39% del aumento proyectado en las emisiones globales. Como grupo los países en vías de desarrollo sobrepasarían a la OCDE como mayor emisor en el 2012, y al 2030 estarían emitiendo el 52% de las emisiones globales, desde un 39% en el 2004.

**GRÁFICO 9**  
**TRAYECTORIAS PARA LOGRAR LA ESTABILIZACIÓN 450-550 PPM CO<sub>2</sub>E**



Fuente: Stern Review (2007) con base en IPCC.

El siguiente Cuadro 2 muestra los resultados de simulaciones recientes<sup>65</sup> Meinshausen, M. (2006) de trayectorias de estabilización a 450, 500 y 550 ppm, y lo que ellas implican respecto al año en que las emisiones globales debieran alcanzar su máximo, y las tasas de reducción anual de emisiones requeridas de allí en adelante. Por cada demora de 10 años en alcanzar el máximo pico de emisiones, prácticamente se duplica la tasa de reducción anual requerida para la estabilización.

**CUADRO 2**  
**AÑO DEL MÁXIMO DE EMISIONES GLOBALES Y TASAS DE REDUCCIÓN REQUERIDAS PARA LA ESTABILIZACIÓN**  
(Porcentajes)

Nivel de estabilización (CO <sub>2</sub> e)	Año del máximo de emisiones globales	Tasa de reducción de las emisiones globales (% anual)	Porcentaje de reducción al 2050 (respecto a niveles del 2005)
450 ppm	2010	7,0	70
500 ppm	2010	3,0	50
	2020	4,0-6,0	60-70
550 ppm	2015	1,0	25
	2020	1,5-2,5	25-30
	2030	2,5-4,0	25-30
	2040	3,0-4,5	5-25

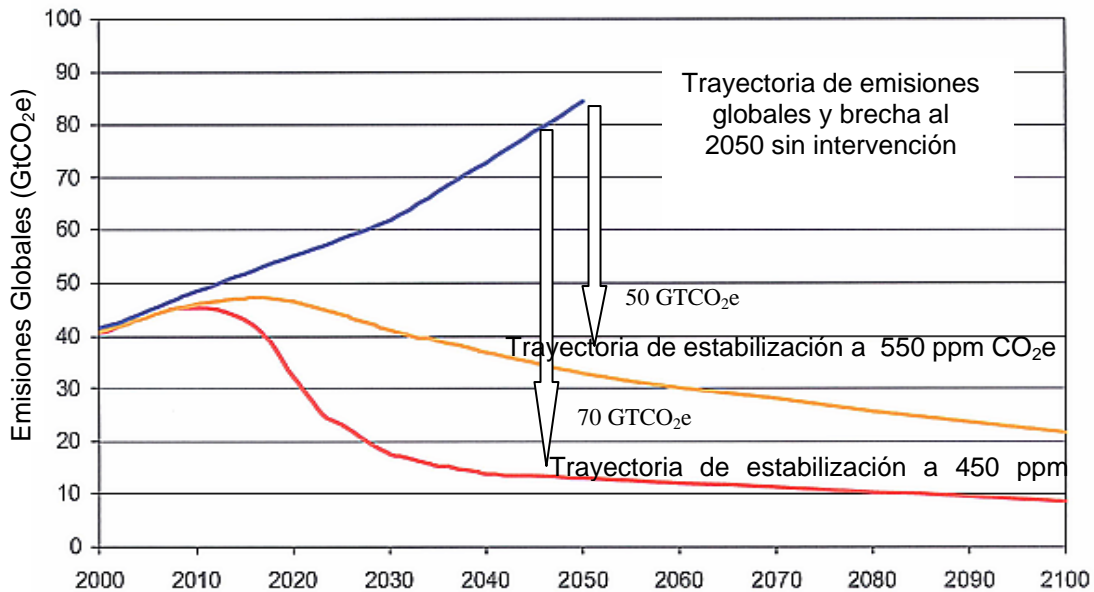
Fuente: Meinshausen, M. et al (2006), Stern Review (2007).

Sin embargo, la ventana de oportunidad que permitiría estabilizar el clima dentro del rango prudente (450 – 550ppm CO<sub>2</sub>e) requiere iniciar el esfuerzo de mitigación global lo antes posible durante los próximos 10-15 años a lo sumo, ya que los costos de intervenir la trayectoria

<sup>65</sup> Meinshausen M. et al: "Multi-gas emission pathways to meet climate targets". Climatic Change, 75:151-194. Resultados generados mediante simulaciones utilizando el modelo SiMCaP EQW y promediadas bajo múltiples escenarios, citados en Stern Review (2007), Capítulo 8, p. 227.

actual se incrementan rápidamente mientras más tarde se comience a reducir las emisiones. El Gráfico 10 a continuación, muestra cómo a medida que corre el tiempo en las próximas cuatro décadas 2010 – 2050, la magnitud de la brecha entre la trayectoria del escenario tendencial actual y las trayectorias de estabilización, se ensancha a magnitudes que harían mucho más costosa la reducción de emisiones necesaria. Bajo un escenario donde: a) la comunidad global no logra coordinar acciones para reducir las emisiones globales dentro de los próximos 40 años, o b) logra coordinarse pero demora el inicio del esfuerzo de mitigación más allá del 2030-2040; muy probablemente al 2050 las emisiones globales pudieran aproximarse a casi el doble del nivel actual. En ese caso la magnitud de la reducción de emisiones necesaria para lograr la estabilización (50-65 GtCO<sub>2</sub>e) se haría mucho más costosa y difícil en su viabilidad. La ventana de oportunidad que existe en las próximas dos décadas 2010-2030, se habría cerrado.

**GRÁFICO 10**  
**BRECHA ENTRE ESCENARIO REFERENCIA Y TRAYECTORIAS DE ESTABILIZACIÓN (450-550 PPM)**



Fuente: Stern Review (2007) con base en IPCC.

El mensaje central de los análisis recientes puede resumirse en los siguientes puntos claves:

- El costo de no actuar y continuar en la trayectoria del escenario tendencial (business as usual), se estima como varias veces superior al costo del esfuerzo global de mitigación que requiere una trayectoria de estabilización a 550ppm CO<sub>2</sub>e (estimado en aprox. 1% del PIB global al 2050; vs. pérdidas permanentes equivalentes a 5-20% del PIB per cápita actual)
- El costo de lograr la estabilización se eleva significativamente mientras más tiempo se permanezca en la trayectoria actual y más tarde se inicie el esfuerzo global de reducción de emisiones. Los próximos 20 años (2010-2030) constituyen una ventana de oportunidad crítica para lograr la estabilización del sistema climático global dentro de un rango prudente.
- Por tanto el estado actual de conocimiento indica que, desde una perspectiva costo/beneficio, iniciar un esfuerzo global de mitigación del cambio climático y hacerlo lo antes posible, es la política que hace buen sentido económico.

Durante los últimos dos años ha ocurrido una notable convergencia científica y de la opinión pública mundial alrededor de estos puntos y del imperativo de tomar acción urgente para evitar los impactos catastróficos del cambio climático durante el presente siglo. Esta convergencia a su vez ha encontrado expresión en la consolidación de una postura política, liderada por la Unión Europea y algunos de los países del G-8 en particular (Reino Unido, Alemania y Japón), de moverse hacia compromisos de reducciones de sus emisiones para el año 2050 de por lo menos 50% con respecto a los niveles de 1990 como año base. La definición de dicha meta como una especie de “ancla” hacia donde debe orientarse la construcción del régimen internacional para combatir el cambio climático a partir de ahora, cobra cada día mayor peso en el escenario internacional como se verá a continuación en el Capítulo 2.

## **2. Evolución del régimen internacional sobre cambio climático 1992 - 2007**

### **2.1 La convención marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático y cómo llegamos a Bali**

La respuesta política internacional al cambio climático se inició en 1992 con la adopción de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC por sus siglas en inglés). Esta convención establece un marco para la acción cuyo objetivo es la estabilización de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. La Convención se basa en los siguientes principios:

- Las Partes (o países que conforman la UNFCCC) deben proteger el sistema climático para el beneficio de las generaciones presentes y futuras, en base a la equidad y al “Principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas”, visto anteriormente.
- Las Partes deben tomar medidas precautorias para anticipar, prevenir o minimizar los efectos del cambio climático, en función del “Principio precautorio”. Según este la falta de certeza científica absoluta no debe ser razón para posponer medidas con objeto de mitigar o evitar daños serios o irreversibles al sistema climático global.
- Las necesidades específicas y circunstancias especiales de los países en desarrollo, especialmente de aquellos más vulnerables a los efectos adversos del cambio climático, deben ser tomadas en especial consideración.
- Las Partes deben cooperar en la promoción de un sistema económico internacional que contribuya al crecimiento económico sostenible y el desarrollo de todas las partes. Las medidas para combatir el cambio climático no deben constituir un medio para la discriminación o la restricción del comercio internacional.

Las Partes de la Convención se agrupan en dos grupos de países, Anexo I y no-Anexo I. Las Partes incluidas en el Anexo I son los países industrializados miembros de la Organización de

Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) en 1992, junto con la Federación Rusa, los Estados Bálticos y varios Estados de Europa central y oriental (países con economías en transición, PET). Una medida que afecta solamente a las Partes Anexo I es la de adoptar políticas para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero a los niveles de 1990 no más allá del año 2000.

Dentro del grupo de países Anexo I, la Convención distingue entre los países con economías en transición (PET), a los que acuerda mayor flexibilidad en vista de la transición económica y política que enfrentaban a inicios de los '90, y el conjunto de países industrializados OECD, que conforman un subgrupo listado como Anexo II. La Convención establece que este último subgrupo de países, en línea con su mayor contribución cumulativa de emisiones, debe asumir el liderazgo del esfuerzo de reducción y contribuir recursos financieros y transferencia de tecnología a los países en vías de desarrollo y en transición para lograr los objetivos de la Convención. Las Partes en el grupo no-anexo I son en su mayoría países en vías de desarrollo.

Todas las Partes (anexo I y no-anexo I) asumen el compromiso general de preparar y reportar periódicamente al Secretariado de la Convención una Comunicación Nacional consistente de: a) el inventario de sus emisiones de gases de efecto invernadero; b) las medidas que han adoptado para aplicar la Convención; y c) sus programas nacionales con las medidas de mitigación de emisiones, gestión sostenible de “sumideros de carbono<sup>66</sup>”, sus planes de adaptación, de desarrollo y transferencia de tecnologías limpias, y educación y sensibilización pública al cambio climático.

La UNFCCC entró en vigencia el 21 de marzo de 1994 y actualmente tiene 188 estados parte. Desde entonces y hasta la fecha, bajo el marco de la Convención UNFCCC se ha ido construyendo progresivamente el régimen internacional para combatir el cambio climático.

El siguiente cuadro 3 ilustra la construcción progresiva de este régimen a través de las sucesivas rondas de negociación durante el período 1995 hasta el presente.

**CUADRO 3**  
**PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL RÉGIMEN INTERNACIONAL**  
**SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO**

	Rondas de negociación realizadas – UNFCCC <sup>a</sup>
Mandato de Berlín (CoP1 <sup>b</sup> - 1995)	La primera reunión de la Conferencia de las Partes estableció el Grupo Ad Hoc del Mandato de Berlín, iniciando la negociación de un acuerdo para combatir el cambio climático.
Protocolo de Kyoto (CoP 3 - 1997)	En 1997 la CoP-3 en Kyoto, Japón, se acordó un Protocolo que compromete a los países desarrollados y economías en transición (Partes del Anexo I) a reducir su emisión total de seis gases de efecto invernadero al menos un 5,2% en relación al año base de 1990, durante el período de compromiso 2008-2012 (la reducción específica varía de país en país).
Plan de Acción de Buenos Aires (BAPA) (CoP 4 - 1998)	En 1998 la CoP-4 en Buenos Aires, Argentina, acordó el Plan de Acción de Buenos Aires (BAPA), que establece la CoP-6 como plazo final para alcanzar un acuerdo sobre los detalles operativos del Protocolo de Kyoto y el fortalecimiento de la UNFCCC.

<sup>a</sup> Fuente UNFCCC- Informes de Conferencia de las Partes sobre sus Períodos de Sesiones; y- Medidas adoptadas por la conferencia de las partes en sus períodos de sesiones; disponibles para cada una de las CoPs 1-13 (1995-2007) en el sitio oficial [http://unfccc.int/portal\\_espanol/documentation/items/3335.php](http://unfccc.int/portal_espanol/documentation/items/3335.php)

<sup>b</sup> La CoP es el órgano supremo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio Climático. Tiene como objetivo principal la promoción y revisión de la implementación de la convención.

<sup>66</sup> Todos aquellos ecosistemas con capacidad para contribuir una absorción neta de carbono a través de la fijación de CO2 atmosférico en biomasa (bosques en crecimiento, reforestación, forestación, etc.) ,en suelos ( a través de mejora de prácticas agrícolas y manejo del suelo) etc.

**CUADRO 3 (CONTINUACIÓN)**

La Haya (CoP 6 Parte I - 2000)	En 2000 la CoP-6 en La Haya, Holanda, las partes se reúnen para negociar puntos del Protocolo de Kyoto, entre ellos los mecanismos de flexibilidad y la inclusión de los sumideros de carbono. Existiendo tres posiciones: Un grupo de países latinoamericanos por la inclusión de sumideros en el MDL. La Unión Europea por límites para la reducción de emisiones por sumideros y su exclusión del MDL. Estados Unidos por la inclusión irrestricta de sumideros. La CoP de La Haya se suspendió sin acuerdo para reiniciarse en julio del 2001 en Bonn.
Bonn (CoP 6 Parte II -2001)	En Bonn se logró el reflotamiento del proceso de Kyoto, tras el retiro de los Estados Unidos por decisión del nuevo gobierno; y la creación de tres fondos: El “Least Developed Countries Fund”, para financiar los planes nacionales de acción para la adaptación al cambio climático (NAPAs). El “Special Climate Change Fund”, para financiar actividades de adaptación y transferencia de tecnología en países vulnerables. El “Adaptation Fund”, creado para financiar actividades de adaptación en países en desarrollo a partir del 2% de los beneficios del MDL.
Los acuerdos de Marrakech (CoP 7 - 2001)	La CoP de Marrakech finaliza la arquitectura del Protocolo y su funcionamiento hasta el final del primer período de compromiso. Se logra acuerdo sobre el tratamiento de sumideros de carbono (reforestación, aforestación, cambio de uso del suelo <sup>c</sup> ).
Nueva Delhi (CoP 8 - 2002)	En la CoP-8 se adoptan las reglas y procedimientos del MDL; Modalidades y Procedimientos Simplificados para proyectos de pequeña escala en este mecanismo. La Declaración de Delhi sobre Cambio Climático y Desarrollo Sostenible reafirma el desarrollo y la erradicación de la pobreza como las prioridades superiores en los países en desarrollo y el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas entre las Partes.
Milán (CoP 9 – 2003)	En la CoP – 9 se reconoce la puesta en operación del MDL y se anuncian los primeros proyectos registrados para el próximo año. Se finalizan las reglas para proyectos MDL de reforestación y aforestación. Se enfatizan las Comunicaciones Nacionales como instrumento para integrar las políticas y programas sobre cambio climático en la planificación del desarrollo.
Buenos Aires (CoP 10 – 2004)	La Cop-10 anuncia la entrada en vigor del Protocolo de Kyoto en Febrero 2005. Se completan todos los detalles operativos, de registro y certificación del MDL, creando en efecto un nuevo “commodity” en el mercado internacional, el CER o “bono de carbono”.
Montreal (CoP 11 – 2005)	Inicia la discusión sobre acciones futuras y nuevos compromisos de reducción de emisiones post-2012 (long term cooperative action on climate change). Se logran más de 40 decisiones: régimen de verificación de cumplimiento, adopción de las reglas finales del MDL, lanzamiento del segundo mecanismo Implementación Conjunta (JI), y avance de trabajos sobre adaptación, transferencia de tecnología, y tecnología de captura y secuestro de CO <sub>2</sub> (carbon capture and storage CCS)
Nairobi (CoP 12 – 2006)	Iniciativa para fortalecer la capacidad de los países de participar en el MDL. Varios líderes europeos enfatizan los últimos avances científicos indicando que estabilizar el clima implicará reducciones profundas (50-60%) de emisiones en los países industrializados para el 2050.
Bali (CoP 13 – 2007)	187 países reunidos en Bali acuerdan el inicio de negociaciones hacia un nuevo acuerdo internacional sobre cambio climático para suceder al Protocolo de Kyoto (expira el 2012). Incluida una agenda (“hoja de ruta”) de temas a ser negociados y fijando el 2009 como fecha para finalizar el acuerdo. Este logro es clave para asegurar la continuidad y fortalecimiento del régimen internacional sobre cambio climático.

<sup>c</sup> Conocidas como actividades LULUCF en la jerga del Protocolo (Land Use, Land Use Change, and Forestry).



## 2.2 El Protocolo de Kyoto

Dentro del marco multilateral de la Convención UNFCCC, el Protocolo de Kyoto representa el primer compromiso formal para tomar acciones tendientes a estabilizar el clima global. El Protocolo nace producto de las intensas negociaciones que culminaron en la tercera Conferencia de las Partes (CoP-3) en Kyoto, Japón, en diciembre de 1997. En la CoP-3 los delegados acordaron un Protocolo que compromete a los países desarrollados y en transición (Europa Oriental y repúblicas ex soviéticas) a alcanzar metas cuantificadas de reducción de emisiones. Estos países, conocidos como Partes del Anexo I en el lenguaje de la Convención, se comprometieron a reducir su emisión total anual de seis gases de efecto invernadero hasta al menos un 5,2%<sup>67</sup> por debajo de los niveles de emisión de 1990, con objetivos específicos que varían de país en país<sup>68</sup>. Dichas reducciones deben concretarse para el primer período de compromiso comprendido entre 2008-2012<sup>69</sup>. El Protocolo de Kyoto no establece ningún compromiso de reducción de emisiones para los países en vías de desarrollo, conocidos como países no-Anexo I en la nomenclatura del Protocolo. Las reglas detalladas que gobiernan la implementación del Protocolo de Kyoto, los “Acuerdos de Marrakech” fueron adoptadas durante la séptima Conferencia de las Partes (CoP-7) en la ciudad del mismo nombre en el 2001.

El Protocolo de Kyoto entró en vigencia el 16 de Febrero del 2005 tras la ratificación de Rusia<sup>70</sup>. Hasta la fecha 175 países y 1 organización de integración económica regional (La Unión Europea) han referido instrumentos de ratificación, adhesión, aprobación o aceptación; cubriendo en total 61.6% de las emisiones de las partes del Anexo-I<sup>71</sup>. La ratificación y entrada en vigencia del Protocolo había sido puesta en duda con el retiro en el año 2001 de los Estados Unidos, país responsable por un 44.2% de las emisiones globales. Sin embargo el liderazgo asumido por la Unión Europea, Japón y otros países fue clave para mantener vivo y continuar el proceso de Kyoto en la Conferencia de las Partes que tuvo lugar en Bonn ese mismo año, a pesar del retiro de los Estados Unidos.

El Protocolo de Kyoto se considera como un importante primer paso en la construcción de un régimen global de reducción de emisiones para estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero a niveles que impidan cambios climáticos peligrosos. Como resultado del Protocolo los gobiernos han puesto en marcha, y continúan estableciendo, legislación y políticas para cumplir sus compromisos; se ha creado un mercado internacional de carbono; y cada vez mayor número de empresas está alineando sus decisiones de inversión con la prerrogativa de un futuro inminente de protección del clima.

---

<sup>67</sup> En virtud del artículo 3.1 del Protocolo de Kyoto, las Partes en el Anexo I de la convención UNFCCC han acordado limitar sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) entre 2008 y 2012. El porcentaje específico de reducción negociado varía entre 5-8% relativo al nivel de sus emisiones para 1990 en los países listados en el Anexo B del Protocolo de Kyoto.

<sup>68</sup> El nivel de compromiso de estos países se refleja en el Anexo B del Protocolo de Kyoto (PK) en forma de porcentajes respecto al año base de 1990.

<sup>69</sup> Para dar idea del esfuerzo que esto significa, para 1997 el período de expansión económica de los Estados Unidos durante los 90s ya había hecho crecer sus emisiones 10% sobre el nivel de 1990. Y se estima que de continuar su trayectoria actual de emisiones Estados Unidos estaría emitiendo en 2008-2012 alrededor de 23% más emisiones por año que en 1990. De forma que las políticas que debería implementar Estados Unidos para cumplir con la meta de Kyoto deberían ser capaces de revertir y controlar dicha tendencia lo que puede implicar costos significativos, particularmente mientras más tarde se comience. Otros grupos de países con compromisos, como la Unión Europea y Japón, enfrentan escenarios de crecimiento más modestos. Sin embargo la alta eficiencia energética que han alcanzado estas economías y su stock de capital tecnológicamente avanzado implica que los costos incrementales de controlar aún aumentos modestos en sus trayectorias de emisiones totales puede presentar un serio desafío.

<sup>70</sup> Para entrar en vigencia el Protocolo exigía que al menos 55 países partes, incluyendo países Anexo-I responsables por al menos 55% de las emisiones totales para el año base 1990, hubiesen remitido instrumentos de ratificación, adhesión, aprobación o aceptación.

<sup>71</sup> Última modificación al 23 de octubre del 2007, para información actualizada consultar [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/background/status\\_of\\_ratification/items/2613.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/background/status_of_ratification/items/2613.php)

Según el Secretariado de la UNFCCC: “El Protocolo ha servido para poner en marcha la arquitectura de un conjunto nuevo de acuerdos internacionales sobre cambio climático. Para el momento de su expiración en el 2012, un nuevo marco de acuerdo deberá estar negociado y ratificado para continuar el proceso de lograr las ambiciosas reducciones de emisiones que el IPCC indica son necesarias para estabilizar el clima<sup>72</sup>”. La definición de una “hoja de ruta” o agenda de negociación para construir este acuerdo Post-Kyoto durante los próximos dos años 2008-2009, fue uno de los resultados más importantes de la última Conferencia de las Partes (COP-13), realizada en diciembre 2007 en Bali, Indonesia.

El Secretariado de la Convención UNFCCC ha publicado estadísticas sobre la evolución de las emisiones de los países Anexo I entre el año base 1990 y el 2005, con información de las comunicaciones nacionales. Como grupo los países del Anexo I en el 2005 estarían emitiendo -2.8% menos emisiones que en el año base 1990 y por tanto pudiera esperarse que en agregado se cumpla la meta del protocolo (aprox. -5% de reducción respecto a 1990 para el período 2008-2012).

Sin embargo, este resultado no es tan alentador como parece porque la trayectoria agregada del Anexo I (OECD y economías en transición) es producto del comportamiento atípico de las emisiones de los países con economías en transición (EIT por sus siglas en inglés) que colapsaron durante la década pasada. Las emisiones de este grupo cayeron sostenidamente hasta un -38% por debajo de los niveles de 1990 en el año 2000, producto del colapso de sus economías tras el proceso de reestructuración política y económica sufrido durante ese período. Las emisiones de este grupo de países han comenzado a recuperarse a partir de entonces pero siguen estando -35% por debajo de su nivel en el año base 1990. En contraparte las emisiones de los países industrializados (OECD) del Anexo I crecieron un 11% por encima de su nivel en 1990, siguiendo el repunte de su crecimiento económico<sup>73</sup>. Esto refleja el hecho de que aún los países más industrializados, a pesar de sus logros en reducir su intensidad energética e intensidad de emisiones, todavía hoy exhiben un crecimiento continuado de las emisiones y no han logrado desacoplar el crecimiento de sus emisiones del crecimiento de sus economías.

Es preciso tener presente que la magnitud de reducción de emisiones comprometida en Kyoto, constituye apenas un abre-boca del esfuerzo mucho más ambicioso que es necesario realizar a en las próximas décadas (período Post-Kyoto) para lograr estabilizar el clima global en los niveles de 450-550 ppm CO<sub>2</sub>e, como se vio en secciones anteriores.

## 2.3 Estimaciones del costo económico de cumplir con el Protocolo de Kyoto

Según publicaciones de la Agencia Internacional de Energía (IEA) el compromiso de los países de la OCDE de cumplir con la meta de reducción de Kyoto implica reducciones anuales de sus emisiones de carbono (CO<sub>2</sub>) del orden de 517 MtC (millones de toneladas de carbono equivalente)<sup>74</sup>, repartidas en 221 MtC para América del Norte, 213 MtC para Europa y 83 MtC para Japón (Baron, 1999. IEA). Otros estudios realizados tras la firma del Protocolo entre 1998 y 1999 ubicaban la reducción anual necesaria en el orden de 650 MtC-equivalentes para el conjunto de todos los gases de efecto invernadero (Reilly et al. 1999 en Edmonds et al. 1999) en los países de la OCDE. La mayoría de las estimaciones disponibles entonces estimaban entre

<sup>72</sup> Traducción de cita textual del sitio web del Secretariado de la Convención UNFCCC [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php)

<sup>73</sup> Las emisiones de los Estados Unidos, que optó por quedar fuera del Protocolo, crecieron además que el Anexo I del Protocolo de Kyoto representa sólo el 55% del total de emisiones de gases de efecto invernadero globales.

<sup>74</sup> Las unidades Toneladas de Carbono equivalentes se utilizan para normalizar la cantidad de cualquier gas de efecto invernadero (ej. metano, CFC etc..) cuya contribución al efecto invernadero es equivalente a una tonelada de CO<sub>2</sub>.

600 MtC y 1,300 MtC, el rango de la reducción total requerida para que los países industrializados y economías en transición del Anexo I cumplan con la meta de Kyoto.

Estas estimaciones están sujetas a un amplio rango de supuestos entre los que se encuentran proyecciones de crecimiento económico y su composición, cambio demográfico, la trayectoria esperada de innovación tecnológica y su difusión, la tasa anual de mejora en la eficiencia energética, entre otros supuestos.

Por ejemplo en los escenarios menos optimistas (“*business as usual*”), donde la trayectoria de emisiones de los países OCDE continúa su tendencia actual hasta el período de compromiso 2008-2012, la Agencia Internacional de Energía (IEA) estima que cumplir con la meta de Kyoto al 2010 implicaría reducir las emisiones proyectadas al 2010 en 27%, o 1,036 MtC. Dependiendo del tipo de escenario construido a partir de este conjunto de supuestos, el rango de estimaciones sobre el monto total de reducción de emisiones necesarias para que el grupo de países Anexo I logre cumplir con la meta de Kyoto puede variar de un extremo a otro del rango.

La OCDE ha estimado el costo económico de cumplir con la meta de reducción de Kyoto dentro del rango de 0.25-0.85% del PIB de sus países miembros en el año 2010 (OECD, 1999). El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2001) resume nueve estudios globales que sugieren los siguientes impactos económicos para el grupo de países del Anexo I, incluidos todos los países industrializados de la OCDE: “En ausencia de comercio de emisiones entre países Anexo I, la mayoría de los estudios globales muestran reducciones en el PIB proyectado de entre 0.2% a 2% para el 2010 para las distintas regiones Anexo I. En presencia de libre comercio de emisiones entre países Anexo I, la reducción estimada del costo para el 2010 es de 0.1% a 1% del PIB proyectados” (IPCC, 2001).

De haberse iniciado inmediatamente en 1999, el logro de la reducción de emisiones comprometida en Kyoto implicaría un impuesto al carbono (*carbon tax*) equivalente de entre \$100-\$200/Ton. en los países del Anexo I (Repetto, 2000). Este rango representa una buena medida de lo que pudiera considerarse como el precio del carbono (formalmente el costo marginal por tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente de emisiones reducidas) bajo un escenario donde los países de la OCDE y otros industrializados efectúan reducciones de sus emisiones domésticas para cumplir con la meta de Kyoto<sup>75</sup>, en ausencia de mecanismos de flexibilidad.

## 2.4 El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)

Es precisamente con el objeto de introducir grados de flexibilidad que permitan atenuar el costo total para los países de lograr la meta de reducción de emisiones del Protocolo de Kyoto que dentro del mismo se incluyeron los llamados mecanismos de flexibilidad<sup>76</sup>. Según análisis basados

---

<sup>75</sup> Es preciso tener presente que cualquier estimación del costo económico de cumplir con la meta de Kyoto dependerá íntimamente de una serie de supuestos, entre los más importantes se encuentran:

- El nivel de la meta de reducción de emisiones y el año de su inicio.
- Supuestos relativos al grado de utilización de los mecanismos de flexibilidad (ej. Comercio de Emisiones entre países Anexo B; Mecanismo de Desarrollo Limpio entre países Anexo B y no-Anexo B; e Implementación Conjunta).
- Supuestos sobre cambio demográfico, tasa y estructura de crecimiento económico proyectado, innovación tecnológica, disponibilidad de opciones energéticas de bajo costo, flexibilidad de inversiones de capital, distorsiones fiscales presentes en el escenario base, entre otras. (IPCC 2001).

<sup>76</sup> Un postulado clásico en teoría de regulación es que el costo total de cumplir con una determinada meta (en este caso el monto global de reducción de emisiones comprometidas en el Protocolo de Kyoto) será menor en la medida en que se le permita flexibilidad a los agentes regulados (países Anexo I) de lograr dicha meta efectuando reducciones no-uniformes entre agentes hasta igualar los costos marginales de reducción entre todos los agentes. Esto se logra permitiendo que los agentes transen en el mercado los excedentes y los déficits acumulados en cada caso para cumplir con los compromisos individuales. Esta es la noción genérica detrás de un sistema de permisos transables y de los mecanismos de flexibilidad mencionados.

en modelaje<sup>77</sup>, utilizando los mecanismos de flexibilidad el costo de cumplir con la meta de Kyoto, pudiera reducirse a menos de la mitad en comparación con la opción de lograr dicha meta sin la posibilidad de transar reducción de emisiones internacionalmente.

El Protocolo estableció tres mecanismos flexibles para reducir los costos de mitigar las emisiones de gases invernadero. Estos mecanismos permiten que las reducciones ocurran en aquellas naciones donde el costo marginal de reducción por tonelada de emisiones abatidas sea menor:

- El Comercio de Emisiones (*Emissions Trading*) entre países industrializados del Anexo I, el cual consiste en la transferencia de derechos de emisión asociados a sus compromisos de reducción bajo el Protocolo de Kyoto. Los países Anexo I cuya reducción de emisiones haya sobrepasado el nivel comprometido por ellos en el Protocolo de Kyoto, pueden transar este excedente con otros países Anexo I que no hayan alcanzado sus cuotas de reducción bajo el mismo Protocolo. Las unidades transadas en este mecanismo se denominan: Assigned Amount Units (AAU's).
- El Mecanismo de Implementación Conjunta (*Joint Implementation*), basado en la transferencia de créditos de reducción de emisiones entre países industrializados del Anexo I. Es un mecanismo basado en proyectos, permitiendo acreditar unidades de reducción de emisiones a favor del país inversor en proyectos de reducción de gases de efecto invernadero en otro país Anexo I. Las unidades transadas en este mecanismo se denominan: Emission Reduction Units (ERU's).
- El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL, *Clean Development Mechanism*). Este mecanismo es el único que involucra transacciones entre países en vías de desarrollo y los países industrializados. El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) permite a los países industrializados (Anexo I) “comprar” reducciones certificadas de emisiones (RCEs o CERs) generadas por proyectos en países en vías de desarrollo (no-Anexo I) para cumplir parte de su compromiso total de reducción bajo el Protocolo de Kyoto. El Mecanismo de Desarrollo Limpio crea en efecto un mercado internacional de reducciones certificadas de emisiones (RCEs o CERs) donde la demanda la representa el grupo de países del Anexo I que necesitan complementar su esfuerzo de reducción comprando CERs, y la oferta es generada por proyectos de reducción de emisiones en países en desarrollo sin compromisos bajo el Protocolo (no-Anexo I). El MDL permite que proyectos en países en desarrollo, que tengan un componente de reducción de emisiones adicional a su línea base (*business as usual*), obtengan “Reducciones de Emisiones Certificadas” (RCEs o CERs por sus siglas en inglés) transables internacionalmente.

Los escenarios que asumen la libre utilización de los mecanismos de flexibilidad: el comercio de emisiones (transacciones entre países Anexo B), y el Mecanismo de Desarrollo Limpio (transacciones entre países en vías de desarrollo y países Anexo I), apuntan a reducciones de costo aún más importantes entre \$10-\$60/Ton por tonelada de emisión de CO<sub>2</sub> equivalente reducida. Un estimado conservador de las oportunidades de reducción de emisiones que estarían disponibles a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) en países en vías de desarrollo estarían en el orden de \$50/Ton de reducción o menos (Repetto, 2000.WRI).

La mayoría de los expertos ubican el rango de costo de estas oportunidades en países en vías de desarrollo entre \$10-\$60/Ton. El rango bajo, \$10-\$20/Ton o menos, viene representado por la opción de desarrollar proyectos para potenciar sumideros naturales de carbono asociados a proyectos de forestación, reforestación, reducción de deforestación, conservación y cambios

---

<sup>77</sup> Executive Office of the President (USA), July 1998; McCracken, Edmonds, Kim, and Sands, 1999).

de prácticas agrícolas, entre otras actividades<sup>78</sup>. Los proyectos de sumideros dentro del MDL son hasta ahora una oportunidad que aún hoy no se ha logrado capitalizar plenamente<sup>79</sup>. El rango alto, \$20-\$50/Ton de esta estimación, reflejaría proyectos de reducción de emisiones en el sector energético, industrial, transporte etc. y un escenario donde el proceso de certificación de las emisiones reducidas bajo proyectos MDL representa costos de transacción importantes<sup>80</sup>.

## 2.5 Desarrollo del mercado de proyectos MDL

El desarrollo que ha alcanzado el mercado MDL hasta la fecha es uno de los logros más importantes del Protocolo de Kyoto. Desde su inicio con la entrada en vigencia del Protocolo en febrero 2005 hasta junio 2008 se han iniciado más de 3,450 proyectos<sup>81</sup>, que representan una reducción estimada de más de 2,640 millardos de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente al 2012 (2,640 MtCO<sub>2</sub>e) según el Secretariado de la Convención UNFCCC y estimaciones a partir de la base de datos de proyectos MDL mantenida por UNEP-RISOE (*CDM Project Pipeline*).

Este volumen de reducción de emisiones equivale a 75% del total de emisiones que produjeron los países de la Unión Europea durante el 2005 (3,482 MtCO<sub>2</sub>e) y un 43% del total de emisiones que produjo Estados Unidos (6,082 MtCO<sub>2</sub>e) el mismo año que es el último para el cual el Secretariado de la UNFCCC ha publicado datos oficiales<sup>82</sup>.

El mercado MDL ha visto un rápido crecimiento en el volumen anual de transacciones en el durante los últimos tres años. Durante el 2006 se transaron en el mercado primario MDL 537 MtCO<sub>2</sub>e por un valor de USD 5,804 millones, lo cual arroja un precio promedio de USD 10.8 por tonelada de reducción de CO<sub>2</sub>e. Continuando así el crecimiento del 2005 donde se transaron 350 MtCO<sub>2</sub>e por un valor de USD 2,638 millones (precio promedio de USD 7.5 por tonelada de reducción de CO<sub>2</sub>e)<sup>83</sup>. En el 2007 se transaron en el mercado MDL primario 551 Mt CO<sub>2</sub>e por un valor de USD 7,426 millones, lo cual representa un aumento sobre 2006 de sólo 3% en volumen transado, pero de 28% en valor reflejando los mayores flujos de capital hacia los mercados de carbono. El precio promedio por tonelada en 2007 aumentó a USD 13.5 por tonelada de reducción.

---

<sup>78</sup> Los proyectos de sumideros de carbono entran en la categoría de actividades conocidas en la Convención UNFCCC como Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (LULUCF por sus siglas en inglés). Forestación y Reforestación son los únicos tipos de proyectos operando en el MDL dentro de la categoría actividades LULUCF.

<sup>79</sup> En general dentro del proceso del Protocolo de Kyoto, las negociaciones para hacer operativas las actividades LULUCF como proyectos MDL se han visto, entrabadas por posiciones divergentes y la falta de consenso. Este lento progreso es desafortunado para América Latina y el Caribe, región que posee una clara ventaja comparativa para desarrollar proyectos de forestación, reforestación, reducción de deforestación, conservación y cambios de uso del suelo. Todos los cuales potencian la capacidad de la región como sumidero (absorción) de carbono atmosférico.

<sup>80</sup> Los costos de transacción en un proyecto MDL se deben a las diversas verificaciones y requisitos exigidos durante las distintas etapas del ciclo de proyecto hasta lograr la certificación final de las reducciones (CERs) por la Junta Ejecutiva del MDL. Esta certificación es necesaria para comercializar los CERs al 100% de su valor en el mercado internacional. Para evitar tramitar directamente el proceso de certificación muchos desarrolladores de proyecto venden sus CERs a futuro (antes del proceso de certificación) en la forma de un ERPA (Emissions Reduction Purchase Agreement) lo cual implica un descuento importante en relación al valor de un CER. El comprador del ERPA asume el costo de tramitar el proceso de certificación.

<sup>81</sup> Las estadísticas oficiales del mercado MDL actualizadas se encuentran disponibles a través de: <http://cdm.unfccc.int/Statistics/index.html> y <http://cdmpipeline.org/> el CDM Project Pipeline base de datos de proyectos MDL mantenida por UNEP-RISOE.

<sup>82</sup> Estimación propia en base a datos del UNEP-RISO CDM Project Pipeline.

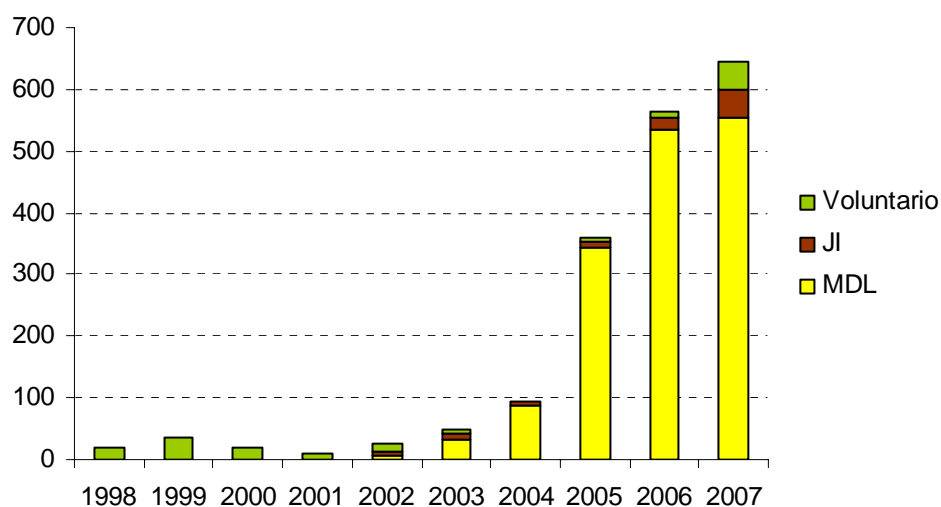
<sup>83</sup> Fuente: State and Trends of the Carbon Market 2007. World Bank –IETA 2007.

**CUADRO 4**  
**MERCADO PRIMARIO MDL: VOLÚMENES Y VALORES TRANSADOS 2005-2007**

	Volumen (MtCO <sub>2</sub> e)	Valor (Millones USD)	Crecimiento interanual (%)	Precio promedio (USD/ton CO <sub>2</sub> e)
2005	350	\$2 638		\$7,50
2006	537	\$5 804	120	\$10,80
2007	551	\$7 426	28	\$13,50
TOTAL	1 438	\$15 868		

Fuente: UNEP Risø Centre, CDM Pipeline. Actualización 1 mayo 2008.

**GRÁFICO 11**  
**VOLUMEN ANUAL (MT CO<sub>2</sub>E) DE TRANSACCIONES DE REDUCCIONES DE EMISIONES  
BASADAS EN PROYECTOS MDL, JI, VOLUNTARIOS Y OTROS**



Fuente: Capoor K., Ambrosi P. State and Trends of the Carbon Market 2008, WorldBank 2008

Los principales compradores en el mercado MDL han sido los países europeos, con dos tercios del total acumulado transado y Japón con 30%. Entre los primeros el Reino Unido es el principal comprador. Las compañías del sector privado de estos países son los principales compradores de CERs en el mercado MDL.

El Cuadro 5 muestra la distribución por región del número de proyectos MDL hasta la fecha, los CERs que generan anualmente (kCERs) y el total de CERs que se espera generen hasta el año 2012 (2012 kCERs). La participación de América Latina y el Caribe alcanza un 22,5% del número total de proyectos. Los proyectos MDL en América Latina generarían 15,5% del total de reducciones de emisiones esperadas para el 2012.

**CUADRO 5**  
**PROYECTOS MDL POR REGIÓN (NÚMERO DE PROYECTOS Y CERS GENERADOS)**

Regiones	Proyectos MDL		Emisiones reducidas 2012 kCERs	
	Nº	%	(miles Ton CO <sub>2</sub> e)	%
América Latina	689	20,7	389 605	15,1
Asia Pacífico	2 494	75,0	2 046 014	79,6
Europa y Asia Central	36	1,1	18 027	0,7
Africa Sub Sahariana	46	1,4	65 835	2,6
Africa del Norte y Medio Oriente	59	1,8	52 462	2,0
Total	3 324	100	2 571 944	100

Fuente: UNEP Risø Centre, CDM Pipeline. Actualización 1 mayo 2008.

Durante 2006-2007 cuatro países Brasil, México, India y China concentraron el 80% de los proyectos MDL. La mayoría de la oferta ha sido generada hasta ahora por un número menor de proyectos para la destrucción de gases industriales HFC y N<sub>2</sub>O que representan solo el 3% del número total de proyectos pero generan el 32% de la oferta de CERs esperada al 2012. Estos proyectos generan grandes volúmenes de CERs a un costo de inversión mínimo<sup>84</sup>. Estas oportunidades se han agotado rápidamente, sin embargo se espera que China siga siendo el mayor proveedor de CERs por el gran potencial que ofrece para proyectos de energía renovable, sustitución de combustibles, eficiencia energética, y destrucción de metano. El portafolio de proyectos MDL en Brasil y México se ha concentrado en energía renovable (biomasa) y rellenos sanitarios.

Durante 2007 China consolidó su posición como líder en la oferta mundial MDL supliendo 73% del volumen de CERs transados en el mercado; durante 2006 su participación fue 54% de volumen transado. Reflejando este liderazgo China ha cuadruplicado el número de proyectos MDL entre enero 2007 y marzo 2008, lo cual duplica también el volumen esperado de CERs que China estaría en capacidad de despachar hasta el 2012. Brasil e India siguen a China en volumen de CERs transados con una participación en la oferta mundial MDL de 6% cada uno, Africa sigue con 5% de la oferta<sup>85</sup>. Los compradores citan como ventajas de China las economías de escala en los proyectos y la disposición a cerrar ventas de CERs a futuro en un rango de precio entre € 8-11 por tonelada. En comparación con Brasil e India, donde los desarrolladores de proyectos se han mostrado menos inclinados a vender CERs a futuro (descontados por riesgo de entrega) y el foco es en transacciones por CERs ya registrados (sin riesgo) y por tanto con expectativas de precio más altas en el rango de €15-16.5 por tonelada<sup>86</sup>.

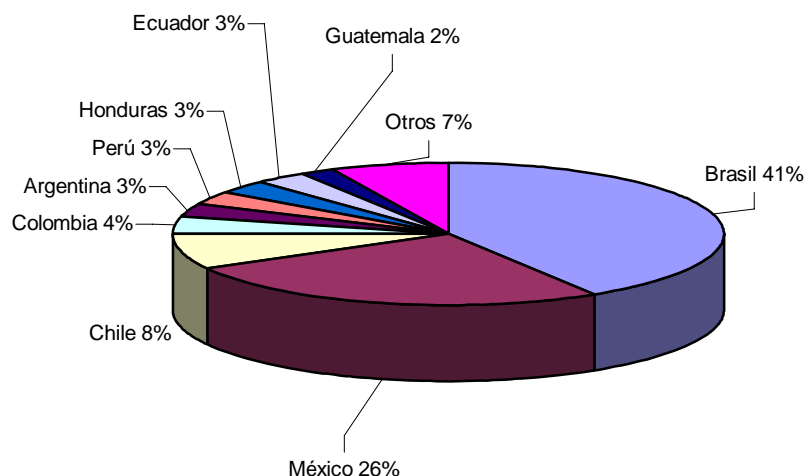
El Gráfico 12 muestra la distribución de proyectos MDL dentro de América Latina y el Caribe. Brasil es responsable por el 40% con un gran número de proyectos de generación a partir de biomasa, destrucción de metano en rellenos sanitarios, y renovables; seguido de México con 28% y Chile con 7%. La Figura 10 muestra la composición de la oferta de CERs de América Latina y el Caribe por tipo de proyecto MDL.

<sup>84</sup> Los proyectos de destrucción de HFC han sido hasta ahora los proyectos MDL más competitivos ya que generan una gran cantidad de CERs con una inversión mínima. Cada tonelada destruida de HFC equivale entre 500 (HFC-32) y hasta 12,000 toneladas de CO<sub>2</sub>e (HFC-23) debido a que el potencial de calentamiento de estos gases es varios órdenes de magnitud superior al del CO<sub>2</sub>. Estos proyectos han sido utilizados durante la fase de arranque del MDL como incentivo altamente rentable para proveer volumen inicial al mercado. Sin embargo su aporte en cuanto a movilización de inversión en tecnología limpia y otros objetivos que persigue el MDL es prácticamente nulo. Se espera que este tipo de proyecto quede fuera del mecanismo en sus próximas fases.

<sup>85</sup> Capoor K., Ambrosi P. State and Trends of the Carbon Market 2008, WorldBank 2008. pp. 19-26.

<sup>86</sup> Capoor K., Ambrosi P. State and Trends of the Carbon Market 2008, WorldBank 2008. pp. 26.

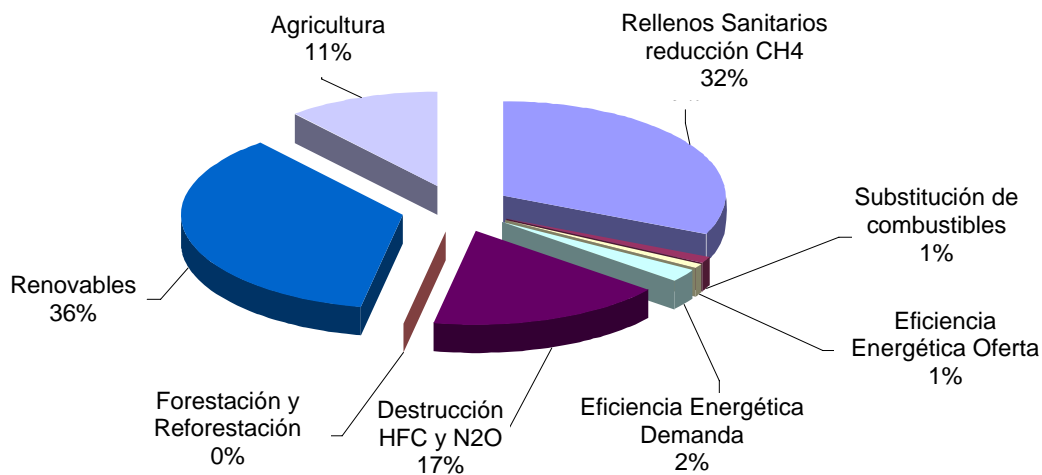
**GRÁFICO 12**  
**PARTICIPACIÓN POR PAÍS: NÚMERO DE PROYECTOS MDL EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE**



Fuente: UNEP Risoe CDM/JI Pipeline Analysis and Database, May 1st 2008.

A partir del 2006 los proyectos MDL de energía limpia (renovables, eficiencia energética y sustitución de combustibles) han registrado un gran crecimiento. Entre estos, la participación de los proyectos de eficiencia energética en plantas industriales y sustitución de combustibles saltó del 1% al 10% de la oferta total durante el 2006. Mientras que los proyectos de energías renovables crecieron 50% durante el 2006, estimulados por la decisión que tomó China de priorizarlos<sup>87</sup>. Los proyectos de energía renovable representan cerca del 60% del número total de proyectos MDL. Los proyectos de eficiencia energética a través del manejo de la demanda hasta ahora han sido frenados por desafíos metodológicos<sup>88</sup>.

**GRÁFICO 13**  
**COMPOSICIÓN POR TIPO DE PROYECTO: VOLUMEN DE CERS ESPERADOS AL 2012 EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE**



Fuente: UNEP Risoe CDM/JI Pipeline Analysis and Database, May 1st 2008.

<sup>87</sup> State and Trends of the Carbon Market 2007. World Bank – IETA. Pp 27-29. Los proyectos de captura y destrucción de metano en rellenos sanitarios han bajado su participación debido a que su desempeño en la generación de CERS ha estado por debajo de los volúmenes inicialmente esperados. Los proyectos de captura de metano en lechos y minas de carbón (para generar energía y/o calor), junto con los proyectos de sustitución de combustibles fósiles y/o cogeneración en la producción de cemento han mantenido una participación algo menor al 10%.

<sup>88</sup> Ibid. Por ejemplo la dificultad de demostrar “adicionalidad” cuando el ahorro energético es rentable en si mismo; o las dificultades de monitorear la magnitud de las ganancias de eficiencia cuando se trata de un gran número de agentes.



## 2.6 Impacto económico del MDL en la inversión energética en la región

Según análisis del Banco Mundial (State and Trends of the Carbon Market 2007, WorldBank-IETA) desde 2002 a 2006 se transaron USD 2.7 billones en contratos de CERs a futuro<sup>89</sup> asociados a proyectos de energía limpia (energía renovable, sustitución de combustible, eficiencia energética, recuperación de metano), los que se estima apalancaron a su vez USD 16.0 billones de inversión adicional asociada al componente MDL del proyecto.

El volumen de 920 MtCO<sub>2</sub>e de reducciones MDL que se transaron entre 2002 y 2006 representa un valor total de USD 7.8 billones en transacciones de CERs y CERs a futuro (ERPAs). La mitad de este monto se debió a proyectos MDL de destrucción de gases industriales HFC y N<sub>2</sub>O, cuya inversión asociada no es muy grande. A diferencia de los proyectos de energía renovable, donde relación entre la inversión requerida y el volumen de reducción de emisiones (CERs) es mucho mayor. En proyectos de energía renovable el componente MDL apalanca una inversión asociada mucho más grande (9:1). Tomando en cuenta estas diferencias en la relación de apalancamiento de inversión adicional asociada a los distintos tipos de proyectos MDL y su ubicación geográfica, el Banco Mundial estima que la inversión acumulada total entre 2002 – 2006 se aproxima a USD 21.6 billones<sup>90</sup>.

De este total de USD 21.6 billones entre inversión directa y asociada que movilizó el MDL entre 2002-2006, los proyectos de energía renovables contribuyeron dos terceras partes (aproximadamente USD 14.0 billones); los proyectos de biomasa 20% (aprox. USD 4.0 billones); proyectos eólicos e hidroeléctricos 15% (aprox. USD 3.0 billones)<sup>91</sup>. **Un estimado grueso de lo que habría captado América Latina y el Caribe sería entre un 10-15% de este total es decir entre USD 2.1 – 3.2 billones en total, o en términos anuales entre USD 420 – 640 millones entre 2002 -2006.**

Para evaluar el impacto de esta inversión se requiere compararla contra algún monto de referencia o “benchmark”. La inversión en el sector de energía en América Latina y el Caribe (excluyendo producción de hidrocarburos) en el año 2000 fue aproximadamente USD 9-10,000 millones y probablemente ha continuado en ese rango anual desde entonces. En relación a estos estimados el volumen de inversión movilizado por el MDL hacia América Latina representaría entre un 4–6% de la inversión anual que ha venido ocurriendo en la región dirigida hacia el sector energético (excluyendo petróleo)<sup>92</sup>.

La Agencia Internacional de Energía (IEA, WEO 2006) estima que la inversión anual necesaria en expansión de generación para cubrir el crecimiento en la demanda de energía en los países en vías de desarrollo hasta el 2010 aproxima USD 165,000 millones. De este estimado total América Latina representa un 11% aproximadamente, o USD 18,000 millones (de los cuales un tercio sería Brasil). En relación a esta estimación de USD 18,000 millones de inversión anual que

---

<sup>89</sup> Los contratos de CERs a futuro son los llamados ERPAs Emission Reduction Purchase Agreement. Muchos de los desarrolladores de proyectos MDL venden a futuro el volumen de CERs que se estima generará el proyecto. Con la finalidad de obtener un flujo financiero en el presente en lugar de esperar todo el ciclo de proyecto hasta que la reducción de emisiones (CERs) sea certificada. Por supuesto estos contratos a futuro (ERPAs) se transan en el mercado internacional con un importante descuento sobre el precio que comanda un CER ya certificado, ya que el ERPA incorpora el riesgo de proyecto y de certificación. Aproximadamente entre un 85-90% de los CERs que entran al proceso de registro obtienen la certificación final de la Junta Ejecutiva del MDL.

<sup>90</sup> Estimación y datos de inversión: Capoor K., Ambrosi P. State and Trends of the Carbon Market 2007, WorldBank – IETA 2007. pp. 30.

<sup>91</sup> Ibid.

<sup>92</sup> Estimaciones propias basadas en datos publicados por: IEA (WEO 2006); UNFCCC Investment and Financial Flows to Address Climate Change (UNFCCC 2007); UNSTAT National Accounts Database; World Development Indicators, (World Bank 2006); OECD ENV-Linkages model.

sería necesario hacer en América Latina para cubrir la expansión de la demanda proyectada al 2010<sup>93</sup>, el volumen de inversión movilizado por el MDL sería un 2 – 3.5%.

En resumen:

- Durante el período 2002–2007 el mercado de proyectos MDL ha movilizado directa e indirectamente (vía apalancamiento) inversiones hacia la región asociadas a tecnologías de energía limpia cercanas a un 2-3.5 % de la inversión anual de USD 18,000 millones que la IEA estima requiere el sector eléctrico de América Latina y el Caribe hasta el 2010.
- Según la opinión de expertos el monto de inversión anual en el sector eléctrico en América Latina y el Caribe en los últimos años ha estado muy por debajo del monto de USD 18,000 millones. Lo cual sugiere que la región en los últimos años enfrenta un rezago o déficit de inversión en la expansión de infraestructura energética.
- En ese sentido el aporte del MDL es importante como contribución a una situación ya deficitaria en términos de inversión. El mecanismo constituye un incentivo importante para inversiones en energía renovable, mejorando la tasa interna de retorno (TIR) de estos proyectos entre 0.5 – 3.5%.
- Sin embargo los montos movilizados por el mecanismo MDL no alcanzan la escala necesaria para contribuir a transformaciones estructurales significativas en el sector energético de la mayoría de los países de la región.

## 2.7 Desarrollo del MDL post-2012

El acuerdo actual para avanzar negociaciones para darle forma al régimen internacional sobre cambio climático más allá del 2012 asegura la continuidad del mercado MDL. Sin embargo, como se vio en la sección anterior, el mecanismo necesita ser fortalecido y expandido para lograr movilizar mayores flujos de inversión y contribuir significativamente a la expansión de las actividades de mitigación de emisiones de efecto invernadero en los países en vías de desarrollo.

Algunas de las direcciones previstas para la evolución del mecanismo en el régimen post-2012 son las siguientes:

- Expansión del formato basado en proyectos individuales para incluir iniciativas sectoriales y/o programas de políticas que impliquen un conjunto de actividades de reducción de emisiones. Esto pudiera implicar el desarrollo de mecanismos específicos a estos formatos en paralelo al MDL o integrados al mismo.
- Expansión de las metodologías y sectores económicos cubiertos por el mecanismo MDL
- Disminución de costos de transacción para hacer más expeditos los procesos de certificación.
- Para nuevos sectores como deforestación evitada, conservación y fortalecimiento de sumideros de carbono en general (actividades de cambio de uso del suelo, forestales etc.) puede que se desarrollen mecanismos paralelos. Estos mecanismos actuarían bajo el mismo principio que el MDL: la movilización de inversiones hacia actividades de reducción de emisiones costo-efectivas en los países en vías de desarrollo que obtendrían créditos transables en el mercado de carbono internacional.

---

<sup>93</sup> Estimaciones propias basadas en datos publicados por: IEA (WEO 2006); UNFCCC Investment and Financial Flows to Address Climate Change (UNFCCC 2007); UNSTAT National Accounts Database; World Development Indicators, (World Bank 2006); OECD ENV-Linkages model.

Como tendencia a futuro, se prevé que el mercado MDL continúe su crecimiento y que el mecanismo se fortalezca y expanda en el régimen Post-Kyoto a negociarse durante los próximos dos años. La racionalidad económica detrás de la expansión de un mercado internacional de carbono entre países en vías de desarrollo (con costos marginales bajos de reducción de emisiones) y los países Anexo I (con costos marginales de reducción de emisiones más altos) ofrece ventajas innegables para ambos. Este mercado genera: a) flexibilidad para que los países industrializados reduzcan el costo total de su reducción de emisiones; b) flujos de inversión adicional hacia los países en vías de desarrollo asociados a proyectos de reducción de emisiones y tecnología limpia; c) incentivos en los países en vías de desarrollo a emprender acciones de reducción de emisiones, aún antes de haber adquirido compromisos nacionales de reducción de sus emisiones; d) movilización de flujos financieros y tecnológicos entre países OCDE y países en desarrollo indispensables para el éxito de cualquier esfuerzo global de mitigación y adaptación al cambio climático; entre otros beneficios. Junto al MDL también se espera creciente actividad en otros mercados de carbono (European Union Emission Trading System (EU ETS), Chicago Carbon Exchange (CCX), European Carbon Exchange (ECX), etc.), que han sido establecidos como iniciativas nacionales y voluntarias en varios países.

El fortalecimiento y expansión del MDL, junto a su integración con otros mercados de carbono en países OCDE, es necesaria para generar una clara señal de precio internacional que indique el costo de oportunidad por tonelada de emisiones de CO<sub>2</sub>e a los actores económicos en el período post-Kyoto. Esta señal de precio internacional del carbono es fundamental para efectos de coordinar la multiplicidad de acciones e inversiones de cualquier esfuerzo conjunto de mitigación global entre los países en vías de desarrollo y los países industrializados. Existen altas probabilidades que el desarrollo de los mercados de carbono en los próximos años converja hacia una mayor integración de los distintos esquemas multilaterales, regionales y nacionales, tal como ha ocurrido con la progresiva integración de los mercados financieros a nivel internacional durante las últimas dos décadas.

Sin embargo en la coyuntura actual, donde los detalles del régimen post-Kyoto (post 2012) todavía esperan ser negociados durante 2009-2010 los mercados de carbono están pasando por una fase de transición caracterizada por la volatilidad. Los actores del mercado están a la espera de señales definitivas sobre la garantía de continuidad del MDL y de los otros mercados de carbono más allá de 2012. En particular sobre la continuidad de la integración entre el mercado MDL y el Sistema Europeo de Comercio de Emisiones (EUETS). Dado que la Unión Europea es el único actor que ha anunciado metas de reducción post-2012, además del rol fundamental que ha jugado el EUETS en proveer una señal de precio referencial para los CERS en el mercado MDL, mantener esta integración será fundamental para la estabilidad de los mercados de carbono (MDL) en la actual fase de transición.

## **2.8 Posible evolución del régimen post-Kyoto 2012.**

La definición política de la meta de estabilización que debe orientar el esfuerzo global para estabilizar el clima dentro de un rango prudente, constituye un hecho determinante que marcará la evolución del régimen internacional sobre cambio climático que podemos esperar a partir del reciente acuerdo de Bali. Preliminarmente se pueden hacer las siguientes hipótesis respecto a la posible evolución de este régimen post-Kyoto que se espera entrará en vigencia a partir del 2012.

- La consolidación política en los países de la OCDE de la necesidad de reducir fuertemente las emisiones de gases de efecto invernadero en el período 2012-2030 para estabilizar el clima global constituye un pre-requisito indispensable para que emerja un régimen internacional. Un régimen internacional que efectivamente impulse cambios

- estructurales en el sector energético en los países más industrializados y las grandes economías emergentes durante las próximas décadas es imposible sin el liderazgo político, tecnológico y financiero de los países más industrializados (G-8, OCDE); incluida la voluntad de subvencionar el esfuerzo en aquellos países y/o sectores donde las circunstancias lo ameriten.
- La consolidación del régimen internacional sobre cambio climático implica importantes cambios regulatorios y la aplicación de políticas e instrumentos de nuevo cuño<sup>94</sup> en los mercados energéticos de los distintos grupos de países<sup>95</sup> sujetos al mismo. Incluyendo el direccionamiento de nuevos flujos de inversión y desarrollo tecnológico de bajas emisiones y mayor eficiencia en el uso de energía; así como el manejo del crecimiento esperado de la demanda.
  - El régimen post-2012 probablemente incluirá cambios en los grupos de países (Anexo I y no-Anexo I) que distinga el Protocolo de Kyoto en sus compromisos, para reflejar mejor el rol fundamental de algunas economías en lograr la meta de estabilización del sistema climático global. Por ejemplo Estados Unidos, el mayor emisor, nunca ratificó el Protocolo de Kyoto y ha quedado por fuera del mismo. China pronto desplazará a los Estados Unidos como el mayor emisor de gases de efecto invernadero a nivel mundial. Ambos países necesariamente jugarán un rol fundamental en el éxito o fracaso de cualquier régimen post-2012 para hacer frente al cambio climático. China, India, Rusia, Brasil, entre otras grandes economías emergentes que concentrarán el crecimiento económico en las próximas décadas seguramente enfrentarán fuertes presiones internacionales para aplicar políticas que moderen el crecimiento de sus emisiones a medida que convergen hacia mayores niveles de ingreso per cápita.
  - En los países más industrializados (OCDE) la transformación requerida por la meta del G-8 al 2050 será inducida vía regulación y la consolidación de una señal de precio implícito por tonelada de emisión de CO<sub>2</sub>. Si bien esta señal de precio puede ser inducida a través de un impuesto a las emisiones (*carbon tax*) en los países que adopten metas de reducción, la tendencia política actual es hacia la creación de sistemas de cuotas de emisión transables, los llamados mercados de carbono. En la actualidad operan distintos mercados de carbono (EU ETS, MDL dentro del Protocolo de Kyoto, y otros voluntarios en USA y otros países) algunos de los cuales ya permiten cierto grado de integración entre ellos, tal es el caso de los CERs del mercado MDL que son válidos también dentro del sistema europeo de emisiones transables EU ETS. A medida que se consolida el régimen internacional de cambio climático alrededor de la meta descrita se prevé un fortalecimiento y consolidación progresiva de los distintos mercados de carbono que existen actualmente (EU ETS (Unión Europea), MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio, CCX (Chicago Climate Exchange y otros voluntarios) en un

---

<sup>94</sup> Entre los instrumentos que pueden aplicarse a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero están: a) los impuestos (directos a las emisiones y/o indirectos a los combustibles en función de su potencial contaminante); b) las cuotas de emisión, como en los sistemas de permisos de emisión transables (“cap and trade”) que fijan un techo o cantidad máxima de emisión anual que luego es dividida y repartida entre las distintas fuentes emisoras en forma de cuotas de emisión individuales a cada fuente. El sistema permite a las distintas fuentes comerciar sus cuotas individuales entre sí introduciendo flexibilidad y reduciendo el costo total de la reducción agregada. Estos instrumentos (impuestos y cuotas de emisión transables) pueden combinarse con instrumentos de regulación directa como c) estándares de eficiencia en la producción y uso de energía; estándares de emisiones en motores, calderas y procesos; estándares de eficiencia energética en edificios y equipos industriales y residenciales; entre otros instrumentos etc.

<sup>95</sup> Por ejemplo el Protocolo de Kyoto distingue entre dos grupos de países Anexo I y No-Anexo I. Los países del Anexo I, tienen compromisos de reducción de emisiones por debajo de los niveles que emitían en 1990 para el período 2008-2012, este grupo está compuesto por los países más industrializados responsables por la mayor proporción de las emisiones acumulativas hasta la fecha. Los países No-Anexo I, son todos aquellos que no han asumido todavía compromisos de reducción de emisiones.

mercado global integrado que genere señales de precio convergentes a partir de estos diversos esquemas.

- Los países en vías de desarrollo probablemente enfrenten presiones económicas vía el condicionamiento de su acceso a mercados internacionales si no acompañan el esfuerzo de mitigación global a través de acciones voluntarias y la adopción de estándares de producto/tecnológicos, la eliminación de subsidios, entre otros, en línea con la tendencia internacional.
- La complejidad política, lentitud de negociación y los costos de coordinación de lograr un solo esquema global o régimen multilateral único, puede inducir a que surjan en paralelo a diversos esquemas o iniciativas regionales para adelantar acciones mientras se logra construir el régimen multilateral. Estas iniciativas o acuerdos parciales pueden surgir entre los grandes países emisores y los emisores emergentes (ej. G-8 + China, India, Rusia, Brasil, México etc.); y/o entre países con plataformas de integración regionales y sub-regionales que faciliten la cooperación económica y política para adelantar acciones de mitigación y adaptación al cambio climático.
- En principio no existe contradicción entre el desarrollo de iniciativas regionales o parciales y la construcción de un régimen multilateral sobre cambio climático. Más bien las mismas pudieran facilitar el logro de las metas de reducción multilaterales. Puede esperarse que distintas iniciativas regionales vayan convergiendo e integrándose progresivamente, a medida que se logran los acuerdos políticos necesarios. Este proceso probablemente marcharía en paralelo la progresiva integración de los distintos mercados de carbono que en la actualidad abarcan también tanto esquemas multilaterales (Mecanismo de Desarrollo Limpio MDL, Implementación Conjunta JI etc.) como regionales (EUETS etc.) y nacionales (Chicago Carbon Exchange CCX etc.).

El Capítulo III a continuación sitúa la región en el balance energético mundial y su evolución entre 1973-2005 en relación a otras regiones. Se resaltan las características regionales más relevantes desde la perspectiva de la agenda internacional sobre cambio climático. El Capítulo IV sitúa a América Latina y el Caribe dentro de la prospectiva energética internacional disponible para el horizonte 2030. Se contrasta a la región con los países OCDE y otras regiones en vías de desarrollo en función del rol que pueden jugar en un escenario de mitigación del cambio climático.

### 3. América Latina y el Caribe en el balance energético global 1973-2005

#### Mensajes principales

- El sector energético de América Latina tiene poco peso en las emisiones globales de CO<sub>2</sub> asociadas al sector energético (3.5% al 2005), y no se proyectan grandes variaciones en esta participación de la región en los escenarios disponibles 2005-2030. Se estima que esta participación llegaría en el 2030 sólo 3.9% en el peor caso en ausencia de políticas
- Por tanto la región necesariamente jugará un papel secundario en cualquier esfuerzo de mitigación global en comparación a los grandes países emisores en vías de desarrollo (China, India y el resto de Asia)<sup>96</sup>.
- Frente a un escenario sostenido de precios record del crudo en el mercado internacional, los países de la región enfrentan una prerrogativa de seguridad energética y eficiencia económica para mantener su competitividad. La mayoría de los países de la región otorgan actualmente mayor prioridad política a la prerrogativa de seguridad energética que a la prerrogativa de mitigar sus emisiones de CO<sub>2</sub>. La mayoría de los países de la región no ha asumido compromisos internacionales de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero hasta la fecha.
- América Latina también se encuentra por debajo del promedio mundial en emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita (Ton CO<sub>2</sub>/hab), con un registro casi un orden de magnitud por debajo de Norte América, y tres veces menor que Europa. Las emisiones per cápita y por unidad de producto en América Latina todavía se encuentran entre las menores del mundo. Esta posición relativa no cambia en los escenarios publicados al 2030. Este indicador esta relacionado con la alta participación que tiene la hidroelectricidad en la generación eléctrica de la región (6%, tres veces el promedio mundial 2.2%).
- La región necesariamente tendrá que reservar el margen necesario para que el consumo de energía per cápita, y por tanto los indicadores relacionados de CO<sub>2</sub> per cápita, puedan

---

<sup>96</sup> La Tabla 6 muestra como al 2030 se proyecta casi una duplicación de la participación de Asia en las emisiones globales en relación a su nivel actual y por tanto dicha región juega un papel crítico para el éxito de cualquier esfuerzo de mitigación global.

crecer a medida que la región converge hacia mayores niveles de ingreso per cápita durante las próximas décadas.

- Una política de mitigación de emisiones de CO<sub>2</sub> que restrinja dicha convergencia natural en el proceso de desarrollo económico sería irracional económicamente y desde el punto de vista del rol que juega la región en la matriz energética global.
- Para hacer frente a la prerrogativa de seguridad energética los países de la región deben aplicar políticas para manejar el crecimiento de su demanda de energía con eficiencia y promover la diversificación de fuentes. Un elemento central consiste en aumentar la eficiencia en el uso de energía a todo nivel, y lograr movilizar las inversiones necesarias para alcanzar este objetivo. Asegurando que las nuevas inversiones en infraestructura se adecuan al horizonte previsto de altos precios de los hidrocarburos e incorporan las prerrogativas de eficiencia energética y diversificación de fuentes.
- En comparación con las emisiones de CO<sub>2</sub> originadas en el sector energético de América Latina y el Caribe, las emisiones no-energéticas que produce la región (producto de la deforestación, cambios de uso del suelo etc.) tienen un peso relativo mucho mayor a nivel global.
- Por tanto el rol de la región dentro de un esfuerzo de mitigación global es mucho más importante en las emisiones no-energéticas, que en las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector energético. Poner énfasis en la mitigación de CO<sub>2</sub> en el sector energético regional, sería por tanto una estrategia que no se corresponde con el rol que juega la región en el concierto global de emisiones de gases de efecto invernadero<sup>97</sup>.
- En el sector energético de los países de la región el énfasis de la política, más que restringir emisiones de CO<sub>2</sub>, consiste en manejar con eficiencia el crecimiento proyectado de la demanda energética durante las próximas décadas, supliendo cada vez mayor cantidad de servicios a la población con la misma cantidad de energía.
- Esto implica lograr un ritmo anual de reducción de la intensidad de carbono (emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de producto constante, Kg CO<sub>2</sub>/ USD ppp) y de la intensidad energética (uso de energía por unidad de producto constante, Toe/ USD ppp) en línea con la mejor práctica mundial, garantizando así que el proceso de expansión económica de la región junto a su trayectoria de emisiones asociada se manejan de manera eficiente.
- A excepción de México, como miembro de la OCDE, probablemente la región experimentará mayor presión internacional para controlar sus emisiones producto de la deforestación y cambios de uso del suelo (donde su participación mundial es mayor), que sobre su sector energético.

### 3.1 América Latina y el Caribe en el balance energético mundial 2005

Las estadísticas regionales más relevantes de cara a la agenda internacional sobre cambio climático se resumen a continuación. El Cuadro 6 muestra la participación de América Latina y el Caribe (%) en las emisiones de CO<sub>2</sub>, oferta y consumo de energía mundiales en el año 2005. La última columna muestra la participación regional en las emisiones de CO<sub>2</sub> proyectadas al 2030

---

<sup>97</sup> La oportunidad que tiene América Latina y el Caribe de contribuir al esfuerzo de mitigación del cambio climático global a través del manejo de sus emisiones por deforestación, cambios de uso del suelo, actividades de uso del suelo y potenciación de sumideros de carbono en los ecosistemas regionales ha sido destacada en publicaciones previas de la CEPAL. Ver por ejemplo: Globalización y Desarrollo, LC/G.2157(SES.29/3), CEPAL, Abril 2002. Capítulo 9, pp. 276-278 y 304-305. Objetivos de Desarrollo del Milenio: una mirada desde América Latina y el Caribe. LC/G.2331, CEPAL, Junio 2005. Capítulo 6.

bajo el supuesto de continuidad de políticas actuales. **La participación de América Latina en la matriz energética global se mantiene por debajo de 5% en todos los indicadores.**

**CUADRO 6  
PARTICIPACIÓN REGIONAL EN EMISIONES CO<sub>2</sub>, OFERTA Y  
CONSUMO DE ENERGÍA MUNDIAL AL 2005**

REGIONES	Oferta de Energía Primaria 2005 11,435 Mtoe % por región	Consumo Energía Final 2005 7,912 Mtoe % por región	Emisiones de CO <sub>2</sub> 2005 27.1 Gt CO <sub>2</sub> % por región	Emisiones de CO <sub>2</sub> proyectadas 2030 41.9 Gt CO <sub>2</sub> % por región
Países en Desarrollo	40,5	55,8	39,0	55
América Latina	4,4	5,0	3,5	3,9
Medio Oriente	4,4	4,2	4,6	
Africa	5,3	5,6	3,1	
Asia	26,5	25,6	28,0	42,0
China	15,2	14,2	19,0	27,3
India	4,6	4,5	4,3	7,9
OCDE	48,5	49,0	48,0	36,0
EEUU	20,4	20,6	18,2	16,4
Unión Europea	15,8	16,8	14,5	10
Mundial	100	100	100	100

Fuente: Elaboración propia. Fuente estadística: IEA-OECD WEO 2007.

Mtoe = Millones de toneladas de petróleo equivalente. Gt = Giga toneladas de CO<sub>2</sub>.

La posición relativa de América Latina y el Caribe en el balance energético global permite dimensionar el rol de la región frente a la agenda internacional sobre cambio climático:

- Entre todas las regiones América Latina registra la segunda menor contribución a las emisiones de CO<sub>2</sub> globales (3.5%), ligeramente superior a la de África (3.1%).
- Entre las regiones en desarrollo, América Latina registra también el segundo menor consumo de energía final (5%), después del Medio Oriente (4.2%).

### Características estructurales de la región

Las siguientes características estructurales y tendencias manifestadas durante la última década también son relevantes para dimensionar el rol de América Latina en la agenda internacional sobre cambio climático.

- Las reformas del sector energético durante la década de los '90 no han inducido la movilización de suficiente inversión para lograr un crecimiento balanceado de la infraestructura y servicios energéticos. Una mayoría de países evidencia rezagos en la adecuación de su infraestructura energética frente a una demanda creciente. La falla en alcanzar las metas planteadas en las reformas del sector energético están relacionadas con barreras de índole institucional, regulatoria y condiciones de volatilidad macroeconómica que la región experimentó entre 1998-2002<sup>98</sup>.

<sup>98</sup> CEPAL – OLADE – GTZ (2003) "Energía y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe: guía para la formulación de políticas energéticas", LC/G.2214-P, CEPAL, Diciembre 2003. Capítulos III y IV.



- En América Latina y el Caribe persisten rezagos en cuanto al acceso a energía de calidad para una parte de la población, principalmente grupos socioeconómicos en situación de pobreza rural y zonas aisladas. Gran parte de estas poblaciones aisladas recurren al uso de leña para satisfacer sus necesidades energéticas. Sin embargo hay que tener presente el uso de leña como combustible en América Latina y el Caribe no es un determinante principal de los procesos de deforestación que aquejan a la región<sup>99</sup>.
- Aunque se prevé que las emisiones provenientes del sector energético en América Latina continúen representando una contribución menor (menor al 5 %) a las emisiones globales durante las próximas décadas. Sin embargo, de continuar las tasas actuales de deforestación y cambio de uso del suelo en la región, las emisiones producidas por estos procesos pudieran llegar a representar contribuciones mayores (entre 10 a 20%)<sup>100</sup> del total acumulativo de emisiones globales proyectadas al 2050 bajo un escenario tendencial (sin intervención).
- La importancia política de este punto consiste en que aún cuando un país pueda tener una política energética activa en términos de eficiencia y manejo de emisiones de CO<sub>2</sub> del sector energético, su posición frente al régimen internacional de cambio climático se verá condicionada también por el manejo que haga de las emisiones no-energéticas producidas en procesos de deforestación y cambios de uso del suelo<sup>101</sup>.
- Entre los compromisos asumidos por los Países Partes de la Convención UNFCCC es el manejo y mejora de los sumideros de carbono en su territorio, de forma que el acceso a facilidades financieras y tecnológicas para el sector energético dentro del régimen internacional será contingente a que los países también desplieguen esfuerzos para manejar las emisiones no-energéticas.

Las secciones a continuación examinan con mayor detalle estas características durante el período 1973 – 2005. En Capítulo 4 siguiente examina las tendencias previstas en el horizonte 2005-2030 con base en los escenarios publicados internacionalmente.

## 3.2 América Latina y el Caribe en el balance energético mundial: producción, consumo y emisiones 1973 - 2005

### 3.2.1 América Latina y el Caribe en la oferta mundial de energía primaria

La producción de energía primaria a nivel mundial (TPES<sup>102</sup>) fue aproximadamente 11,500 Mtoe en 2005 registrando un crecimiento del 3% respecto al año anterior. La mayor parte del aumento registrado entre 2004 y 2005 se explica por el crecimiento de 6% que experimentó la producción de energía en Asia, impulsado por el alto crecimiento (>8%) de la demanda de energía en China<sup>103</sup>.

<sup>99</sup> La deforestación es un proceso socioeconómico complejo determinado por diversas causas. Entre los principales determinantes estarían la expansión de infraestructura vial hacia zonas naturales previamente inaccesibles y con precaria titularidad de tierras; con los consecuentes procesos migratorios, de expansión de la frontera agrícola, y cambios de uso del suelo desde bosque primario, a bosque intervenido, pasando por agricultura de subsistencia, explotación maderera y ganadería extensiva

<sup>100</sup> Entre los compromisos asumidos por los países Partes de la Convención UNFCCC está el manejo y mejora de los sumideros de carbono en su territorio, de forma que el acceso a facilidades financieras y tecnológicas para el sector energético dentro del régimen internacional será contingente a que los países también desplieguen esfuerzos para manejar las emisiones no-energéticas.

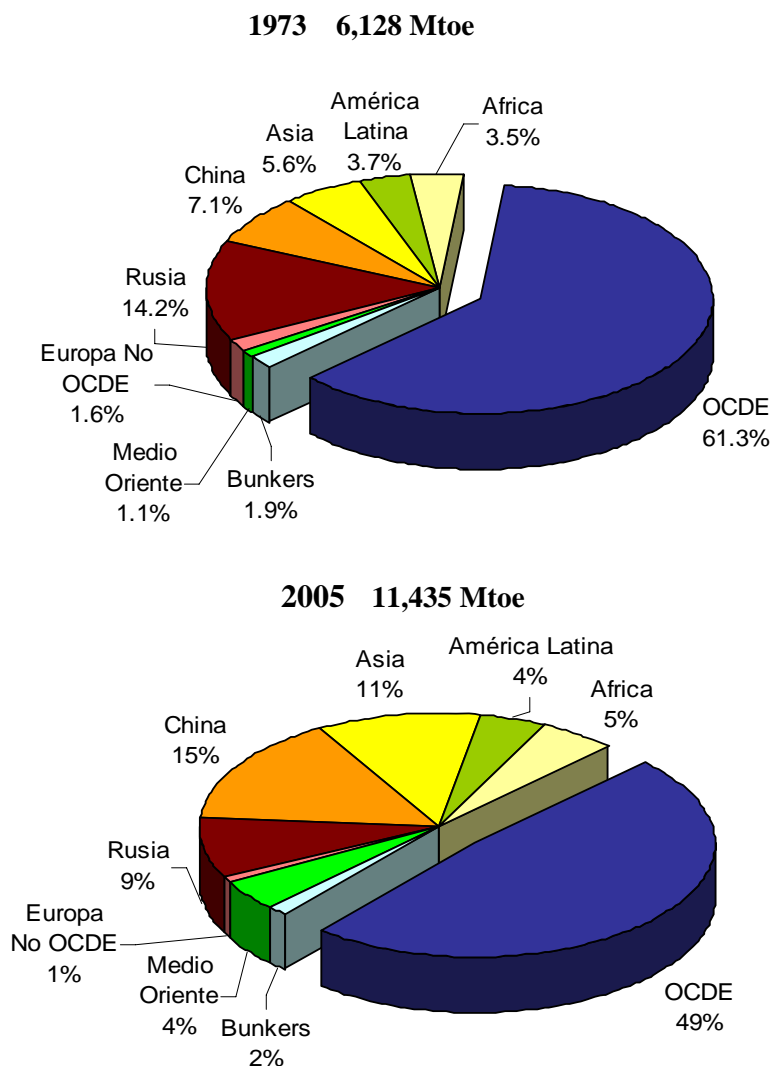
<sup>101</sup> Por ejemplo un país con una política progresista de sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles puede enfrentar dificultades para exportarlos si la comunidad internacional percibe que la expansión de esa industria ha sido a costa de mayor deforestación y cambios de uso que degradan sus sumideros naturales de carbono.

<sup>102</sup> TPES = Total Primary Energy Supply, oferta total de energía primaria en español.

<sup>103</sup> La participación de China en la oferta primaria de energía mundial se ha cuadruplicado entre 1971 y 2005.

Entre 1973-2005 el aumento en la participación de América Latina de 3.7% a 4.4% en la producción mundial de energía primaria ha sido el menor entre las regiones en vías de desarrollo, con una tasa de crecimiento promedio anual de 2.0% 1971-2005. El Gráfico 14 muestra la variación en la participación de América Latina en la producción de energía primaria entre 1973 y 2005 en relación a otras regiones. Durante el mismo período los países OCDE han reducido su participación en la producción de energía mundial, sin embargo continúan siendo todavía los mayores productores de energía a nivel mundial con 49% del total (60% en 1973). Seguidos de Asia con una participación del 26% incluyendo China.

**GRÁFICO 14**  
**PARTICIPACIÓN REGIONAL EN OFERTA DE ENERGÍA PRIMARIA 1973-2005**



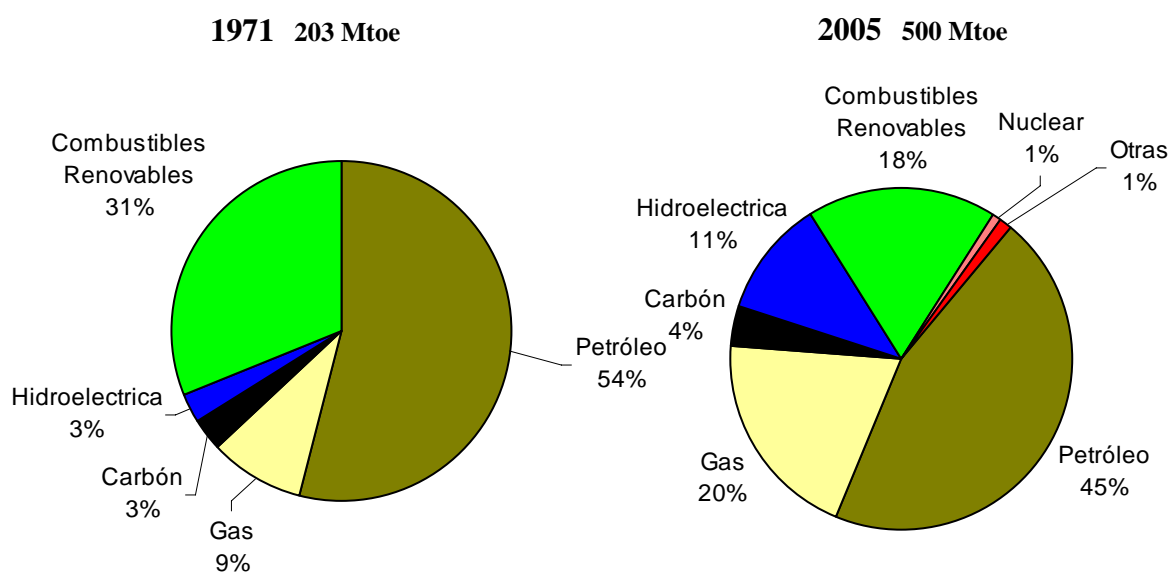
Key World Energy Statistics. 2007 Edition. IEA-OECD 2007. Mtoe = Millones de toneladas de petróleo equivalentes. Bunkers = Combustibles marinos en aguas internacionales.

### 3.2.2 Composición de la oferta primaria de energía en América Latina y el Caribe

En América Latina al 2005 el petróleo continúa siendo el combustible más importante en la oferta primaria de energía con 45%, seguido del carbón y gas natural. La participación del gas natural ha crecido desde 9%, en 1971, a 20% en el 2005. La participación del carbón ha crecido en años recientes y representa un 4% de la oferta primaria de energía. Los combustibles fósiles representan cerca del 70% de la oferta de energía regional en 2005 (63% en 1971), en línea con la tendencia mundial. El dominio de las fuentes fósiles en la matriz energética regional prácticamente ha variado poco desde 1971. Se prevé que esta tendencia se mantenga a futuro mientras la industria del gas y carbón continúen creciendo relativamente más rápido que otras fuentes en la oferta de energía primaria<sup>104</sup>.

El Gráfico 15 a continuación muestra los cambios en la composición de la oferta de energía primaria por tipo de combustible entre 1971 y 2005. El desarrollo del gas en la región, como combustible fósil más limpio, constituye una tendencia virtuosa para lograr crecer con menores emisiones. Por otra parte la composición actual de la oferta de energía primaria ofrece oportunidades para la expansión de las fuentes renovables y de la energía nuclear.

**GRÁFICO 15**  
**COMPOSICIÓN DE LA OFERTA DE ENERGÍA PRIMARIA EN ALC 1971-2005**



Fuente: Energy Balances of non-OECD Countries 2004-2005. IEA-OECD (2007). Mtoe = Millones de toneladas de petróleo equivalentes.

La participación de la hidroelectricidad se triplicó entre 1971-2005 pasando de 3% a 11% de la oferta de energía primaria. América Latina y el Caribe es la región con mayor participación de hidroelectricidad, a nivel mundial sólo representa el 2.2% de la oferta primaria de energía o

<sup>104</sup> En términos agregados la producción de energía en América Latina creció 4% en el 2005, llegando a 680 Mtoe (millón de toneladas de petróleo equivalente). Esto refleja el aumento en la tasa de crecimiento del PIB regional (5% durante 2005) en relación al promedio histórico de alrededor del 3% entre 1971 y 2005. El gas natural registró el mayor crecimiento. Durante el 2005 la oferta de gas natural creció 4% por la mayor producción de Bolivia y Brasil compensando por la disminución en Argentina. El aumento en la producción de biocombustibles por Brasil se refleja en la duplicación de la tasa de crecimiento a 2% en los combustibles renovables, en relación al promedio histórico 1971-2005 de 1%. La producción hidroeléctrica también se expandió en 5% durante 2004-2005 reflejando la importancia que esta fuente juega en la matriz energética regional.

cinco veces menos. Los combustibles renovables (leña) han disminuido su participación del 31% al 18% durante este período reflejando el proceso de urbanización y mejora del poder adquisitivo de la población. Sin embargo la región todavía casi duplica el promedio mundial de 10% en la producción de energía a partir de esta fuente. La energía nuclear ha experimentado un estancamiento representando sólo el 1% de la oferta primaria de energía de la región, en comparación con el promedio mundial de 6.3% y 11% para el grupo de países OCDE.

En cuanto al consumo de energía final registrado en América Latina, ambos el sector industrial y el sector transporte triplicaron su consumo de energía durante el período 1971-2005. **La expansión del sector transporte es responsable por la mayor parte del aumento en el consumo de petróleo durante 1971-2005 debido a la dependencia del transporte vehicular en combustibles líquidos (gasolina y diesel).** La expansión del consumo energético del sector industrial muestra un rango más diversificado de fuentes, donde el consumo de electricidad y el gas natural han registrado el mayor crecimiento durante este período. El crecimiento del sector transporte y el consumo asociado de combustibles fósiles líquidos (petróleo y derivados) con escasas posibilidades de sustitución representa un desafío mayor a nivel mundial para reducir las emisiones de este sector<sup>105</sup>.

Por ejemplo, bajo las políticas anunciadas en los países industrializados de mayor ingreso per cápita (G-8) se prevé la penetración de sólo un 18-20% de vehículos híbridos (eléctricos + combustión interna) de bajas emisiones en el parque automotor para el 2020 debido al alto costo de estas tecnologías. En países de menor ingreso per cápita como es el caso de nuestra región, las posibilidades de sustitución a gran escala del parque automotor por vehículos de bajas emisiones son mucho más modestas dentro de este horizonte y virtualmente nulas a corto plazo. Las estrategias de modernización y masificación del transporte público y descongestión urbanas ofrecen mayores posibilidades de acción para los países de América Latina y el Caribe.

### 3.2.3 América Latina y el Caribe en las emisiones de CO<sub>2</sub> mundiales

Las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial casi se han duplicado durante el período 1973 a 2005. El Gráfico 16 a continuación muestra como la participación regional en las emisiones de CO<sub>2</sub> prácticamente sigue la respectiva participación regional en el consumo energético mundial. Esto refleja la dominancia que tienen los combustibles fósiles (cuya combustión genera emisiones de CO<sub>2</sub>) en la matriz energética global. La participación de los países OCDE ha pasado de un 66% (1973) a 48% en el 2005. China y el resto de Asia han triplicado su participación en las emisiones globales de CO<sub>2</sub> durante el período a casi un 30% del total hoy día. En este cuadro América Latina ha pasado de un 2.7% en 1973 a un 3.5% en el 2005, superando como región únicamente a África (3.1%) en su participación en las emisiones de CO<sub>2</sub> mundiales.

---

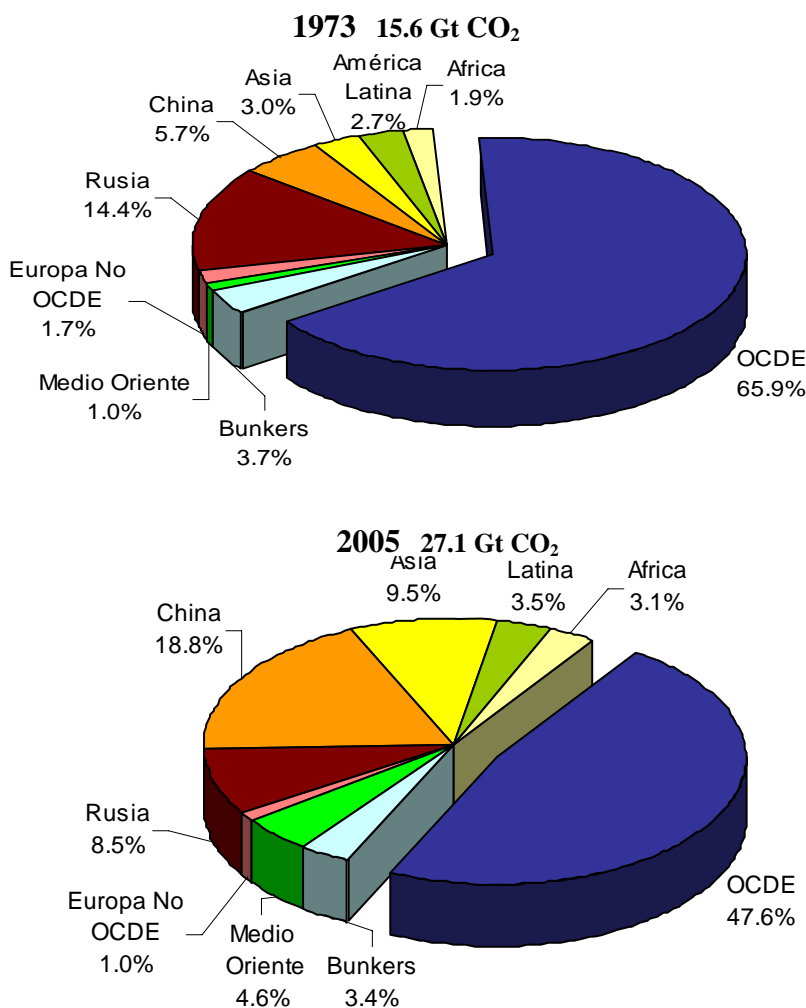
<sup>105</sup> Esto refleja la ausencia de opciones tecnológicas a la gasolina para la motorización vehicular. El costo unitario de los vehículos híbridos (eléctrico + gasolina) de bajas emisiones los hace inaccesibles a la mayoría de la población mundial. Mientras no caiga el costo unitario de los vehículos híbridos su difusión en el parque vehicular de la región será minoritaria.

Ver: Greenhouse Gas Reduction Strategies in the Transport Sector. Preliminary Report OECD – International Transport Forum, 2008.

Transport and Energy: The Challenge of Climate Change Research Findings. International Transport Forum Leipzig OECD-ITF 2008

<http://www.internationaltransportforum.org/home.html>

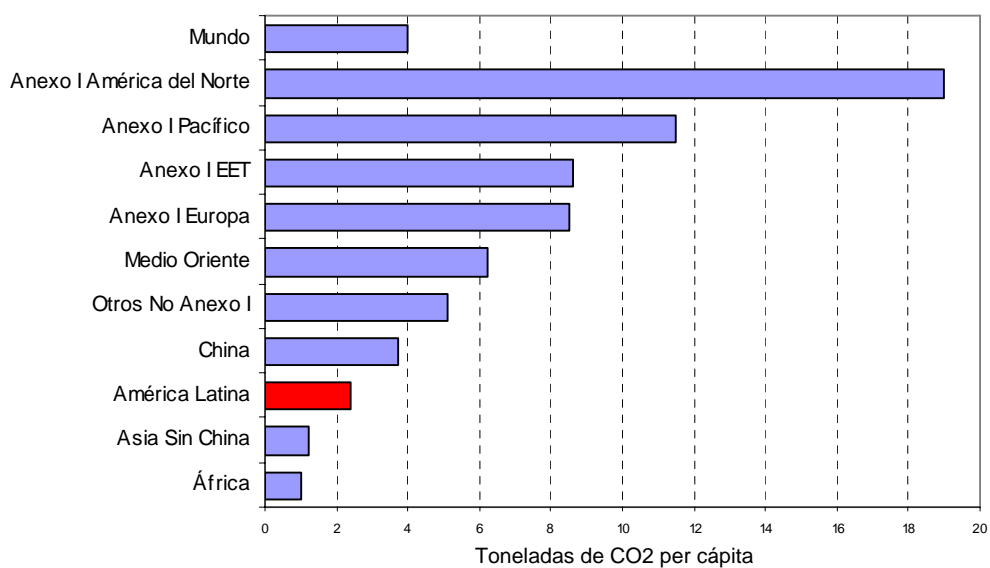
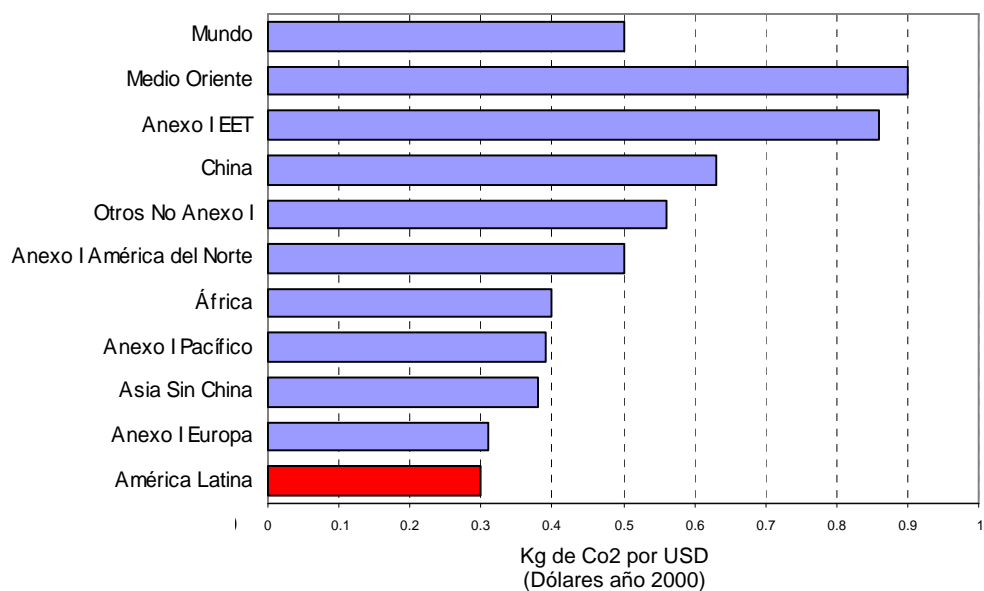
**GRÁFICO 16**  
**PARTICIPACIÓN REGIONAL EN LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> GLOBALES 1973-2005**



Fuente: IEA, CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion 1971-2005.

En términos de emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de producto (intensidad de carbono), y emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita, América Latina y el Caribe también se encuentra por debajo del promedio mundial. El Gráfico 17 a continuación muestra a América Latina y el Caribe como la región con menor intensidad de carbono (Kg de CO<sub>2</sub> por USD ppp) entre 1971-2005, lo cual refleja sin duda la alta participación que tiene la hidroelectricidad en la oferta energética regional en comparación con otras regiones. Las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita de la región también se mantuvieron debajo del promedio mundial, sólo África y Asia excluyendo China, registraron menores valores el durante el período 1971-2005.

**GRÁFICO 17**  
**EMISIONES DE CO2 POR UNIDAD DE PRODUCTO**  
**Y PER CÁPITA (TON)**  
**(KG POR USD 2000 PPP)**



Fuente: Fuente: Energy Balances of non-OECD Countries 2004-2005. IEA-OECD (2007).

Estas características de la región: a) bajas emisiones de CO<sub>2</sub> (asociadas al sector energético) por unidad de producto (intensidad de carbono); y b) bajas emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita, en relación al promedio mundial, e incluso en relación al promedio de los países en desarrollo, se mantienen en los escenarios publicados 2005-2030. El siguiente Cuadro 7 muestra las emisiones de CO<sub>2</sub> proyectadas al 2030 asociadas al sector energético bajo distintos escenarios

publicados (World Energy Outlook 2007, IEA-OECD 2007)<sup>106</sup>. **Aún bajo un escenario de alto crecimiento se estima que las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita en América Latina y el Caribe al 2030 continúen por debajo del promedio de los países en desarrollo y entre tres y cuatro veces menores a las previstas para los países OCDE.**

**CUADRO 7**  
**EMISIONES PER CÁPITA 2005 Y PROYECCIÓN AL 2030 BAJO ESCENARIOS**  
**DE BAJO Y ALTO CRECIMIENTO**

	Emisiones CO <sub>2</sub> per cápita 2005 (Ton /hab)	Crecimiento período 1990 – 2005	Emisiones CO <sub>2</sub> per cápita Proyección 2030 (Ton/hab) Escenarios bajo y alto crecimiento
Mundial	4,1	5,3%	4.1 – 5.5
Países en Desarrollo	2,2	46,2%	2.7 – 4.0
América Latina	2,1	23%	2.3 – 2.8
Medio Oriente	6,7	48,3%	7.2 – 9.6
Africa	0,9	7,2%	0.8 – 0.9
Asia (sin China)	1,5	55%	1.7 – 2.5
China	3,9	97%	6.1 – 9.7
OECD	11,0	3,7%	9.7 – 11.3
EEUU	19,5	1,1%	16.5 – 18.5
Unión Europea	8,0	-6,8%	6.5 – 8.3

Fuente: Elaboración propia. Fuente estadística: “IEA-OECD WEO 2007, IEA Non-OECD countries CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion 1971-2005”, edición 2007.

- Dada su baja contribución relativa a las emisiones de CO<sub>2</sub> globales, y también su baja participación en el consumo de energía final global, el sector energético de la región tiene un rol menor y relativamente poco peso en cualquier esfuerzo de mitigación global de las emisiones de CO<sub>2</sub> de origen energético.
- América Latina y el Caribe, al igual que el resto del mundo, es altamente dependiente del petróleo que representa cerca de la mitad en su oferta primaria de energía (45% en 2005), seguido del gas natural (20% en 2005). Siendo la mayoría de los países importadores netos de crudo y derivados.
- América Latina es la región con menores emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de producto (Kg CO<sub>2</sub>/USD dólar 2000 ppp), lo cual probablemente refleja la gran participación que tiene la hidroelectricidad en la generación de energía eléctrica en comparación con otras regiones<sup>107</sup>.
- América Latina también se encuentra por debajo del promedio mundial en emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita (Ton CO<sub>2</sub>/hab), con un registro casi un orden de magnitud por debajo de Norte América, y tres veces menor que Europa<sup>108</sup>.
- La mayoría de los países enfrentan una prerrogativa de seguridad energética frente a un escenario sostenido de altos precios de los hidrocarburos. Esta prerrogativa implica el despliegue y fortalecimiento de políticas de eficiencia energética en todos los sectores,

<sup>106</sup> El escenario de referencia asume la continuidad de las políticas actuales y una tasa de crecimiento económico promedio mundial de 3.6% anual durante el período 2005-2030 (América Latina y el Caribe 3.2%, OECD 2.2%, China 6.0%, India 6.3%). El escenario alternativo asume que se aplican las políticas anunciadas y en consideración al 2007 para mejorar la seguridad energética y mitigar el cambio climático. El escenario de alto crecimiento asume una tasa de crecimiento para China e India 1.5% mayor que en el escenario de referencia.

<sup>107</sup> Ver Figura 14 y Tabla 7 más adelante.

<sup>108</sup> Ver Figura 14 y Tabla 7 más adelante.

diversificación de fuentes de energía alternativas (renovables y nuclear), y manejo del crecimiento proyectado de la demanda energética bajo los mismos criterios.

- Estas últimas políticas ofrecen a la región la oportunidad de capturar un doble dividendo: fortalecer la seguridad energética y simultáneamente contribuir positivamente al combate del cambio climático global, sin necesariamente tener que asumir compromisos de reducción de emisiones a corto plazo.

El Capítulo 4 revisa la prognosis para América Latina y el Caribe dentro de las proyecciones y escenarios internacionales al 2030 publicados por la Agencia Internacional de Energía (IEA) y la OCDE. Estos escenarios incorporan supuestos de fuertes reducciones de emisiones (mitigación) por los países industrializados (OCDE) en las próximas décadas. El Capítulo explora las posibles implicaciones de estos escenarios para la región.



## 4. América Latina y el Caribe en los escenarios energéticos internacionales 2005 – 2030

### Mensajes principales

- Las oportunidades en América Latina y el Caribe para contribuir al escenario de mitigación del cambio climático global se concentran en ganancias de eficiencia en el uso de energía en todos los sectores (generación eléctrica, transporte, industrial, edificaciones etc.).
- Se trata de las mismas oportunidades que ya han sido identificadas en la agenda de política energética de los países de la región desde tiempo atrás. Con la salvedad de que el escenario de mitigación implica un esfuerzo adicional para que las ganancias de eficiencia se traduzcan como mínimo en un 20 % de menores emisiones respecto a la trayectoria sin intervención.
- Al interior de la región lograr una reducción de emisiones de mínimo 20 % en relación a la trayectoria sin intervención requiere fuerte voluntad política y capacidad efectiva para su implementación por parte de los gobiernos. Su ausencia implica barreras importantes para que la región participe en el escenario de mitigación.
- Para capturar estas ganancias de eficiencia se estima serían necesarias inversiones adicionales en los sectores industria, edificios y transporte del orden de 5,200 millones USD en Brasil, 8,500 millones en México y 8,300 millones USD en otros países de América Latina y el Caribe, siempre en relación al escenario de referencia<sup>109</sup>.
- Estas ganancias de eficiencia permitirían manejar el crecimiento de la demanda de energía esperada al 2030 en ausencia de las mismas y desplazar o ahorrar inversiones en la expansión de la oferta energética (infraestructura de transmisión y distribución, importación de hidrocarburos evitada, y generación eléctrica con combustibles fósiles evitada) del orden de -6,600 millones USD en Brasil, -2,200 millones USD en México y -12,600 millones USD en otros países<sup>110</sup>.
- En términos netos se estima que las inversiones ahorradas en expansión de la oferta serían mayores que las inversiones adicionales necesarias para capturar las ganancias de eficiencia. De forma que en América Latina y el Caribe se estima que la inversión

---

<sup>109</sup> UNFCCC (2007).

<sup>110</sup> Ibid.

adicional requerida para lograr las metas del escenario mitigación pudiera llegar a ser negativa ( - 5,700 millones USD)<sup>111</sup>.

- Estas cifras estimadas deben interpretarse con cautela ya que el supuesto ahorro o inversión evitada depende de la diferencia con el escenario de referencia. El escenario de referencia incorpora el supuesto de que no se introducen nuevas políticas durante el período 2005 – 2030. Este es un supuesto fuerte, y quizás poco realista ya que los países de la región en mayor o menor grado vienen incorporando progresivamente nuevas políticas y medidas dirigidas a aumentar la eficiencia en el uso de energía, diversificar fuentes y mejorar su seguridad energética<sup>112</sup>.
- América Latina y el Caribe es una región importadora de tecnología energética (a excepción de la tecnología de bioetanol en Brasil) lo que no la posiciona en primera línea para absorber la primera generación de inversiones en las nuevas tecnologías de generación como Carbón Limpio, y Captura y Almacenamiento de Carbono (CAC). En el escenario de mitigación estas tecnologías jugarán un papel mucho más importante en Asia y en los países OCDE que en nuestra región. Igualmente la penetración y difusión de tecnologías de transporte de bajas o cero emisiones (vehículos híbridos, celdas de combustible etc.) se prevé ocurra primero en los países con mayor ingreso per cápita que en nuestra región, por lo menos hasta que las curvas de costo hayan descendido lo suficiente para hacerlas más accesibles tras su maduración inicial.

#### **4.1 Prospectiva: América Latina y el Caribe en los escenarios energéticos internacionales 2005-2030**

En Julio del 2005 en la cumbre de Gleneagles, y otra vez en San Petersburgo en Julio 2006, los líderes de los países del G-8 y de las economías más importantes en vías de desarrollo solicitaron a la Agencia Internacional de Energía (IEA) y otras agencias internacionales, “emprender el análisis de escenarios energéticos alternativos y estrategias para un futuro caracterizado por energía limpia, inteligente y competitiva<sup>113</sup>”. Este mandato emerge del reconocimiento de que en ausencia de intervención y aplicación de políticas específicas, las tendencias actuales en el crecimiento de la demanda de energía fósil, de los flujos comerciales de hidrocarburos, y de las emisiones de gases de efecto invernadero, continuarán en trayectorias insostenibles. En la cumbre más reciente del G-8 en Heiligendamm 2007, estos mismos líderes “acordaron considerar” estrategias para reducir las emisiones globales a la mitad para el 2050. Esta meta implica seguir una trayectoria donde al año 2030 las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector energético deberían ya haber retornado a niveles cercanos los actuales, y continuar decreciendo anualmente.

---

<sup>111</sup> Ibid.

<sup>112</sup> Quizás un supuesto más realista sería que los países de la región durante el período 2005-2030 efectivamente aplican con éxito las políticas que han anunciado (listadas en el Anexo de este documento) tal como se proyecta en el escenario alternativo. En ese caso la magnitud del esfuerzo adicional en términos de inversión se reduciría probablemente a la mitad de los montos estimados anteriormente. Sería aproximadamente equivalente a la diferencia entre la inversión requerida en el escenario de mitigación en comparación con el escenario alternativo. Sin embargo no cambiarían los sectores identificados donde la región presenta oportunidades de inversión costo-efectiva en mitigación.

<sup>113</sup> La Cumbre G-8 de Gleneagles (Reino Unido) en Julio 2005 se centró en estrategias de desarrollo para mitigar el cambio climático, asegurar energía limpia y un desarrollo sostenible, incluyendo la participación de Rusia, Brasil, China, India, México y Sur Africa; además de la Agencia Internacional de Energía (IEA). El Plan de Acción de Gleneagles resultante incluye un mandato a la IEA de identificar las trayectorias para el logro de estos objetivos. Menciona las siguientes prioridades: 1) Escenarios energéticos y estrategias alternativas; 2) Aumento de la eficiencia energética en edificaciones, artefactos, transporte e industria; 3) Uso más limpio de combustibles fósiles; 4) Captura y secuestro de carbono; 5) Energía renovable; y 6) Mejor cooperación internacional.

Los ejercicios de modelación integrada (Integrated Assessment Models, IAMs) realizados en estos países<sup>114</sup> para simular escenarios que ilustren las implicaciones económicas, tecnológicas y los cambios estructurales necesarios para alcanzar estas metas apuntan los siguientes tres hechos estilizados cuya relevancia es importante destacar:

i) Los combustibles fósiles (gas, petróleo y carbón) continuarán aportando el 70-80% de la matriz energética global en el 2030. Este resultado es independiente de si los países adoptan o no, políticas para mejorar su seguridad energética y/o combatir el cambio climático. El resultado es robusto aún bajo el supuesto que se adoptan políticas para aumentar fuertemente la participación de fuentes renovables y nuclear en la matriz energética. Esto se debe a la ausencia de sustitutos competitivos que puedan desplazar a gran escala las fuentes fósiles durante el período 2005-2030, además de la inercia incorporada en el stock de capital e infraestructura energética vigente.

ii) Dado este predominio de las fuentes fósiles, acelerar el desarrollo, comercialización y difusión de ciertas tecnologías clave es determinante en todos los escenarios de intervención para lograr la meta de estabilizar el clima global dentro del rango prudente. Estas tecnologías serían:

a) la Captación y Almacenaje de CO<sub>2</sub> (CAC) en las plantas de generación termoeléctrica en estratos geológicos; b) la difusión masiva de termoeléctricas a carbón más limpias y eficientes (Clean Coal Technologies); c) el transporte de bajas/cero emisiones; d) la generación nuclear más segura; e) los biocombustibles de segunda generación; y f) otras necesarias para lograr importantes ganancias de eficiencia en el uso de energía en todos los sectores.

Dada esta realidad se prevé un incremento masivo de inversión en investigación y desarrollo (I+D), tanto público (países G-8, entre otros) como privado (empresas multinacionales) dirigidos a acelerar el desarrollo, comercialización y difusión de estas tecnologías durante la próxima década.

iii) Inducir la transición hacia economías menos intensivas en carbono requiere establecer una señal de precio por tonelada de CO<sub>2</sub>e emitida que sea creciente en el tiempo<sup>115</sup> durante las próximas décadas. Esta señal de precio es imprescindible para inducir las inversiones requeridas en sustitución de capital, combustibles y absorción tecnológica que requiere la transición. Todos los modelos de evaluación integrada que describen trayectorias costo-eficientes para alcanzar la meta de estabilización incorporan el equivalente a un impuesto a las emisiones (carbon tax) en los países que asumen el compromiso de mitigación.

En los países más industrializados (OCDE) esta señal de precio implícito por tonelada de emisión de CO<sub>2</sub> esta siendo introducida actualmente a través de la creación de sistemas de cuotas de emisión transables (EU ETS) o mercado europeo de carbono. Durante los próximos años probablemente se observen diversas combinaciones de regulación, instrumentos tipo impuestos específicos, y sistemas de cuotas/permisos de emisiones transables, en la política de mitigación de los países. Minimizar las distorsiones sobre la competitividad en la construcción de esta señal de precio por tonelada de CO<sub>2</sub>e constituye un serio desafío de coordinación para el esfuerzo de mitigación global.

<sup>114</sup> Ver por ejemplo: Proyecto UK-Japan “Towards low carbon economies 2050” <http://2050.nies.go.jp/index.html>. Escenarios al 2050 desarrollados por centros de investigación públicos y privados en los países participantes en este proyecto (Alemania, Estados Unidos, Francia, Holanda, Japón, y el Reino Unido, entre otros), están disponibles a través de <http://2050.nies.go.jp/sympo/20050324-e.html>

<sup>115</sup> Las simulaciones de trayectorias costo-eficientes de transición energética hacia economías menos intensivas en carbono apuntan a la necesidad de contar con señal de precio creciente en el tiempo por tonelada de emisión de CO<sub>2</sub>e. Sobre este punto ver: Global Energy Technology Strategy Program (GTSP) Phase 2 Findings from an International Public-Private Sponsored Research Program. (May 2007). Department of Energy Pacific Northwest National Laboratory (PNNL), University of Maryland, Joint Global Change Research Institute, Battelle foundation. <http://www.pnl.gov/gtsp/index.stm>

## 4.2 Rol de América Latina y el Caribe en los escenarios energéticos internacionales 2005-2030

### 4.2.1 Metodología

Para examinar el rol que puede jugar América Latina y el Caribe en ese contexto, y contrastarlo con el que jugarán otras regiones (países OCDE, Asia en desarrollo, China, Unión Europea etc.) es necesario referirse a los escenarios energéticos publicados internacionalmente<sup>116</sup>, entre otros, que permiten realizar esta comparación para identificar los cambios relevantes inducidos por la entrada en vigencia de un régimen internacional de mitigación del cambio climático.

A estos efectos el presente documento recurre a los escenarios al 2030 publicados por la Agencia Internacional de Energía (IEA – WEO, 2007) en *World Energy Outlook 2007*, y por la OCDE en *OECD Environmental Outlook to 2030* (OECD, 2008). Específicamente se hará referencia a los siguientes tres escenarios 2005-2030:

- **Escenario de referencia o línea base**<sup>117</sup>: supone la continuidad del marco de políticas actual durante todo el período de proyección 2005-2030. El escenario de referencia, o línea base, aporta una proyección del futuro esperado manteniendo las tendencias de trayectoria actual, en ausencia de intervención o políticas adicionales. Bajo este escenario se estima que **la demanda global de energía aumentaría 55% y las emisiones 57% llegando a 42 Gt CO<sub>2</sub> en el 2030 desde los 27 Gt CO<sub>2</sub> actuales.**
- **Escenario alternativo**<sup>118</sup>: supone la efectiva implementación de todas aquellas políticas de seguridad energética y mitigación de emisiones, que los países hayan anunciado, planeado o considerado hasta el año 2007, pero cuya aplicación todavía no se ha iniciado. La lista de estas políticas para países de América Latina y el Caribe se encuentra en el Anexo del presente documento. El escenario alternativo permite proyectar hasta donde nos llevaría el conjunto de políticas que hasta la fecha están siendo consideradas, y ver si las mismas son suficientes para alcanzar las metas de reducción planteadas o se necesita una intervención más fuerte. Bajo este escenario alternativo se estima que **la demanda global de energía aumentaría 35% y las emisiones 27% durante el período llegando a 34 Gt CO<sub>2</sub> en el 2030.**
- **Escenario de mitigación**<sup>119</sup>: representa una trayectoria para **asegurar que las emisiones de CO<sub>2</sub> globales en el 2030 hayan regresado a los niveles actuales (27.1 Gt anuales en 2005), tras haber alcanzado su máximo entre 2015-2020.** Esta restricción implica un desvío de la trayectoria actual hasta entrar en una trayectoria de estabilización consistente la meta de 450-500 ppm, tendencia central 2.4 C. El escenario asume políticas fuertes de mitigación para lograr cambios estructurales en la matriz energética global y no esta restringido sólo a las políticas que los países están considerando actualmente.

El Anexo I resume las características principales de estos escenarios con mayor detalle.

---

<sup>116</sup> Los escenarios publicados por el IPCC y la Agencia Internacional de Energía (IEA) son utilizados rutinariamente como líneas base o de referencia para el análisis prospectivo en los estudios que exploran opciones de política, tanto nacional como internacional, en materia de emisiones, energía y cambio climático. Ofrecen la ventaja de enmarcar el análisis dentro de parámetros aceptados como referencias oficiales y utilizados internacionalmente en la discusión especializada. Los escenarios disponibles más allá del 2030 pierden el nivel de detalle necesario. IEA World Energy Outlook ( WEO 2006 y 2007); IPCC Special Report on Emission Scenarios (SRES) IPCC, 2001

<sup>117</sup> El escenario de referencia y el escenario alternativo referidos aquí corresponden a los publicados en: World Energy Outlook 2007, International Energy Agency (IEA), OECD/EIA 2007.

<sup>118</sup> Idem.

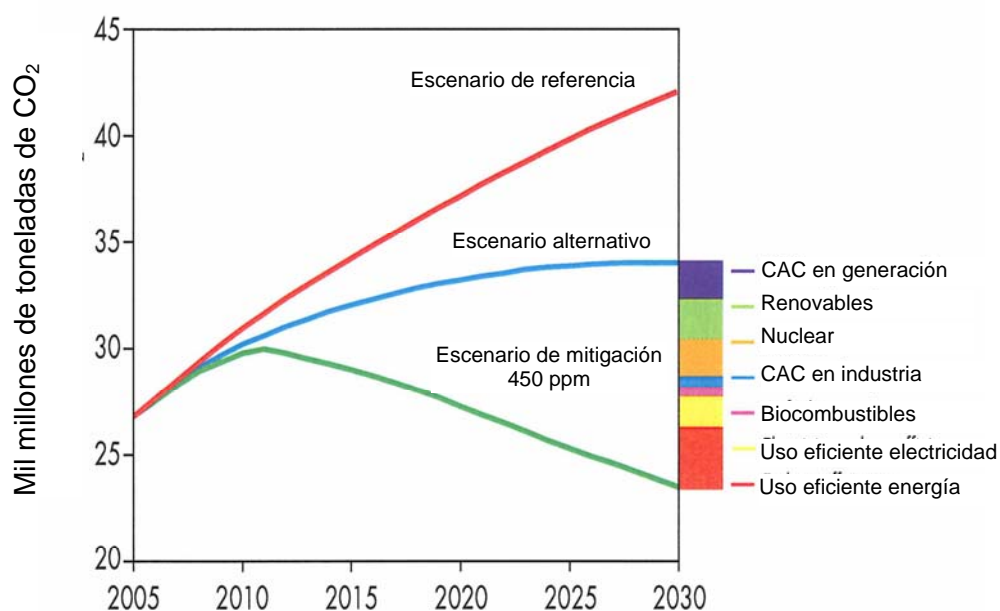
<sup>119</sup> El escenario de mitigación corresponde al escenario BAPS (Beyond Alternative Policy Scenario) publicado en: World Energy Outlook 2006, International Energy Agency (IEA), OECD/EIA 2006.

Para explorar las implicaciones para la región es necesario comparar entre sí: a) el escenario de referencia o línea base internacional 2006-2030; con b) el escenario de mitigación. El horizonte de tiempo apropiado para esta comparación abarca los próximos 20 años o el período hasta el 2030, ya que el fortalecimiento del régimen internacional y su aplicación por los países industrializados se espera ocurra dentro de ese período.

**Como hipótesis de trabajo se considera que el Escenario de Mitigación es una buena aproximación a lo que sería un régimen internacional fortalecido sobre cambio climático post-2012 orientado a las metas anunciadas por la Unión Europea<sup>120</sup>.**

El siguiente Gráfico 18 ilustra la diferencia en las emisiones de CO<sub>2</sub> proyectadas al 2030 bajo cada escenario, junto al conjunto de opciones tecnológicas que serían necesarias para lograr las reducciones adicionales en el escenario de mitigación.

**GRÁFICO 18**  
**TRAYECTORIA 2005-2030 DE LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> BAJO CADA ESCENARIO**



Fuente: IEA, WEO 2007.

<sup>120</sup> El escenario de mitigación en este caso es la intervención de la trayectoria actual (business as usual) a través del régimen internacional y la aplicación de un amplio conjunto de políticas e instrumentos, tanto en países OCDE como en vías de desarrollo, para lograr la meta de estabilización dentro del "rango prudente" de 450-500 ppm (tendencia central de 2 C para el aumento esperado de la temperatura media global. Tal y como lo viene proponiendo la Unión Europea y otros países.

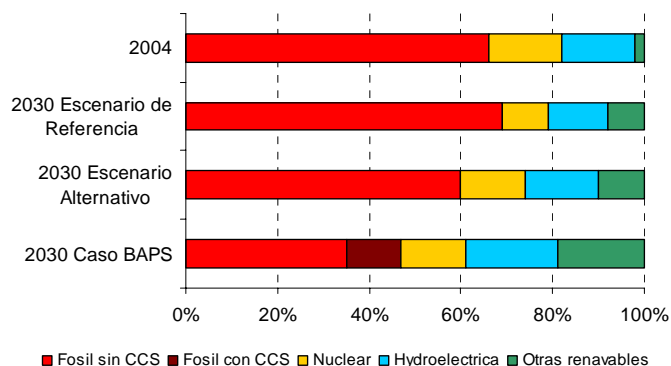
## 4.2.2 Qué implica moverse hacia el escenario de mitigación 2005-2030?

El **escenario de mitigación**<sup>121</sup> implica desviar la trayectoria actual a una trayectoria de estabilización de la concentración de CO<sub>2</sub>e hacia el límite inferior del rango 450-500 ppm. El rango inferior (estabilización a 450 ppm) corresponde al escenario de mitigación más ambicioso del IPCC. La trayectoria de estabilización implica importantes cambios tecnológicos, regulatorios, institucionales, y de movilización de recursos para intervenir la trayectoria actual y modificar las tendencias prevaletentes respecto al uso y producción de energía. Define un escenario agresivo de mitigación, fuertes ganancias de eficiencia energética para manejar el crecimiento proyectado de la demanda, mejoras de eficiencia en la oferta, mayor participación de las fuentes renovables y nuclear, así como el despliegue acelerado de nuevas tecnologías de energía limpia para la reducción de emisiones<sup>122</sup>. Varias de estas tecnologías no han sido comercializadas hasta la fecha. **La característica fundamental del escenario de mitigación es el hecho de que para el 2030 las emisiones globales regresan al mismo nivel que tenían en 2004, aproximadamente 27 GtCO<sub>2</sub>.**

### Escenario de mitigación a nivel global

Para alcanzar dicha meta son determinantes las fuertes ganancias de eficiencia que permiten suplir los mismos servicios con 15% menos energía y desplazar la oferta de energía hacia tecnologías más limpias. La composición de la generación por tipo de fuente se vería radicalmente alterada en comparación con el escenario de referencia al 2030, como se muestra en la siguiente Figura 5. El carbón continúa siendo la fuente más importante de energía eléctrica, pero su participación en la generación disminuye a 26% (2030) desde el 40% actual (2004). La generación a partir de gas natural pasa a ser la segunda fuente con 21% de participación proyectada al 2030. La generación eléctrica a partir de renovables, hidroeléctrica y nuclear se expande, representando cada una aproximadamente 17% del total<sup>123</sup>.

**FIGURA 5**  
**GENERACIÓN ELÉCTRICA: PARTICIPACIÓN POR TIPO DE COMBUSTIBLE**  
**EN LOS DISTINTOS ESCENARIOS AL 2030 Y EN EL 2004.**



Fuente: WEO 2007, IEA-OECD 2007.

<sup>121</sup> El escenario de mitigación utilizado para esta Beyond Alternative Policy Scenario 2004-2030 World Energy Outlook 2006.. IEA-OECD WEO 2006; y 450 ppm Stabilization Scenario IEA-OECD WEO 2007.

<sup>122</sup> El escenario BAPS no incluye la expansión en el acceso a la cobertura eléctrica (acceso a la energía) en los países en desarrollo. Según estimaciones de la Agencia Internacional de Energía (IEA) en el 2030 habría 1.4 billones de personas sin acceso eléctrico, y se requerirían inversiones de aproximadamente USD 25 billones anuales (adicionales a el escenario BAPS) para lograr acceso universal a energía eléctrica en el 2030.

<sup>123</sup> Beyond Alternative Policy Scenario 2004-2030 World Energy Outlook 2006.. IEA-OECD WEO 2006; y 450 ppm Stabilization Scenario IEA-OECD WEO 2007

### 4.3 Rol de América Latina y el Caribe en el escenario de mitigación 2005-2030

El Secretariado de la Convención de Cambio Climático (UNFCCC) para la última Conferencia de las Partes (COP-13) en Bali, publicó un análisis desagregado elaborado conjuntamente con la IEA-OECD utilizando el modelo OECD ENV-linkages, que estima el flujo de inversión adicional por región que sería necesario en el año 2030 para alcanzar las metas del escenario de mitigación (BAPS) en comparación con el escenario de referencia<sup>124</sup>.

Estas estimaciones publicadas por el Secretariado UNFCCC son indicativas del monto en inversión adicional en infraestructura (activos de capital) y flujos financieros requeridos por las medidas de reducción de emisiones para un año específico, en este caso el 2030, del escenario de mitigación. Se trata de una estimación de la inversión adicional necesaria en nuevos activos de capital y flujos financieros para cubrir el costo de las medidas de mitigación en el año 2030 reportada en dólares constantes del 2006<sup>125</sup>.

Esta estimación es indicativa sólo del monto de la inversión adicional anual de las medidas consideradas en el escenario de mitigación en el año 2030 en relación al escenario sin intervención<sup>126</sup>. **Para los efectos de este documento se utilizará esta estimación de inversión adicional requerida por sector en el año 2030 como variable instrumental para indicar el nivel de esfuerzo que significaría para la región participar activamente en el escenario de mitigación en comparación con otras regiones.**

Para el sector energético la estimación del Secretariado UNFCCC se encuentra desagregada en diez sectores que serían receptores de inversión adicional para ejecutar las medidas contempladas en el escenario de mitigación, como muestra el Cuadro 8 a continuación.

**CUADRO 8  
DESAGREGACIÓN DE ESTIMACIONES DE INVERSIÓN ADICIONAL EN 2030  
EN SECTORES**

		SECTORES
Oferta de Energía	Generación Eléctrica	Generación fósil Captura y almacenaje de CO2 Generación nuclear y renovable Infraestructura de Transmisión y Distribución
	Petróleo, gas, carbón	Producción de combustibles fósiles.
Consumo de Energía	Industria	Eficiencia energética en Industria. Captura y almacenaje de CO2 en industria Gases industriales (reducción no-CO2)
	Construcciones y Saneamiento	Eficiencia energética en edificios Rellenos sanitarios y tratamiento de aguas (metano)
	Transporte	Eficiencia energética en transporte Biocombustibles

Fuente: Traducido de UNFCCC (2007).

<sup>124</sup> UNFCCC Investment and Financial Flows to address climate change. UNFCCC, Bonn, October 2007. pp. 34-35.

UNFCCC. Investment and Financial Flows to address climate change.

<sup>125</sup> La estimación de inversión adicional requerida en 2030 es exclusivamente del costo de capital de nueva infraestructura y equipos, no incluye costos de operación y/o mantenimiento de estos equipos a lo largo de su ciclo de vida. En ningún caso constituyen una estimación del costo total de mitigación o de adaptación al cambio climático.

<sup>126</sup> Se trata de una estimación de la inversión adicional necesaria en nuevos activos de capital y flujos financieros para cubrir el costo de las medidas de mitigación en el año 2030 reportada en dólares constantes del 2006. La estimación de inversión adicional requerida en 2030 es exclusivamente del costo de capital de nueva infraestructura y equipos, no incluye costos de operación y/o mantenimiento de estos equipos a lo largo de su ciclo de vida. En ningún caso constituyen una estimación del costo total de mitigación o de adaptación al cambio climático.

El Cuadro 9 muestra la participación de América Latina y el Caribe en la estimación de inversión adicional neta al 2030 (agregando todos los sectores del Cuadro 8) que sería necesaria para lograr la reducción de emisiones del escenario de mitigación, en relación a otras regiones. La Tabla 9 también muestra la participación regional en las emisiones mundiales 2005 y las emisiones proyectadas al 2030. La desagregación por sector de inversión adicional requerida se presenta en secciones posteriores.

**CUADRO 9**  
**PARTICIPACIÓN REGIONAL EN LAS EMISIONES CO<sub>2</sub> GLOBALES EN 2005-2030,**  
**Y EN LA INVERSIÓN ADICIONAL REQUERIDA EN EL ESCENARIO DE MITIGACIÓN**

REGIONES	Emisiones CO <sub>2</sub> 2005 ACTUAL 27 Gt CO <sub>2</sub> Participación regional %	Emisiones CO <sub>2</sub> 2030 Esc. REFERENCIA 42 Gt CO <sub>2</sub> Participación regional %	Inversión adicional en 2030 Esc. MITIGACION - 15 Gt CO <sub>2</sub> Reducción necesaria vs. Esc. Referencia Millones USD (dólar 2006)
América Latina	3,5 %	3,9 %	\$ -5 670
Brasil			\$ -1 220
Otros ALC			\$ -4 350
México			\$ 6 470
Asia	28,0 %	41,6 %	\$ 41 300
China	19,0	27,3	\$ 33 500
India	4,3	7,9	\$ 7 600
Países en Desarrollo	39,0 %	55 %	\$ 38 700
OECD	48,0 %	36,0 %	\$ 66 900
EEUU	18,2	16,4	\$ 51 800
Unión Europea	14,5	10	\$ 6 800
Mundial	100	100	\$ 109 000

Fuente: Elaboración propia con base en estadísticas: IEA WEO 2007, UNFCCC 2007

Los hechos estilizados más significativos al comparar la participación de América Latina y el Caribe en relación a otras regiones son los siguientes:

- América Latina y el Caribe es la única región donde la inversión adicional anual estimada al 2030 para lograr las metas del escenario mitigación (meta propuesta por la Unión Europea) es negativa ( - 5,700 millones USD). Es decir que la región ahorraría inversiones aplicando las políticas del escenario de mitigación en relación a un escenario donde las políticas actuales permanecen sin cambio<sup>127</sup>.
- Este no es el caso de México donde se prevé sería necesaria una inversión adicional de aproximadamente 6,500 millones USD para costear las políticas del escenario de mitigación.

<sup>127</sup> Este efecto se debe a que las políticas de mitigación incluyen inversiones para lograr fuertes ganancias en eficiencia energética. Estas inversiones en eficiencia permiten atenuar el crecimiento proyectado de la demanda de energía, con el consecuente ahorro de combustible, y adicionalmente haciendo innecesarias inversiones mayores para expandir la infraestructura de generación, transmisión y distribución de energía que habría que hacer en ausencia de políticas. El ahorro relativo en combustibles, e infraestructura de generación, transmisión y distribución de energía bajo el escenario de mitigación en comparación con la trayectoria actual se da en todas las regiones. Sin embargo otras áreas de la política de mitigación como aumentar la eficiencia del sector transporte, industrial, residencial etc., instalar nuevas tecnologías (CAC, Clean Coal etc.) siempre requieren inversiones adicionales en todas las regiones. Según las estimaciones de inversión adicional neta publicadas por el Secretariado UNFCCC (2007) que utilizamos aquí como instrumento, América Latina y el Caribe sería la única región donde el monto de la inversión ahorrada (combustible, infraestructura energética) resulta mayor que el monto de la inversión adicional requerida (eficiencia industrial, transporte, industria, residencial etc.). Según estas estimaciones, en términos netos, participar en el escenario de mitigación implica para la región movilizar menos inversiones hacia el sector energético que las requeridas en ausencia de políticas.

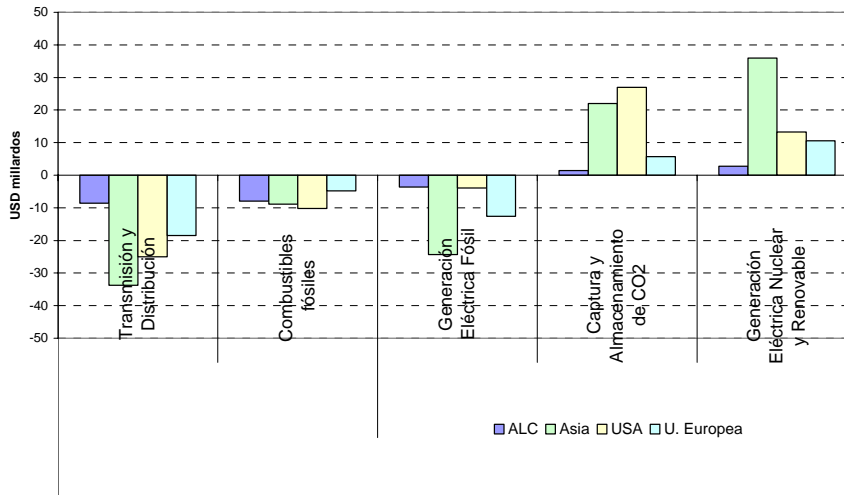


- En contraste los países OCDE requieren 66,900 millones USD de inversión adicional, de los cuales Estados Unidos representa 51,800 millones USD, y la Unión Europea 6,800 millones USD.
- Entre los países en vías de desarrollo, Asia requiere 41,300 millones USD de inversión adicional anual al 2030, entre los cuales China representa 33,500 millones USD.
- Bajo todos los escenarios la participación de América Latina y el Caribe en las emisiones de CO<sub>2</sub> mundiales es ligeramente menor al 4%.
- Sin embargo al interior de la región, la reducción de emisiones que asume el escenario alternativo 2030 vs. el escenario de referencia es de casi un – 20% y mayor aún en el escenario de mitigación. Si bien en el concierto global la región pesa poco, no será fácil lograr estas reducciones de emisiones al interior de la región (mínimo un -20% respecto a la trayectoria sin intervención) sin una fuerte voluntad política y capacidad efectiva para su implementación por parte de los gobiernos.
- A medida que los países de América Latina y el Caribe convergen hacia mayores niveles de ingreso per cápita durante el período 2005-2030, naturalmente manifiestan una demanda energética creciente, donde destaca la demanda por transporte y consumo eléctrico industrial. Estas tendencias, estructuralmente asociadas al proceso de desarrollo económico, implican un consumo creciente de combustibles fósiles cuya sustitución a gran escala se prevé económica y tecnológicamente viable a muy largo plazo. Este hecho resalta la importancia clave de aumentar la eficiencia en el uso de energía para manejar el crecimiento proyectado de la demanda energética en América Latina y el Caribe, y otras regiones en desarrollo, donde se prevé el mayor crecimiento económico durante el período 2005-2030.

El rol que puede jugar América Latina y el Caribe en el escenario de mitigación de emisiones CO<sub>2</sub> es muy diferente al de los países más industrializados de la OCDE, dadas las características propias del sector energético en los países de la región. Los Gráficos 19 y 20 a continuación comparan las estimaciones de inversión adicional en el 2030 requerida en el escenario de mitigación para América Latina, Asia, Estados Unidos y la Unión Europea en los distintos sectores examinados en este capítulo.

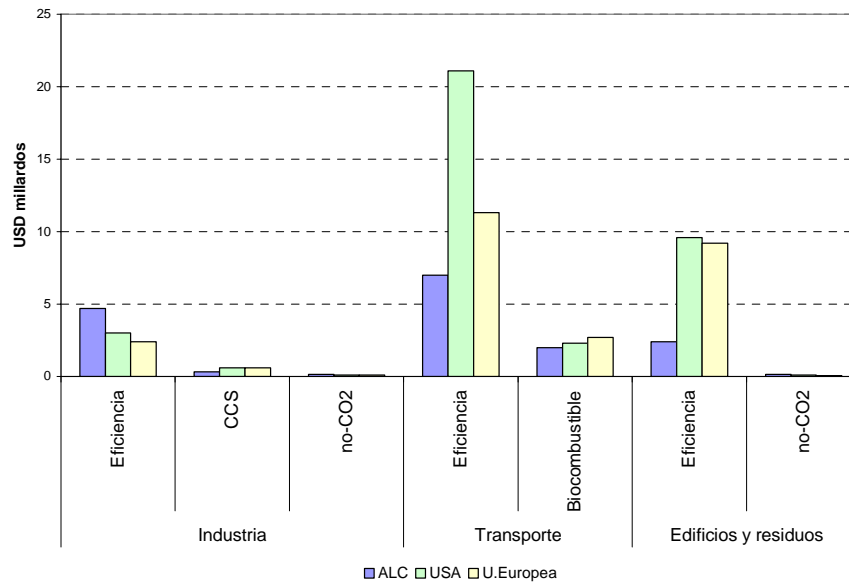
Se evidencia que en relación a los montos de inversión adicional requerida en Estados Unidos y Europa, la participación de América Latina y el Caribe en el escenario de mitigación es significativa sólo en lo que se refiere a inversión en eficiencia en el sector transporte (7,000 millones USD vs. 21,000 millones y 12,000 millones en EEUU y la UE respectivamente); en biocombustibles (2,000 millones USD principalmente en Brasil vs. 2,300 millones y 2,700 millones en EEUU y la UE), y en mejoras de la eficiencia del sector industrial (4,000 millones USD principalmente en México vs. 3,000 millones y 2,400 millones en EEUU y la UE). El mayor potencial de ahorro de inversiones para América Latina y el Caribe estaría en infraestructura de transmisión y distribución eléctrica (-8,600 millones USD), producción de combustibles fósiles (- 8,000 millones USD) y combustibles fósiles para generación eléctrica (- 3,700 millones USD) que no serían necesarios de participar la región en el escenario de mitigación en comparación con su trayectoria tendencial

**GRÁFICO 19**  
**INVERSIÓN ANUAL ADICIONAL ESC. MITIGACIÓN 2030**  
**ALC – ASIA – USA – UE**  
**GENERACIÓN, INFRAESTRUCTURA, COMBUSTIBLE**



Fuente: elaboración propia. Fuente estadística UNFCCC (2007).

**GRÁFICO 20**  
**INVERSIÓN ANUAL ADICIONAL ESC. MITIGACIÓN 2030 ALC – USA - UE**



Fuente: elaboración propia. Fuente estadística UNFCCC (2007).

Las secciones a continuación examinan con más detalle las implicaciones para el sector energético en los países OCDE y en América Latina y el Caribe.

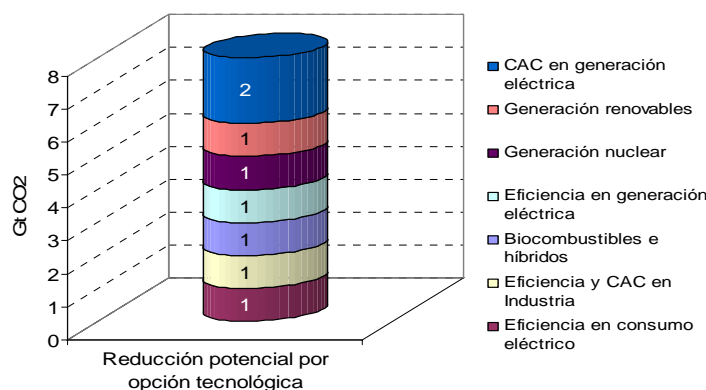
## 4.4 América Latina y el Caribe: Participación sectorial en el escenario de mitigación 2005-2030.

Desde la perspectiva del sector energético, la IEA sugiere las siguientes siete áreas como iniciativas promisorias para lograr las reducciones de emisiones necesarias para llegar al 2030 con el mismo nivel de emisiones del 2004 (lograr la meta del escenario de mitigación):

- Aumento de eficiencia en la generación eléctrica.
- Manejo de la demanda de electricidad y aumento de eficiencia en el uso.
- Aumento de eficiencia en el sector industrial.
- Aumento de eficiencia en el sector transporte.
- Aumento de generación a partir de fuentes renovables.
- Aumento de generación a partir de energía nuclear.
- Introducción de tecnologías de captura y secuestro de carbono en la generación eléctrica.

Siguiendo el marco propuesto por Pacala y Socolow<sup>128</sup> de la "cuña de tecnologías" (*technology wedge*) que habría que desplegar en el sentido de que cada una de estas iniciativas aportaría una parte del total de reducciones necesarias para retornar en el 2030 al nivel de emisiones del 2004 (8 Gt de reducción de CO<sub>2</sub> adicionales al escenario alternativo, o 14.8 Gt CO<sub>2</sub> adicionales al escenario de referencia). El Gráfico 21 ilustra las seis áreas de oportunidad con sus respectivas reducciones potenciales de cara al escenario de mitigación. A continuación se examina el rol que pudiera jugar América Latina y el Caribe, en contraste con los países OCDE y otras regiones, en cada una de esas áreas con base en la prospectiva publicada por el Secretariado UNFCCC, IEA y el IPCC.

**GRÁFICO 21**  
**REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN EL SECTOR ENERGÍA**  
**ESC. MITIGACIÓN 2030**



Fuente: WEO 2006. IEA-OECD 2006.

<sup>128</sup> S. Pacala and R. Socolow, *Stabilization Wedges: Solving the Climate Problem for the Next 50 Years with Current Technologies*. Science 13 August 2004: Vol. 305. no. 5686, pp. 968 - 972

#### 4.4.1 Sector de generación eléctrica: aumento de eficiencia<sup>129</sup>

La generación eléctrica es el sector de más rápido crecimiento durante el período proyectado. En América Latina y el Caribe el manejo del crecimiento proyectado de la demanda eléctrica a través de ganancias de eficiencia bajo el escenario de mitigación permitiría ahorrar en términos netos inversiones estimadas al 2030 del orden de 15,000 millones de dólares al año en importación de hidrocarburos para generación (- 8,000 millones USD), y en infraestructura de transmisión y distribución (- 7,000 millones USD). Esto se debe al efecto mencionado anteriormente donde las ganancias de eficiencia del lado de la demanda, desplazan la necesidad de invertir en expandir la capacidad de generación<sup>130</sup>. Así la inversión adicional requerida en infraestructura de generación e importaciones de combustible fósil en comparación con el escenario de referencia para nuestra región sería -24%, en efecto un ahorro de recursos.

El Cuadro 10 a continuación compara las estimaciones de inversión anual requerida en infraestructura energética de generación eléctrica, transmisión y distribución, y producción de combustibles fósiles al 2030 en el escenario de referencia y en el de mitigación (filas sombreadas). Se observa en todos los casos que la inversión en el escenario de mitigación es menor que la proyectada en el escenario de referencia, lo cual sugiere un ahorro de recursos bajo el escenario de mitigación al menos en cuanto a infraestructura eléctrica y producción de combustibles fósiles. La última columna muestra la inversión adicional neta que se requeriría en cada uno de estos sectores en el escenario de mitigación, como porcentaje de la inversión de referencia proyectada en el escenario sin intervención. Según estas estimaciones el país con mayor potencial de ahorrarse inversiones en infraestructura eléctrica y producción de hidrocarburos sería Brasil (-39% ), seguido del resto de la región (-22%) y de México (-8%). La proyección asume que la potencia instalada en América Latina crece al 3.5% anual en promedio llegando a 504 GW (en 2030) y 330 GW (en 2015) desde la base actual de 206 GW (2004)<sup>131</sup>.

**CUADRO 10**  
**ALC: INVERSIÓN PROYECTADA AL 2030 EN INFRAESTRUCTURA ENERGÉTICA**  
**ESCENARIO DE REFERENCIA VS. MITIGACIÓN (USD MILLARDOS)**

	Escenario 2030	Transmisión y Distribución	Generación eléctrica	Producción de carbón	Producción de petróleo	Producción de gas.	Total Inversión Millardos USD	Inversión adicional Esc. Mitigación %
ALC	Referencia	23,4	15,6	0,4	14,5	10,2	64,2	
	Mitigación	14,8	16,2	17,3			48,3	-25
Brasil	Referencia	4,6	4,4	0,0	5,3	1,8	16,2	
	Mitigación	1,9	3,4	4,5			9,8	-39
México	Referencia	6,1	2,6	-	-	-	8,7	
	Mitigación	4,5	3,5	0,0			8,0	-8
Resto ALC	Referencia	12,7	8,6	0,4	9,2	8,4	39,3	
	Mitigación	8,4	9,3	12,8			30,5	-22

Fuente: Elaboración propia con base en datos de WEO 2006, IEA-OECD (2006) y UNFCCC (2007)

Nota: escenario de referencia proyecta una potencia instalada al 2030 de 504 GW en la región de los cuales 42% es gas natural y 47% hidroeléctrica. México se incluye en América Latina y el Caribe. Cifras en millardos de dólares 2006.

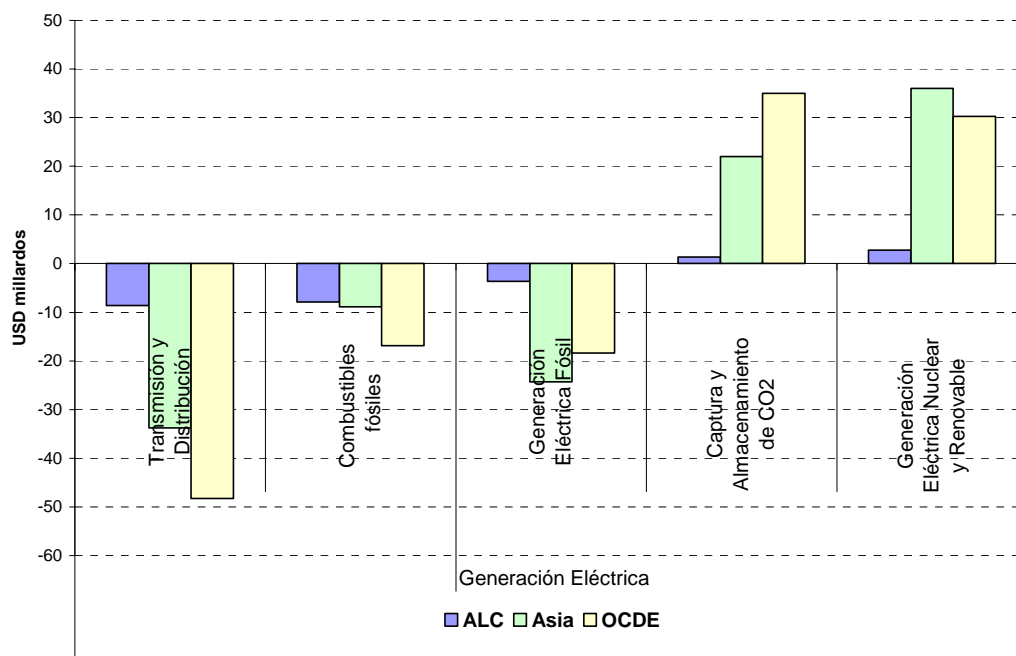
<sup>129</sup> Síntesis y traducción de Sección: Going Beyond the Alternative Policy scenario (BAPS). World Energy Outlook 2006. IEA-OECD p.256-262

<sup>130</sup> UNFCCC (2007). Investment and Financial Flows to address climate change. Pp. 35-65. UNFCCC, Bonn, October 2007.

<sup>131</sup> Estas estimaciones son indicativas y deben tratarse con cautela. Bajo tasas de expansión menores y previendo algunos cambios de políticas en el período 2005-2030 para mejorar la eficiencia y seguridad energética esta cifra tendería a sobreestimar el ahorro que la región efectivamente lograría en comparación a su trayectoria en ausencia de una política de participación activa en el escenario de mitigación.

El siguiente Gráfico 22 compara la estimación de inversión adicional en infraestructura de generación eléctrica de distintos tipos y producción de hidrocarburos de América Latina, Asia y OCDE en el año 2030. **Para América Latina el ahorro estimado más significativo estaría en inversiones evitadas en Transmisión y Distribución ( -7.0 millardos USD) y ahorro de Combustibles Fósiles en la oferta de energía ( - 7.9 millardos USD ) anuales casi igual al proyectado para Asia.** En contraste el Gráfico 22 muestra como Asia y la OCDE son las regiones donde se espera el grueso de inversión en tecnologías de Captura y Almacenamiento de Carbono (CAC) y expansión de la capacidad de generación nuclear y renovables. La participación de América Latina en estas es poco significativa a nivel global en el escenario de mitigación. La mayor parte de las oportunidades para inversiones en generación fósil de última generación (carbón limpio) y CAC residen en Asia (China, India y el resto de Asia), los países OCDE y las economías en transición. En América Latina y el Caribe sólo hacia el final del horizonte 2005-2030 se espera estarían maduras las condiciones para justificar la introducción de tecnologías de carbón limpio.

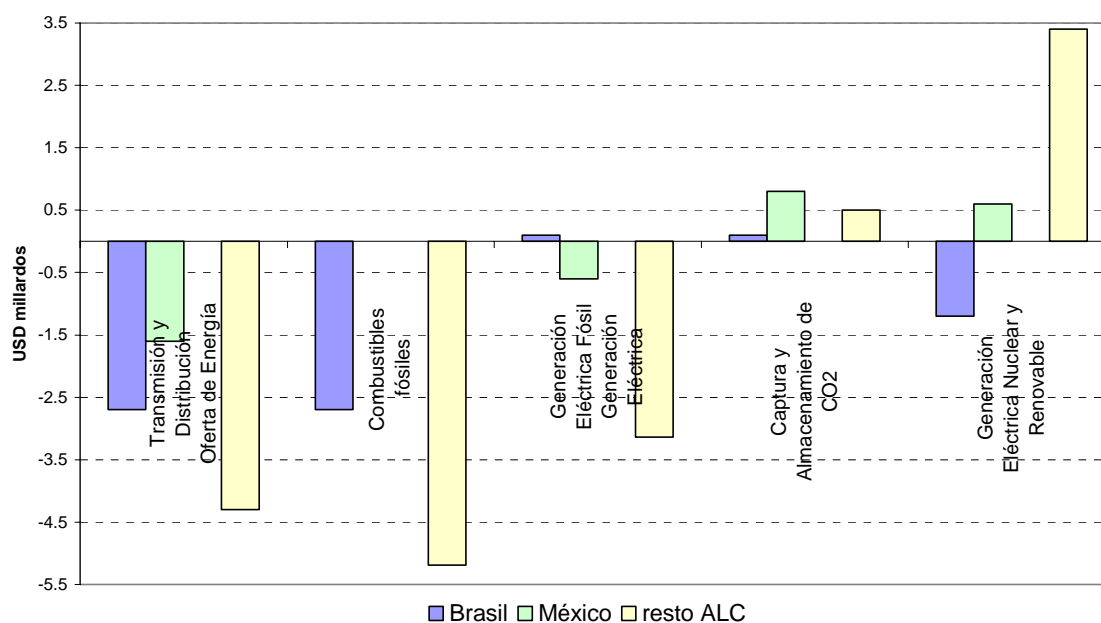
**GRÁFICO 22**  
**INVERSIÓN ADICIONAL EN 2030 ESC. MITIGACIÓN**  
**ALC – ASIA – OCDE**  
**OFERTA DE ENERGÍA**



Fuente: elaboración propia. Fuente estadística UNFCCC (2007)

La estimación de la inversión adicional requerida en los países al interior de la región se muestra el Gráfico 23, se prevé un patrón de ahorro similar en infraestructura de transmisión y distribución, y nueva capacidad de generación fósil que no sería necesario instalar bajo el escenario de mitigación. Brasil presenta un comportamiento diferenciado porque se estima puede ahorrar inversiones en generación renovable y nuclear (en relación al escenario de referencia). En México y el resto de la región se prevé inversión adicional neta para expandir capacidad en estos rubros.

**GRÁFICO 23**  
**INVERSIÓN ADICIONAL EN 2030 ESC. MITIGACIÓN**  
**BRASIL - MÉXICO - OTROS ALC**  
**OFERTA DE ENERGÍA**



Fuente: elaboración propia. Fuente estadística UNFCCC (2007)

### Sector eléctrico a nivel global

Fuera de la región a nivel global en el sector eléctrico se requeriría el retiro temprano de las termoeléctricas a carbón menos eficientes (550 GW) y su reemplazo por plantas más eficientes de carbón limpio (eficiencia promedio 48%, Clean Coal Technologies). Este reemplazo y mejora de eficiencia en el sector eléctrico permitiría ahorrar 0.5 Gt de emisiones de CO<sub>2</sub> adicionales al 2030. Se requerirían políticas para inducir los retiros como cambios en las tasas de depreciación del capital, estándares de eficiencia para termoeléctricas a carbón, e incentivos para la instalación de las tecnologías avanzadas. La difusión de generación eléctrica descentralizada a partir de celdas de combustible con hidrógeno (por ejemplo para suplir demanda eléctrica residencial entre otras) permitiría ahorrar 0.5 Gt de emisiones adicionales si alcanza suplir 550 TWh de la oferta global de electricidad.

Las economías de escala de la demanda e ingreso necesarias para inducir la penetración de las tecnologías de carbón limpio y generación eléctrica descentralizada se prevé se darán primero en otras regiones (OCDE, Asia, Rusia y países en transición) antes que en América Latina y el Caribe, donde no se prevé la penetración de estas tecnologías no antes del 2020.

#### 4.4.2 Ahorro y manejo de la demanda de electricidad<sup>132</sup>

Como muestra el Cuadro 11 en América Latina y el Caribe esta oportunidad se traduce fundamentalmente al ahorro de electricidad producido por una mejora en la eficiencia de equipos domésticos y de oficina (luminarias, artefactos eléctricos del hogar, refrigeradores y aparatos de

<sup>132</sup> Síntesis y traducción de Sección: Going Beyond the Alternative Policy scenario (BAPS). World Energy Outlook 2006. IEA-OECD p.256-262

aire acondicionado entre otros). En términos agregados la diferencia de emisiones entre el escenario de mitigación vs. el escenario de referencia en el sector edificios estaría alrededor de un – 10% para la región. **América Latina y el Caribe requeriría inversión adicional del orden de 2,000 millones de dólares al 2030 para desarrollar esta oportunidad.** México y Brasil representando 900 y 400 millones USD (dólares 2006) respectivamente para el año 2030.

**CUADRO 11**  
**ESTIMACIONES DEL POTENCIAL DE MITIGACIÓN EL SECTOR EDIFICIOS EN AMÉRICA LATINA, JUNTO AL AHORRO DE EMISIONES E INVERSIÓN ADICIONAL REQUERIDA**

SECTOR EDIFICIOS Residencial/comercial Consumo de combustible	Escenario 2030	Combustibles Fósiles Mtoe	Electricidad Mtoe	Combustibles No-fósiles Mtoe	Consumo Total Mtoe	Emisiones CO2 proyectadas Millones toneladas CO2.	Reducción de emisiones Esc. Mitigación 2030 %	Inversión adicional Esc. Mitigación 2030 Millones USD
ALC	Año 2000	28	27	26	81	73		
	Referencia	80	77	38	196	226		
	Mitigación	72	60	38	171	203	-10	2 000
Brasil	Referencia	15	23	13	51	45		
	Mitigación	14	18	12	43	41	-9	400
México	Referencia	17	15	7	40	48		
	Mitigación	16	12	7	36	45	-6,5	900
Resto ALC	Referencia	49	38	18	105	133		
	Mitigación	43	30	19	91	117	-12	700

Fuente: Elaboración propia con base en datos de WEO 2006, IEA-OECD (2006) y UNFCCC (2007).

Nota: Escenario de referencia proyecta una potencia instalada al 2030 de 504 GW en la región de los cuales 42% es gas natural y 47% hidroeléctrica. México se incluye en América Latina y el Caribe. Mtoe = Millones de toneladas de petróleo equivalente.

### Sector edificios a nivel global

A nivel global el escenario de mitigación implica aumentar la eficiencia promedio en el uso de electricidad por un 50% adicional por sobre el nivel que se conseguiría bajo las políticas actualmente en consideración. Este ahorro desplazaría la construcción de 200 GW de termoeléctricas a carbón, ahorrando 1 Gt de emisiones anuales de CO<sub>2</sub> al 2030. Dos tercios de este ahorro en electricidad puede hacerse en los sectores residencial y de servicios, ambos presentan alto potencial técnico para medidas de eficiencia energética. El resto del ahorro estaría en la industria, a través de motores más eficientes. Serían necesarias políticas de precio, regulaciones e incentivos para el retiro temprano del capital a desplazar.

El sector de edificios residenciales y comerciales presenta un alto potencial para reducir el consumo de electricidad a través de mejoras en la eficiencia de luminarias y aislamiento térmico, incluyendo generación combinada de electricidad y calor de pequeña escala (países OCDE), de equipos de aire acondicionado y calderas y bombas mejoradas (en países en vías de desarrollo), y de equipos eléctricos domésticos y de oficina (en ambos países OCDE y en vías de desarrollo). Se requieren programas para introducir las nuevas tecnologías aprovechando el reemplazo de edificios y la expansión de construcción en las ciudades de rápido crecimiento.

### 4.4.3 Sector industrial: Aumento de la eficiencia energética y captura de emisiones<sup>133</sup>

En términos agregados la diferencia de emisiones entre el escenario de mitigación vs. el escenario de referencia en el sector industrial estaría alrededor de – 25% a – 30% para la región. Según las estimaciones del Secretariado de la UNFCCC el sector industrial en **América Latina y el Caribe requeriría inversiones adicionales del orden de 1,260 millones USD al 2030, más 290 millones en tecnología de Captura y Almacenamiento de Carbono (CAC)** bajo el escenario de mitigación. Brasil representaría el 30% y México el 37% de este total. Esta inversión adicional representaría aproximadamente 1.5% de la inversión anual proyectada para el sector industrial en la región al 2030<sup>134</sup>.

**CUADRO 12**  
**ESTIMACIONES DEL POTENCIAL DE MITIGACIÓN EL SECTOR INDUSTRIAL EN AMÉRICA LATINA, JUNTO AL AHORRO DE EMISIONES E INVERSIÓN ADICIONAL REQUERIDA**

SECTOR INDUSTRIAL Consumo de combustible	Escenario 2030	Combustibles Fósiles Mtoe	Electricidad Mtoe	Combustibles No-fósiles Mtoe	Consumo Total Mtoe	Emisiones CO2 proyectadas Millones toneladas CO2.	Reducción de emisiones Esc. Mitigación 2030 %	Inversión adicional Esc. Mitigación 2030 Millones USD
ALC	Año 2000	28	27	26	81	73		
	Referencia	168	88	55	309	1 070		
	Mitigación	141	73	52	266	780	-27	1 850
Brasil	Referencia	56	26	43	125	240		
	Mitigación	47	21	40	107	181	-25	614
México	Referencia	35	21	1	56	415		
	Mitigación	31	18	1	50	289	-30	649
Resto ALC	Referencia	77	41	11	128	415		
	Mitigación	63	34	11	108	310	-25	588

Fuente: Elaboración propia con base en datos de WEO 2006, IEA-OECD (2006) y UNFCCC (2007).

Nota: Sectores incluidos: Pulpa y Papel; Cemento/Cal ; Ind. Acero/Hierro; Minería; Ind. Química; otra Manufactura. Emisiones CO2 (WEO 2006). Emisiones no-CO2 (proyecciones US EPA). Inversión estimada (UNFCCC 2007, OECD, IEA). Escenario de referencia proyecta una potencia instalada al 2030 de 504 GW en la región de los cuales 42% es gas natural y 47% hidroeléctrica. México se incluye en América Latina y el Caribe.

A nivel mundial e requeriría aumentar en 7% la eficiencia de los combustibles fósiles utilizados por la industria (ahorro de 0.5 Gt de emisiones de CO<sub>2</sub>). Se requerirían políticas de precio y otras para reducir el costo de capital de equipos más eficientes. La instalación de equipos de secuestro y captura de CO<sub>2</sub> (tecnologías CCS) de pequeña escala en calderas y hornos industriales permitiría ahorrar 0.5 Gt de emisiones adicionales. Esto último requeriría regulación o subsidios para su instalación y ocurriría principalmente en países OCDE, China e India. La introducción de esta tecnología en América Latina y el Caribe comenzaría más tardíamente.

<sup>133</sup> Síntesis y traducción de Sección: Going Beyond the Alternative Policy scenario (BAPS). World Energy Outlook 2006. IEA-OECD p.256-262

<sup>134</sup> UNFCCC (2007). Investment and Financial Flows to address climate change. Pp. 35-65. UNFCCC, Bonn, October 2007.



#### 4.4.4 Sector transporte: vehículos más eficientes y limpios<sup>135</sup>

En el sector transporte en los países OCDE se requeriría que el 60% de las ventas de nuevos vehículos ligeros fueran vehículos híbridos en el 2030 (versus 18% estimado bajo las políticas actualmente en consideración); además de duplicar el consumo de biocombustibles en transporte en relación a la proyección esperada bajo las políticas actualmente en consideración. Estas metas permitirían ahorrar 1 Gt adicional de CO<sub>2</sub> al 2030. Se requerirían políticas de promoción de tecnología automotor híbrida, incluyendo subsidios para la compra de vehículos, adopción de nuevos estándares y regulación, e impuestos sobre los vehículos menos eficientes. Así como regulación de mezclas mínimas de biocombustibles en el combustible automotor e incentivos a la construcción de biorefinerías. Los países más industrializados tendrían que acelerar el desarrollo de las tecnologías de baterías para vehículos híbridos y de los biocombustibles de segunda generación (a partir de ligno-celulosa) a través de políticas específicas para que las mismas puedan comercializarse y difundir su utilización masiva en el mediano plazo.

El Cuadro 13 a continuación muestra las estimaciones del Secretariado de la UNFCCC bajo el escenario de mitigación. **América Latina y el Caribe sería la región con mayor inversión adicional en el sector biocombustibles al 2030 con 2,000 millones USD. Representando casi 22% del total de inversión adicional mundial en el sector (9.200 millones USD)**<sup>136</sup>.

En el horizonte 2005-2030 el consumo de petróleo en el sector transporte en América Latina y el Caribe crecería 1.7% en promedio anual sin intervención, y 0.8% en el escenario alternativo siendo en el 2030 20% menor en este último caso según las proyecciones publicadas por la IEA. **Para alcanzar las metas del escenario de mitigación se requerirían inversiones adicionales anuales de 4,600 millones USD en eficiencia vehicular y 2,000 millones USD en expansión del uso biocombustibles principalmente en Brasil.** Incluyendo México dentro de América Latina, la estimación de la inversión adicional necesaria en eficiencia vehicular sube a 7,000 millones USD ( 2,400 millones USD adicionales por el parque automotor en México).

**CUADRO 13**  
**ESTIMACIONES DE INVERSIÓN ADICIONAL REQUERIDA**  
**EN EL SECTOR TRANSPORTE AL 2030**

SECTOR TRANSPORTE	% Inversión mundial 2000	Inversión Año 2000 (USD millones)	Inversión adicional Escenario de Mitigación 2030 (USD millones)		Diferencia en Consumo de Petróleo y Biocombustible (Mtoe) Escenario alternativo vs. referencia	
			Eficiencia Energética y vehículos	Biocombustibles	Petróleo 2030 Reducción	Biocombust. 2030 Aumento
América Latina y el Caribe	6%	54 000	4 600	2 000	-36 Mtoe	+8 Mtoe
Brasil			2 200	2 000		
México			2 400	0		
Resto ALC			2 500	0		
Países Kyoto Anexo I (OECD+economías en transición)	71%	630 000	47 300	5 200		
Países No-Anexo I (en vías de desarrollo)	28%	248 000	31 500	4 000		
TOTAL mundial inversión adicional			78 800	9 200	- 438 Mtoe	38 Mtoe
Participación ALC en total inversión adicional			5,8%	21,7%	8%	21%

Fuente: Elaboración propia con base en datos de WEO 2006, IEA-OECD (2006) y UNFCCC (2007).

<sup>135</sup> Ibid.

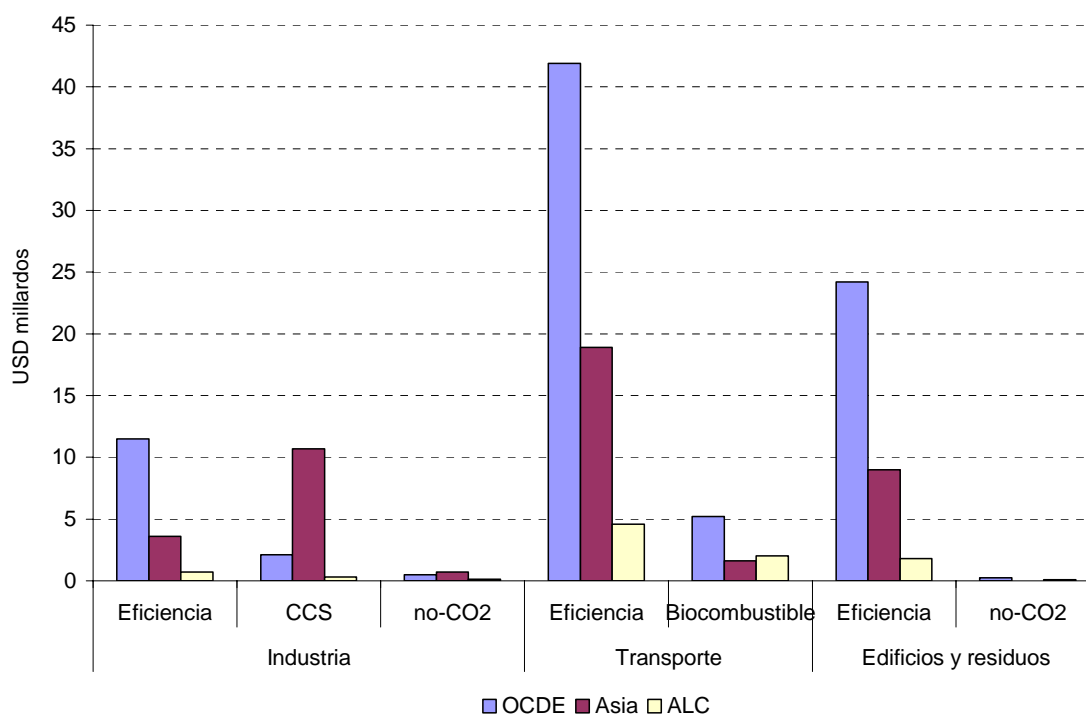
<sup>136</sup> Como comparación la inversión total en sector transporte y comunicaciones en América Latina y el Caribe (excluyendo México) en el año 2000 fue de 54,000 millones USD o 6% del total mundial en esa categoría. UNFCCC (2007) con base en UNSTAT national accounts database y World Bank 2006 world development indicators.

El siguiente Gráfico 24 compara la estimación de inversión adicional requerida bajo el escenario de mitigación en los sectores industrial, transporte y edificios/residuos en América Latina, Asia y OCDE. En América Latina y el Caribe el esfuerzo estaría concentrado en eficiencia en el sector transporte (4,600 millones USD), después en eficiencia en el sector industrial y edificios residenciales/comerciales con aproximadamente 2,000 millones USD cada uno, y sería relativamente menor en comparación con otras regiones.

### Sector transporte a nivel global

A nivel mundial el grueso de la inversión requerida en eficiencia en el transporte lo hace la OCDE (principalmente Estados Unidos), seguido de Asia con un monto unas cuatro veces menor. El mismo patrón se repite en el sector de edificios (mejoras de eficiencia) donde la inversión requerida en países OCDE es aproximadamente el doble que en Asia. En cuanto a eficiencia en el sector industrial la mayor inversión ocurre también en países OCDE, seguida de Asia con aproximadamente un tercio del total en ese sector. En cuanto a inversión en tecnologías de Captura y Almacenamiento de Carbono (CAC) en el sector industrial se prevé que el grueso de inversión ocurra en Asia, asociado a la generación de electricidad con carbón, seguido de OCDE con un monto varias veces menor. A nivel mundial la participación de América Latina y el Caribe en el total de inversión adicional estimado para estos sectores sólo es mayor al 10% en el sector de biocombustibles, lo que refleja la fortaleza de Brasil en ese sector.

**GRÁFICO 24**  
**INVERSIÓN ADICIONAL EN 2030 ESCENARIO MITIGACIÓN**  
**ALC – ASIA - OCDE**

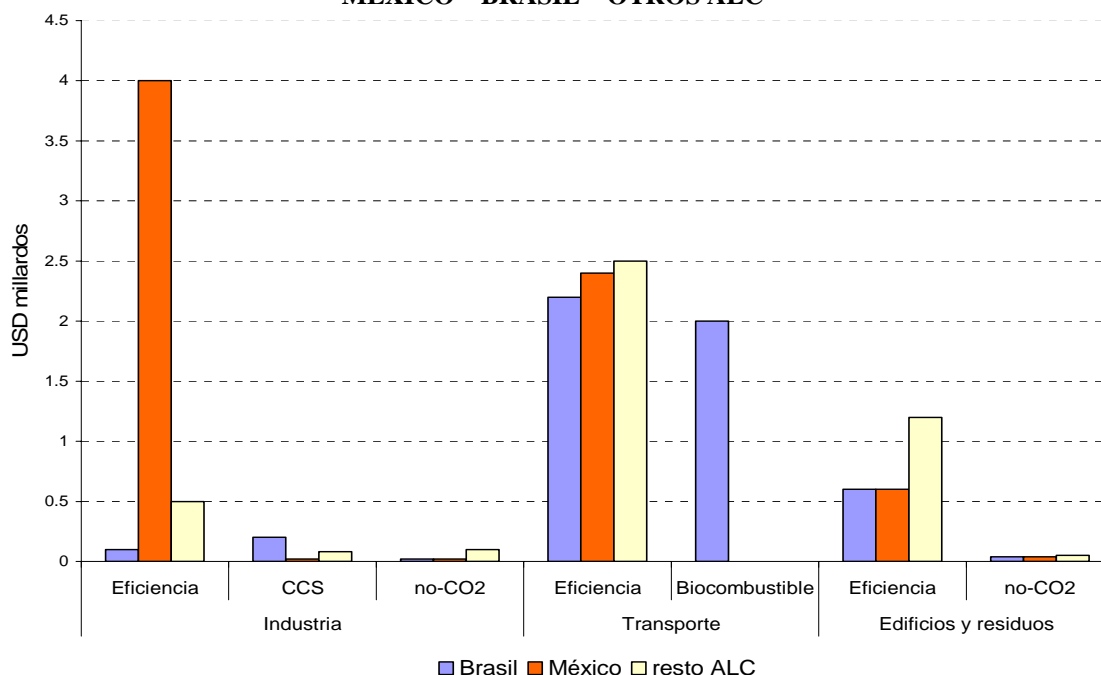


Fuente: elaboración propia con base en estadísticas UNFCCC (2007).

El comportamiento de la inversión adicional dentro de la región estimada para estos sectores, se muestra en el Gráfico 24. En América Latina y el Caribe la mayor inversión adicional requerida bajo el escenario de mitigación se concentraría en mejorar la eficiencia del sector transporte. Varias veces menor sería la inversión requerida en mejorar la eficiencia del sector

edificios. México presenta un comportamiento diferenciado al resto de la región concentrando casi el total de la inversión adicional estimada para mejoras de eficiencia de su parque industrial. Este resultado pudiera estar asociado a que la proyección incorpora el supuesto de que México converge hacia estándares de eficiencia industrial de los países OCDE. Brasil en tanto concentra casi la totalidad de la inversión adicional en el sector biocombustibles.

**GRÁFICO 25**  
**INVERSIÓN ADICIONAL EN 2030 ESC. MITIGACIÓN**  
**MÉXICO – BRASIL – OTROS ALC**



Fuente: elaboración propia con base en estadísticas UNFCCC (2007)

#### 4.4.5 Aumento en la generación eléctrica a partir de energía nuclear<sup>137</sup>

Para América Latina y el Caribe el escenario alternativo prevé una expansión de la generación nuclear de 4 Mtoe en 2005 a 12 Mtoe en 2030, lo cual implica que su participación pasaría de 3% a 5% de la generación total en el 2030. Esto implica una tasa de crecimiento promedio anual de 4.0% durante el período 2005-2030, por encima del promedio mundial de 1.6% para la energía nuclear en generación durante el mismo período. En el escenario de mitigación se prevé que los países No-Anexo I multipliquen por cuatro su inversión en fuentes nucleares (de 3 a 14 millardos USD), y los países Anexo I por casi tres veces (de 15 a 40 millardos USD) en el año 2030.

A nivel mundial requeriría expandir la capacidad de generación nuclear en 245 GW adicionales a los previstos en el escenario de referencia que reemplazarían termoeléctricas a carbón. Llevando la capacidad mundial de generación nuclear instalada al 2030 a 660GW (versus 416 GW en el escenario de referencia). Esta expansión requeriría políticas para reducir el costo de capital, minimizar riesgos de disposición de residuos y mejorar la aceptación pública.

<sup>137</sup> Ibid

#### 4.4.6 Aumento de fuentes renovables en la generación de electricidad<sup>138</sup>

La participación de América Latina y el Caribe en el escenario de mitigación implica las siguientes inversiones adicionales para aumentar la capacidad de generación nuclear y por fuentes renovables. Estas se estiman en el orden de 630 millones USD en México y 3,380 millones USD en otros países de la región a excepción de Brasil. El caso brasilero es singular porque se estima que ahorraría inversiones del orden de -1,200 millones USD en generación nuclear y renovable adicional que hubiera requerido para enfrentar la mayor demanda proyectada bajo el escenario de referencia.

Para una visión más detallada de los cambios que se prevén en la participación de distintas fuentes en la generación de electricidad es preciso recurrir a las proyecciones desagregadas disponibles en el escenario alternativo. Los Cuadros 14 y 15 muestran que en América Latina y el Caribe el escenario alternativo prevé una expansión de la participación del gas natural, energía nuclear, y otras renovables (eólica, geotermia, etc.) por encima de sus respectivas tasas de crecimiento promedio anual de estas en el resto del mundo.

- **La categoría que crece más en la región es "otras renovables"** (eólica, geotermia, fotovoltaica, etc.) su participación en la generación pasa de 2% en 2005 (2 Mtoe) a 7% (17 Mtoe) en el 2030.
- La generación a partir de biomasa y metano también crece pasando de 4% en 2005 (5 Mtoe) a 6% en el 2030 (16 Mtoe).
- **El gas natural en generación crece fuertemente**, su participación pasa de 22% en 2005 (27 Mtoe) a 37% en el 2030 (90 Mtoe), desplazando básicamente generación a petróleo.
- **La generación a partir de petróleo se contrae fuertemente** perdiendo participación de 20% en 2005 (25 Mtoe) a 3% en el 2030 (8 Mtoe).
- La generación a partir de carbón también perdería participación pasando de 6% en 2005 (8 Mtoe) a 4% en el 2030 (11 Mtoe).
- La hidroeléctrica pasa de 53 Mtoe en 2005 a 93 Mtoe en 2030, lo cual implica que su participación pasaría de 43% a 38% de la generación total en el 2030.

#### Fuentes renovables a nivel global

A nivel mundial existe el potencial de ahorrar 1 Gt de emisiones de CO<sub>2</sub> adicionales a través de expansiones de la capacidad instalada de generación hidroeléctrica y otras fuentes renovables en 550 TWh cada una al 2030. Esta inversión elevaría la participación de fuentes renovables en el total de generación de energía a un 32% (versus 22% en el escenario de referencia). Se requerirían políticas de promoción como tarifas de entrada ( "feed-in tariffs"), requisitos mínimos de generación por fuentes renovables, medidas para reducir el costo de capital y políticas tecnológicas para acelerar la reducción de costos de estas tecnologías.

---

<sup>138</sup> Síntesis y traducción de Sección: Going Beyond the Alternative Policy scenario (BAPS). World Energy Outlook 2006. IEA-OECD p.256-262

**CUADRO 14**  
**COMPOSICIÓN DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN ALC Y MUNDO:**  
**ESCENARIO ALTERNATIVO 2030**

Combustible	ALC			Crec. avg anual %	Mundial			Crec. avg anual %
	2005 %	2015 %	2030 %		2005 %	2015 %	2030 %	
Carbón	6	4	4	1,1	46	45	39	0,9
Petróleo	20	10	3	-4,3	7	5	3	-1,5
Gas	22	34	37	4,9	21	22	22	1,7
Nuclear	3	5	5	4,0	17	16	17	1,6
Hidro	43	39	38	2,3	6	7	7	2,5
Biomasa Desechos	4	5	6	4,6	2	3	6	6,8
Otras renovables	2	2	7	8,5	1	2	5	7,7
Total Generación Mtoe	125	189	285	3,4	4 261	5 354	6 298	1,6

Fuente: elaboración propia. Fuente estadística IEA-WEO (2007).

**CUADRO 15**  
**COMPOSICIÓN DEMANDA DE ENERGÍA PRIMARIA EN ALC Y MUNDO:**  
**ESCENARIO ALTERNATIVO 2030 (GENERACIÓN ELÉCTRICA + OTRAS FUENTES)**

Combustible	ALC			Crec. avg anual %	Mundial			Crec. avg anual %
	2005 %	2015 %	2030 %		2005 %	2015 %	2030 %	
Carbón	5	4	4	0,9	25	26	23	1,0
Petróleo	45	40	35	0,8	35	33	31	0,8
Gas	20	25	27	3,0	21	21	22	1,5
Nuclear	1	2	1	4,0	6	6	7	1,6
Hidro	11	11	12	2,3	2	3	3	2,5
Biomasa Desechos	18	17	18	1,7	10	10	11	1,7
Otras renovables	0	1	3	9,5	1	1	3	8,2
Total demanda energía primaria Mtoe	500	623	776	1,8	11 429	13 818	15 783	1,3

Fuente: elaboración propia. Fuente estadística IEA-WEO (2007).

#### 4.4.7 Introducción de tecnología de Captura y Secuestro de CO<sub>2</sub> (CCS) en la generación eléctrica<sup>139</sup>

A nivel global la introducción de tecnologías CCS en el sector eléctrico ofrece el potencial de ahorrar 2 Gt de emisiones de CO<sub>2</sub> al 2030. Requeriría equipar con la tecnología el 70% de nueva capacidad instalada como plantas a carbón, y el 35% de la nueva capacidad instalada como plantas a gas. El 80% de las emisiones capturadas sería de las termoeléctricas a carbón, lo cual ofrecería una solución a la expansión proyectada durante el período 2005-2030, particularmente en China e India, junto a la creciente utilización bajo tecnologías de Carbón Limpio (“Clean Coal”, gasificación y lecho fluidificado).

Promover la maduración acelerada de esta tecnología requiere inversión focalizada en su investigación y desarrollo por los países industrializados, incentivos para proyectos de demostración a gran escala, garantías de financiamiento, cooperación internacional para instalarla en los países en vías de desarrollo, estándares de emisión en nuevas plantas, y alguna forma de señal de precio para las emisiones de CO<sub>2</sub> (vía impuestos, o sistemas de permisos de emisión transables). Bajo escenarios optimistas se prevé que a partir del 2030 las tecnologías CCS hayan madurado y estén en proceso de difusión a nivel global.

<sup>139</sup> Ibid

## 4.5 Rol de América Latina y el Caribe en el escenario de mitigación 2005-2030 en comparación con otras regiones

### 4.5.1 Condiciones de borde para la región en el escenario de mitigación 2005-2030

Los posibles efectos sobre la región de un régimen caracterizado por el escenario de mitigación escapan del ámbito estrictamente ambiental para abarcar ámbitos económicos, tecnológicos y de competitividad comercial, entre otros. La aceleración en la reducción de los costos unitarios de tecnologías más limpias, junto a los cambios esperados en la regulación y las estructuras de incentivos en los mercados más industrializados (Unión Europea, Japón, y el resto de la OECD), pueden inducir cambios en los mercados de los distintos combustibles y sus cadenas energéticas (carbón, petróleo, gas, renovables).

En particular por el efecto combinado de nuevos instrumentos y regulación que inciden sobre los combustibles en función de su relativa contribución a las emisiones de gases de efecto invernadero. La mayoría de los países de América Latina y el Caribe son importadores netos de hidrocarburos y tecnología, por lo tanto los cambios inducidos en estos mercados internacionales bajo el escenario de mitigación se convierten en condiciones de borde a las cuales los países de la región deben responder. A continuación se analiza brevemente la dirección esperada de los posibles cambios en estos mercados.

### 4.5.2 Mercado internacional de hidrocarburos

**Petróleo.** El mercado de petróleo se ha caracterizado durante los últimos años por un fuerte empuje de demanda debido al rápido crecimiento de los países en desarrollo, principalmente asiáticos, en presencia de restricciones de oferta que mantienen la tendencia actual a precios record por barril. El crecimiento esperado en los países en desarrollo a corto y mediano plazo sugiere que este empuje de demanda no es coyuntural, y que dicha tendencia continuará manifestándose en el mercado petrolero mundial independientemente de cualquier escenario de mitigación aplicado en los países OCDE. Las restricciones de oferta actuales obedecen al retraimiento de la inversión en países productores durante los últimos años por la inestabilidad en el Medio Oriente y cambios de política frente a la inversión internacional en el sector petrolero en otras regiones, junto con limitaciones en la capacidad de refinación entre otros factores.

En teoría, la aplicación de políticas tipo “carbon tax” y el aumento de eficiencia en el sector transporte en los grandes países consumidores de la OCDE, tendría el efecto reducir el crecimiento esperado en la demanda de hidrocarburos de esos países en ausencia de intervención, aliviando parcialmente el empuje actual de la demanda global.

Sin embargo aún así no se esperaría que estas políticas en los países OCDE causaran grandes movimientos de precio en el mercado internacional de petróleo<sup>140</sup>. El empuje de la demanda de petróleo global se proyecta continúe siendo motorizado por la expansión económica de China, India y los países asiáticos durante las próximas décadas. Adicionalmente los países OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo) históricamente han ajustado sus

---

<sup>140</sup> Las políticas de mitigación de los países OCDE del tipo carbon tax o cuotas de emisiones transables pueden encarecer el precio final que pagan los consumidores al interior de dichos países por los combustibles (carbón, gas, petróleo y derivados) y transmitirse a través de la cadena de costos hacia múltiples sectores. El eventual impacto de la aplicación de estos instrumentos al interior de los países tiene repercusiones en múltiples sectores y amerita un análisis de equilibrio general. En la literatura se encuentran numerosos ejemplos de aplicaciones de modelos de equilibrio general computable para simular los posibles efectos de instrumentos del tipo mencionado en distintos países.

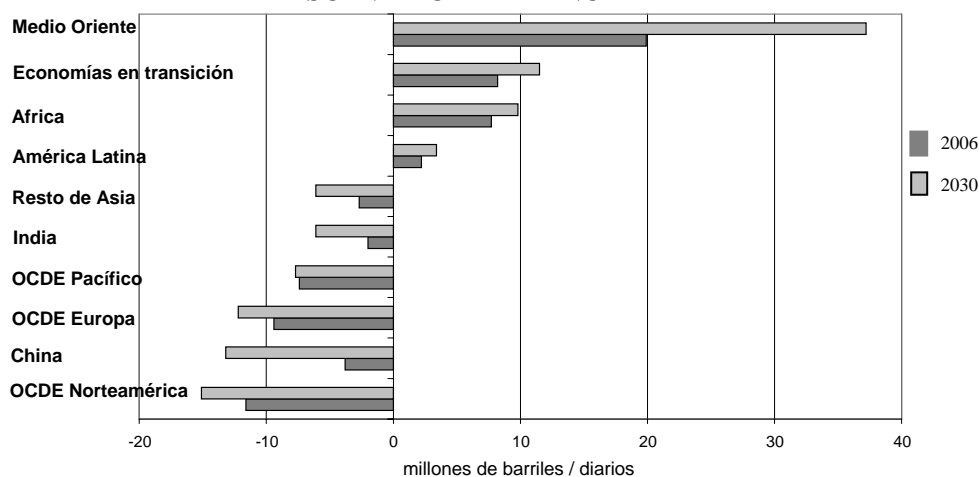
volúmenes de producción en concordancia con los desarrollos en la demanda de petróleo del mundo industrializado. Por estos motivos no se espera que la aplicación de las políticas de mitigación en países OCDE pudiera impactar significativamente los precios del mercado petrolero mundial.

Los escenarios revisados no incorporan todo el aumento registrado en los precios internacionales de los hidrocarburos en los últimos años. La Agencia Internacional de Energía supone que dicha elevación contiene elementos coyunturales y utiliza USD 60 dólares por barril de crudo en su proyección. Sin embargo en caso de mantenerse en el tiempo un escenario de precios altos (> USD 90 dólares por barril de crudo) pudiera conducir a un crecimiento menor en la demanda de energía fósil y reducir las perspectivas de crecimiento económico en el corto y mediano plazo en comparación con el proyectado.

Para los países importadores netos de hidrocarburos, que son la mayoría en América Latina y el Caribe, este escenario de menor crecimiento (y menos emisiones) pudiera restar importancia a que la región participe o no en el esfuerzo global del escenario de mitigación. Debido a que simplemente los altos precios de los hidrocarburos reducirían el crecimiento de la demanda energética, aún en ausencia de políticas explícitas de mitigación del cambio climático. Es un escenario no deseable a corto/mediano plazo que sin embargo alteraría el panorama que ilustran los escenarios revisados anteriormente. La persistencia de altos precios del crudo tendría el efecto de disminuir las posibilidades de crecimiento económico y con ello las emisiones en un entorno recesivo y de posible aumento de la pobreza.

El Gráfico 26 ilustra, como bajo un escenario sin intervención 2030, se prevé una fuerte expansión de las importaciones de petróleo en China, India y el resto de Asia; y en menor grado en países OCDE en Norteamérica y Europa. La mayoría de esta demanda sería suplida expandiendo las exportaciones del Medio Oriente. Por lo menos a corto y mediano plazo no se espera que las señales que pudieran surgir de la aplicación de políticas de mitigación de cambio climático en los grandes países consumidores de la OCDE impacten significativamente las dinámicas de oferta y demanda que vienen caracterizando el mercado petrolero mundial durante la última década<sup>141</sup>.

**GRÁFICO 26**  
**EXPORTACIÓN/IMPORTACIÓN DE PETRÓLEO. PROYECCIÓN 2030**  
**ESCENARIO REFERENCIA**



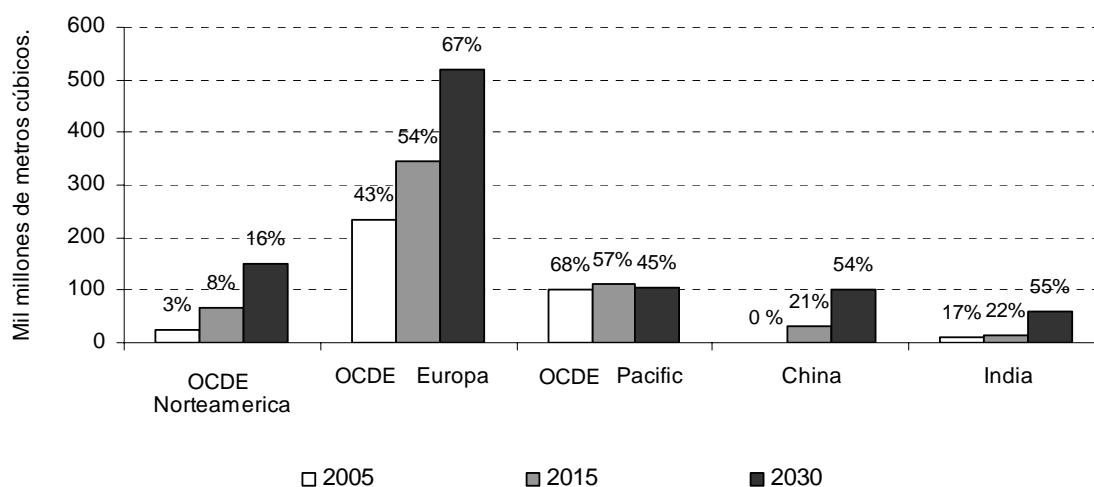
<sup>141</sup> Un horizonte sostenido de precios record en el mercado petrolero puede jugar en contra del esfuerzo de mitigación global porque puede estimular la entrada al mercado de combustibles sintéticos a partir de bitúmenes pesados (synfuels, shale oils etc.). Estos combustibles tienen un perfil contaminante mayor y su desarrollo, según los distintos modelos, juega en contra de la penetración de tecnologías de Carbón Limpio y Captura y Almacenaje de CO2 por motivos económicos.

Fuente: IEA-OECD. WEO 2007.

**Gas.** En cuanto a la demanda de gas natural se prevé un fuerte impulso en el mercado internacional y cada vez mayor penetración de infraestructura asociada a la utilización del mismo en los escenarios publicados 2005-2030. Este desarrollo de los mercados de gas también es independiente de las señales que pudieran surgir de la aplicación de políticas de mitigación de cambio climático en los grandes países consumidores de la OCDE, y obedece a la competitividad de este combustible frente a otras alternativas.

El siguiente gráfico muestra el importante aumento esperado al 2030 en las importaciones de gas natural como participación en la demanda de energía primaria en países OECD bajo el escenario de referencia o en ausencia de políticas de mitigación. La aplicación de instrumentos tipo “carbon tax”, entre otros, cuya incidencia discrimine entre combustibles según su contenido de carbono, tendría el efecto de ampliar la ventaja competitiva del gas natural, frente al carbón natural y derivados de petróleo en las distintas aplicaciones de generación de energía. El Gráfico 27 a continuación ilustra el crecimiento estimado por región entre 2005-2030 en las importaciones de gas en términos absolutos y como porcentaje de la demanda de energía primaria en un escenario sin intervención.

**GRÁFICO 27**  
**IMPORTACIÓN NETA DE GAS NATURAL POR REGIÓN**  
**PROYECCIÓN ESCENARIO REFERENCIA**

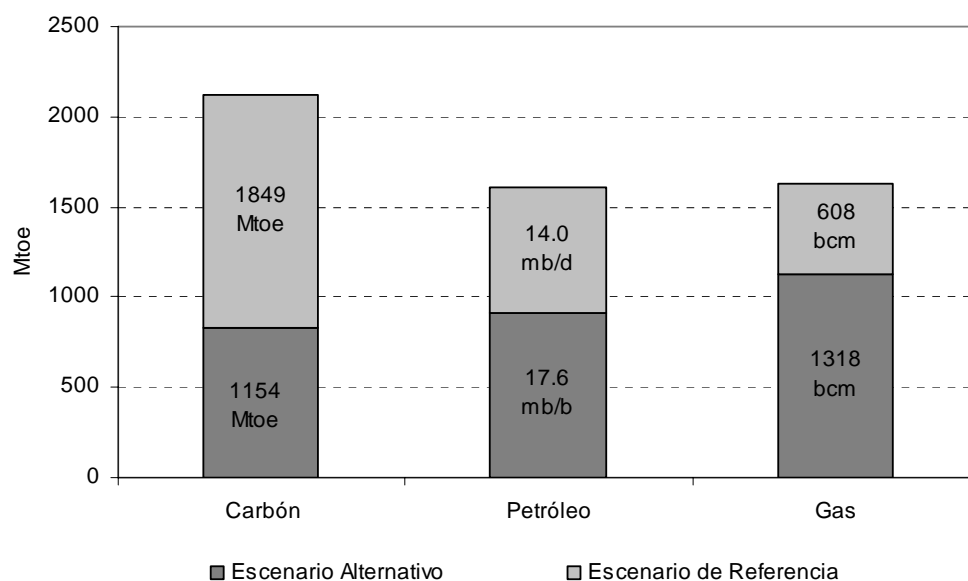


Fuente: IEA-OECD. WEO 2007.

**Carbón.** La demanda de carbón experimentaría una significativa reducción en su ritmo de crecimiento esperado en caso de que efectivamente se apliquen las políticas esbozadas en el escenario de mitigación por los países OCDE durante el período 2005-2030. Incluso bajo el escenario donde sólo se aplican las políticas de seguridad energética y mitigación de emisiones anunciadas hasta el 2007 por estos países, se estima que las mismas reducirían en un 60% la demanda incremental de carbón en relación al escenario de referencia. El siguiente Gráfico 28 ilustra como la aplicación de políticas de seguridad energética y reducción de emisiones anunciadas hasta la fecha, impactan diferencialmente el crecimiento de la demanda mundial esperada de carbón, petróleo y gas entre 2005-2030. El mercado más impactado es el del carbón, seguido del petrolero. Las políticas de mitigación inducen una mayor sustitución hacia el gas natural, como combustible relativamente más limpio.



**GRÁFICO 28**  
**DEMANDA INCREMENTAL POR TIPO DE COMBUSTIBLE FÓSIL**  
**ESC. REFERENCIA VS. ALTERNATIVO 2005-2030**



Fuente: IEA-OECD. WEO 2007. Unidades: Mtoe= millones de toneladas de petróleo equivalente; mb/d millones de barriles de petróleo por día; bcm = mil millones de metros cúbicos.

### 4.5.3 Mercados de capital y tecnología de bajas emisiones

En los últimos años ha resurgido la inversión para investigación y desarrollo (I+D) de nuevas tecnologías de energía renovable y energía fósil más limpia. Este renovado impulso a la inversión en investigación y desarrollo de tecnologías energéticas está siendo adelantado tanto por los gobiernos (ej. Estados Unidos, Japón, Reino Unido, Unión Europea, etc.) a través del presupuesto público para investigación y desarrollo tecnológico; como entre las grandes transnacionales de la energía, anticipando cambios estratégicos en los mercados internacionales de tecnologías energéticas y combustibles a raíz del combate al cambio climático.

Los gobiernos de países G-8 están invirtiendo conjuntamente fondos públicos en proyectos piloto que buscan adelantar la maduración de la tecnología de captura e inyección bajo tierra las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas en la generación eléctrica (*carbon capture and storage* CCS) por el rol clave que puede jugar en el escenario de mitigación. Sin embargo la mayoría de expertos no ven posible su comercialización antes del 2020 o incluso más tarde. La inversión privada se ha dirigido a lograr avances en las tecnologías de carbón limpio en generación eléctrica (*clean coal technologies*), tecnologías de biocombustibles, generación eólica, fotovoltaica y otras renovables.

Bajo el escenario de mitigación 2005-2030 esta tendencia en la inversión en investigación y desarrollo tecnológico en los países OCDE se vería reforzada. Al igual que se verían reforzadas las iniciativas de creación de fondos y facilidades financieras multilaterales, regionales y nacionales específicamente dirigidos a energía limpia y eficiencia energética. Entre los efectos probables se encontrarían:

- Aceleración de la reducción del costo unitario de las tecnologías energéticas más limpias, tanto fósiles como renovables (ej. carbón limpio, etc.), en relación a las tasas históricas a la cual han venido cayendo sus costos hasta la fecha.

- Esta reducción esperada del costo unitario de las tecnologías más limpias puede acelerar su penetración en la región a medida que se expanden sus mercados y la inversión dirigida a acelerar su desarrollo y comercialización.
- Crecimiento de los mercados de carbono y otros incentivos que aumenten el retorno de los proyectos de energía limpia, eficiencia energética y reducción de emisiones frente a las opciones convencionales.
- Crecimiento de los flujos de inversión y oferta financiera dirigida específicamente a proyectos de energía limpia, eficiencia energética, y reducción de emisiones. Tanto en países OCDE como en los países en vías de desarrollo, vía la banca multilateral, fondos internacionales específicos, y facilidades de financiamiento nacionales en los países<sup>142</sup>. La utilización de estas facilidades financieras ha sido débil hasta la fecha<sup>143</sup>, pero se espera que la demanda se intensifique tan pronto emerjan señales claras del proceso de negociación del régimen internacional sobre cambio climático que regirá en el período post-2012.

El Capítulo 5 a continuación intenta esbozar oportunidades para la región dentro de este cuadro y derivar algunas recomendaciones de política.

---

<sup>142</sup> Entre las iniciativas de la banca multilateral se encuentra el Clean Energy Investment Framework del Banco Mundial inaugurado en 2006; el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) inaugura en 2007 dentro del Fondo Multilateral de Inversiones (MIF) el conglomerado de inversión en energía limpia (Clean Energy Investment Cluster). Desde 1999 la Corporación Andina de Fomento (CAF) estableció Programa Latinoamericano de Carbono (PLAC). A nivel global el Global Environmental Facility (GEF) también incluye líneas de financiamiento específicas para energía limpia y reducción de emisiones. La mayoría de los análisis del desempeño de estos fondos multilaterales GEF coincide en que aún no alcanzan la masa crítica necesaria para impactar significativamente las tendencias globales en materia de inversión energética y que se requeriría triplicar su volumen de inversión para lograrlo.

<sup>143</sup> Ver por ejemplo:

An Investment Framework For Clean Energy An Development: A Progress Report, World Bank IMF Development Committee (Joint Ministerial Committee of the Boards of Governors of the Bank and the Fund On the Transfer of Real Resources to Developing Countries) DC2006-0012, September 5, 2006; y IDB Financial Instruments for Advancing Clean Energy Investment in Latin America and the Caribbean, July 2006 preparado por Ecoenergy International Corporation para el Taller Regional sobre el Marco de Inversión en Energía Limpia en América Latina y el Caribe organizado por el BID en Marzo 2006

## **5. Implicaciones de política pública: desafíos y oportunidades para la inserción regional en el régimen internacional sobre cambio climático**

### **Mensajes principales**

- El fortalecimiento del régimen internacional para combatir el cambio climático, y la consecuente implantación en los países industrializados de las políticas del escenario de mitigación reseñadas en el Capítulo anterior, se evidencian como tendencias a las que América Latina y el Caribe tendrá que hacer frente durante la próxima década.
- El examen preliminar del rol que puede jugar el sector energético de la región en un esfuerzo de mitigación global apunta a mayoritariamente hacia oportunidades de aumentar la eficiencia en el uso de energía a todo nivel y desplegar políticas para manejar el crecimiento esperado de la demanda de energía regional, reducir progresivamente la dependencia en importaciones de hidrocarburos, y promover la participación de fuentes alternativas.
- Se trata de un conjunto de políticas que son de interés para los países de la región independientemente de la agenda internacional sobre cambio climático, y que han sido identificadas desde tiempo atrás como oportunidades a priorizar en la agenda de política energética de los países.
- Sin embargo en la mayoría de los países la aplicación efectiva de estas políticas se ha visto postergada por distintos motivos. Siendo sólo recientemente, frente al escenario de precios record del petróleo alcanzado durante 2007-2008, que vienen retomando la atención de los gobiernos, motivados sobre todo por consideraciones de seguridad de abastecimiento energético y manejo macroeconómico del “shock” por el alza de precio record de los hidrocarburos.
- Frente a este escenario y desde la perspectiva del sector energético, la región tiene la oportunidad de avanzar simultáneamente su propia agenda rezagada en materia de política energética, y al mismo tiempo jugar un rol proactivo dentro del régimen internacional para combatir el cambio climático.

Sin embargo la participación activa de América Latina y el Caribe en un escenario de mitigación del cambio climático global liderado por países OCDE presenta desafíos a la luz de las

tendencias estructurales que viene manifestando América Latina y Caribe desde la década de los '90 en el sector energético, entre las que se destacan las siguientes:

## 5.1 Rezago en inversión en infraestructura energética

El escenario de mitigación implica la movilización de inversión adicional y su direccionamiento a metas específicas como el aumento de la eficiencia energética en sector transporte, industrial, en la generación, entre otros. En la última década la región se caracteriza por un importante rezago en su capacidad de movilizar suficiente inversión en su infraestructura energética. Las reformas regulatorias que han efectuado los países desde la década de los '90 no ha logrado inducir un crecimiento balanceado del sector energético en gran parte de los países de la región. Este rezago se manifiesta en todos los niveles de la cadena energética:

- a nivel de producción y generación (déficit de inversión para expandir la capacidad de oferta en gas, petróleo y carbón; déficit de inversión para expandir la capacidad de generación y transmisión eléctrica, expandir la oferta de renovables etc.);
- a nivel de distribución (déficit de inversión para lograr pleno acceso a energía de calidad y mantener la calidad de la cobertura actual etc.);
- a nivel de uso final (déficit de inversiones para capturar ganancias de eficiencia, mejorar la calidad de los combustibles, etc.).

En vista de esta situación de rezago la región tendrá que encarar durante la próxima década inversiones importantes en todos los eslabones de su infraestructura energética, lo cual representa un importante desafío de movilización de recursos. **Desde el punto de vista del esfuerzo de mitigación global, un punto crítico consiste en el despliegue de incentivos económicos (mercados de carbono, regulación, transferencias financieras y tecnológicas etc.) para impactar las decisiones de inversión en infraestructura energética en los países en vías de desarrollo hacia opciones menos intensivas en carbono y emisiones.** No es evidente que los países de la región cuenten con la suficiente voluntad política y capacidad de implementación necesaria para hacer el esfuerzo adicional de movilizar las inversiones que requiere la participación en el escenario de mitigación.

Esto presenta un riesgo, pero a la vez una oportunidad. Como se señaló antes, existe una clara comprensión en la comunidad internacional de la importancia de crear las condiciones para que el sendero energético que transiten los países en vías de desarrollo hacia mayores niveles de consumo per cápita no repita los patrones que nos han llevado a la situación actual. Estos esfuerzos de cooperación financiera y tecnológica internacional están siendo enfocados particularmente hacia los grandes países emergentes en Asia donde se proyecta el mayor crecimiento económico y consecuente aumento de consumo energético en las próximas décadas<sup>144</sup>. Estos incentivos serán un elemento fundamental del régimen post-Kyoto y ofrecen la oportunidad a los países de la región de acceder a nuevas fuentes de recursos financieros y técnicos que pudieran facilitar el esfuerzo adicional requerido bajo el escenario de mitigación.

---

<sup>144</sup> El interés político de los países más industrializados (Alemania, Japón, Inglaterra, Estados Unidos, entre otros) en este punto se ha manifestado a través de importantes esfuerzos y programas de cooperación técnica bilateral con India y China (los mayores emisores emergentes) orientados a acelerar la difusión de tecnologías más eficientes y menos intensivas en carbono. Estas iniciativas bilaterales, que combinan transferencia financieras y tecnológicas, se han desarrollado en paralelo a los mecanismos multilaterales en el marco de la UNFCCC (el Mecanismo de Desarrollo Limpio, Fondos multilaterales etc.) cuyo propósito es crear los incentivos económicos para impactar las decisiones de inversión en el mismo sentido.

## **5.2 Desarrollo y fortalecimiento de la capacidad institucional y oferta financiera dirigida a programas masivos de eficiencia energética**

El desarrollo de los esquemas financieros para ejecutar programas de eficiencia energética y/o adopción tecnológica que involucran el recambio masivo de equipos por un gran número de agentes económicos representa un desafío para la mayoría de los países. Así como el desarrollo de la capacidad institucional pública y privada requerida para coordinar, financiar y ejecutar programas de eficiencia energética a gran escala.

Es poco probable que este tipo de financiamiento y los esquemas institucionales requeridos surjan de la banca comercial sin algún tipo de regulación o intervención estatal. La banca comercial rutinariamente financia proyectos corporativos de gran escala; sin embargo los programas masivos de eficiencia energética implican financiar la adquisición o recambio de equipo/tecnología por un gran número de usuarios muchos de ellos individuos o PYMES sin acceso a crédito. Los países de la región tienen poca experiencia con empresas de servicios energéticos (ESCOS) que serían los agentes necesarios para salvar esa brecha entre la banca comercial y el financiamiento de programas masivos de eficiencia energética.

En general el desarrollo de políticas públicas dirigidas a alcanzar objetivos de eficiencia energética todavía requiere alcanzar un mayor desarrollo en la región. En la mayoría de los países esta área de política energética es incipiente y ofrece oportunidades para su fortalecimiento institucional, jurídico y regulatorio que deberían atenderse en el corto plazo. La mayoría de los países tampoco cuentan con estadísticas e indicadores para gestionar y evaluar el avance de los programas nacionales en esta materia. Se trata de un área rezagada de política pública cuya importancia es cada día mayor y ofrece una clara oportunidad de avance a los países de la región.

## **5.3 Desarrollo y fortalecimiento de la capacidad institucional para la diversificación y promoción de fuentes renovables**

El Cuadro 16 a continuación ilustra el conjunto de leyes que han establecido distintos países de la región para promover el desarrollo de fuentes renovables. El avance y resultados alcanzados todavía es incipiente en la mayoría de los países de la región. Al igual que el área de eficiencia energética, el desarrollo de políticas públicas dirigidas a alcanzar objetivos de diversificación de fuentes y promoción de energías renovables ofrece oportunidades de fortalecimiento institucional, jurídico y regulatorio. Desde el sector público la capacidad de evaluación, planificación y ordenamiento de fuentes no convencionales, como por ejemplo la opción de generación eléctrica nuclear entre otras, constituye una tarea pendiente. La discusión sobre la factibilidad de desarrollos energéticos no convencionales en la región apenas está comenzando.

**CUADRO 16**  
**LEYES DE PROMOCIÓN DE FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES EN ALC**

	Ley	Año	Mecanismos - Incentivos
Argentina	Ley 26190	2006	conforma el FONDO FIDUCIARIO DE ENERGIAS RENOVABLES, que será administrado y asignado por el Consejo Federal de la Energía Eléctrica y remunera hasta 1.5 cents US\$/kWh eólico, solar, biomasa y geotermia
Brasil	Ley 10438/02 (PROINFA)	2002	incentivos directos para que las centrales termoeléctricas de biomasa, eólicas y pequeñas plantas hidroeléctricas se conecten a la red nacional.
Chile	Ley N° 20.257:	2008	Introduce modificaciones a la Ley General de Servicios Eléctricos, incorporando un mínimo de generación renovables ( 5%) para los operadores eléctricos ( sistema "Renewable Portfolio Standard")
Colombia	Ley N° 697 – 2001	2001	Crea el programa PROURE, para la promoción del Uso Racional de la Energía y de las energías no convencionales
Ecuador	Regulación N° 004/04	2005	Regula la operación de las unidades de generación de energía renovable que se instalen en el país, así como los parámetros para la fijación de las tarifas ( sistema "feed-in tariff")
Guatemala	Decreto Número 52-2003.	2003	Incentivos económicos y fiscales
El Salvador	Ley "LIFFER"	2007	Exención de impuestos de 10 años para proyectos menores a 10 MW de capacidad de generación. Creación de un Fondo Rotativo de Fomento de las Energías Renovables (FOFER) que otorgará créditos blandos, garantías y asistencia para la financiación de estudios de factibilidad

Fuente: cortesía de Manlio Coviello, DRNI, CEPAL.

## 5.4 Acceso a la energía y pobreza

Los escenarios de Agencia Internacional de Energía no incluyen la inversión adicional necesaria para proveer de adecuado acceso a la energía a aquellos sectores de la población que no lo tienen. En algunos países de América Latina y el Caribe, estas inversiones tendrían mayor prioridad que las inversiones adicionales requeridas en el escenario de mitigación. Como se señaló antes, las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita y por unidad de producto en América Latina todavía se encuentran entre las menores del mundo. La región necesariamente debe reservarse el espacio para que el consumo de energía por habitante crezca a medida que la región converge hacia mayores niveles de ingreso per cápita.

Participar en el escenario de mitigación implica desplegar políticas para que el crecimiento del consumo de energía per cápita, que naturalmente acompaña el desarrollo socio-económico, ocurra a la par de ganancias de eficiencia y menores emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de producto. Lograr avances en estos últimos indicadores es necesario para desacoplar gradualmente el crecimiento del consumo de energía del crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Las asimetrías en la distribución de ingreso que caracterizan a América Latina, tienden a replicarse en el patrón de consumo energético entre los quintiles altos y bajos de la población. Bajo un escenario de mitigación estas asimetrías pueden requerir políticas diferenciadas como tarifas escalonadas y subsidios cruzados; o la incorporación de criterios de eficiencia energética al optar entre grandes obras de infraestructura para transporte público en lugar de continuar la expansión de vías para transporte individual, entre otros instrumentos. El dilema generalizado en las grandes urbes de la región entre transporte público insuficiente y crecimiento sin control del parque automotor individual, con el consecuente agravamiento de externalidades por contaminación y congestión, ilustra la complejidad de la gestión pública y manejo político del acceso a la infraestructura y servicios públicos (energéticos y de transporte) en contextos de asimetría socioeconómica. Hasta ahora la región cuenta con pocos ejemplos de éxito en la

resolución de estos dilemas que intersectan las decisiones de infraestructura con las políticas de energía y transporte, y con las políticas sociales.

## **5.5 Potencial regional para biocombustibles**

Brasil es líder mundial en tecnología de bioetanol. Se prevé un aumento en la demanda de biocombustibles a corto y mediano plazo debido a los anuncios en países OCDE y otros como Argentina, Brasil, Perú y Colombia en la región de exigir porcentajes de mezcla mínima (5% y hasta 10%) de bioetanol y biodiesel en los combustibles. Muchos países de la región están interesados en el desarrollo de este sector.

Con la excepción de Brasil la mayoría de los países de la región todavía están en proceso de desarrollar una política nacional verdaderamente multisectorial e integrada para el desarrollo del sector biocombustibles. Sin embargo como se mencionó antes, varios países ya han procedido a crear un mercado interno de biocombustibles por la vía regulatoria de decretar mezclas mínimas aún antes de tener certidumbre si estos porcentajes pueden ser suplidos nacionalmente en forma sostenible. También en aquellos países con claras ventajas comparativas para la producción y exportación de biocombustibles a gran escala, el desarrollo de esa oportunidad se encuentra sujeto a la incertidumbre y controversia que rodea el desarrollo de la industria de biocombustibles actualmente a tanto a nivel mundial como regional en su posible vinculación con el alza mundial en el precio de los alimentos.

La relación entre el desarrollo de biocombustibles y el régimen internacional de cambio climático es compleja y no necesariamente compatible en sus objetivos económicos, sociales y ambientales. Por ejemplo el desarrollo de biocombustibles pudiera aumentar la contribución neta de emisiones de gases de efecto invernadero de un país, cuando implica aumento de deforestación y cambios mayores en el uso del suelo. No resulta obvio cómo integrar los objetivos de una política nacional de desarrollo del sector biocombustibles, con una política nacional frente al régimen internacional sobre cambio climático. Esta última dimensión hasta ahora no ha sido objeto de mayor discusión en el desarrollo de las políticas de biocombustibles en la región.

## **5.6 Conclusión: Hacia una visión integrada de política energética para la inserción estratégica en el régimen internacional de cambio climático**

El rol que puede jugar el sector energético de la región en un esfuerzo de mitigación global apunta a mayoritariamente hacia políticas que son de interés para los países de la región independientemente de la agenda internacional sobre cambio climático, y que han sido identificadas desde tiempo atrás como oportunidades a priorizar en la agenda de política energética de los países. Sin embargo en la mayoría de los países la aplicación efectiva de estas políticas se ha visto postergada por distintos motivos.

El posicionarse como una región “responsable frente a la comunidad global” que coopera y juega un rol proactivo en el régimen internacional, tiene para América Latina y el Caribe menores costos relativos en comparación con otras regiones, según las estimaciones revisadas. Dicha estrategia permitiría a la región capturar los beneficios asociados al esfuerzo internacional, como el acceso a flujos financieros y tecnológicos, a bajo costo por el gran potencial que tiene la región de administrar su crecimiento a través de mejoras en la eficiencia en el uso de energía y la

diversificación de fuentes en comparación con otras regiones. Los posibles beneficios incluirían los flujos financieros y tecnológicos adicionales, como el acceso a fondos multilaterales para energía limpia y eficiencia energética, inversiones y proyectos de mercados de carbono etc. todos asociados a una participación proactiva en la agenda internacional sobre cambio climático.

Este posicionamiento permite a la región canalizar estos beneficios hacia aspectos rezagados de su propia agenda energética, como por ejemplo: reducir el déficit de inversión en infraestructura energética, aumentar la eficiencia en el uso de energía en todos los sectores, expandir el acceso a energía de calidad, absorber nuevas tecnologías para diversificar fuentes y mejorar la seguridad energética etc. La estrategia planteada permitiría a los países avanzar las prioridades energéticas internas y asumir, simultáneamente, un rol proactivo frente al régimen internacional sobre cambio climático acorde con sus propias prioridades de desarrollo, capturando en efecto un doble dividendo.

Los elementos de la agenda de política energética tradicional en ALC que pudieran ser integrados en una política del sector energético frente al régimen internacional de cambio climático incluyen:

- Financiamiento y movilización de recursos para inversiones en infraestructura energética en línea con el objetivo de seguridad de abastecimiento.
- Diversificación de las matrices energéticas nacionales, incluyendo promoción de fuentes renovables y opciones de integración energética regional.
- Manejo de la demanda para enfrentar el crecimiento esperado con ganancias de eficiencia en los usos finales de la energía.
- Mejora en la eficiencia en la producción y uso de energía en todos los sectores de la economía.
- Remoción de distorsiones de precio que afectan el uso eficiente de energía y las señales económicas para la incorporación de tecnologías más eficientes y limpias.
- Ordenar y manejar el crecimiento esperado del sector transporte con visión de largo plazo para evitar el agravamiento de los problemas de contaminación atmosférica y congestión en urbes regionales.
- Expandir el acceso a la energía de calidad para los sectores marginados.
- Entre otros, etc.

Dentro de este cuadro es inescapable para los países de la región la instalación de una política e institucionalidad tecno-económica para ordenar el crecimiento balanceado del sector energético en línea con estas tendencias internacionales y los objetivos internos de seguridad de abastecimiento, diversificación de la matriz y aumento de eficiencia en el uso de energía. Si bien América Latina sólo representa un 4-5% de la matriz energética global, durante la próxima década la región no escapará de tener que adaptarse a los posibles cambios regulatorios, presiones comerciales, y nuevas corrientes tecnológicas lideradas por los países más industrializados a medida que los mismos fortalecen sus políticas y el régimen internacional sobre cambio climático.



## Bibliografía

- Acquatella J. Fundamentos económicos de los mecanismos de flexibilidad para la reducción internacional de emisiones en el marco de la Convención de Cambio Climático (UNFCCC). LC/L.1556-P/E, CEPAL (2001)
- Altomonte H. et al. América Latina y el Caribe frente a la coyuntura energética internacional. Documento preparado para el Seminario "Crisis Alimentaria y Energética", CEPAL, 4-5 Septiembre 2008. LC/W 220, CEPAL (2008)
- Baron, R. 1999. The Kyoto Mechanisms: How Much Flexibility do they Provide?. In Emissions Trading and the Clean Development Mechanism: Resource Transfers, Project Costs and Investment Incentives. International Energy Agency IEA: Paris, pp.4-10.
- Capoor K., Ambrosi P. State and Trends of the Carbon Market 2007, WorldBank – International Emissions Trading Association IETA 2007. pp. 30.
- Capoor K., Ambrosi P. State and Trends of the Carbon Market 2008, WorldBank – International Emissions Trading Association IETA 2008. pp. 19-26.
- CEPAL (2002) "Globalización y Desarrollo", LC/G.2157(SES.29/3), CEPAL, Abril 2002. Capítulo 9. pp. 276-278 y 304-305.
- CEPAL – OLADE – GTZ (2003) "Energía y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe: guía para la formulación de políticas energéticas", LC/G.2214-P, CEPAL, Diciembre 2003.
- CEPAL (2003), "Energías Renovables y Eficiencia Energética en América Latina: Restricciones y Perspectivas". Altomonte H., Coviello y Lutz, LC/L.1977-P/E, CEPAL Mayo 2003.
- CEPAL – GTZ (2004) "Fuentes renovables de Energía en América Latina y el Caribe: situación y Propuestas de políticas". Altomonte H., F. Cuevas, M. Coviello, LC/L.2132-P/E, CEPAL Mayo 2004.
- CEPAL (2004) "Políticas de precios de combustibles en América del Sur y México: implicancias económicas y ambientales". Altomonte H., J. Rogat, LC/L.2171-P/E, CEPAL Agosto 2004.
- CEPAL (2005) "Objetivos de Desarrollo del Milenio: una mirada desde América Latina y el Caribe". LC/G.2331, CEPAL, Junio 2005. Capítulo 6.
- CEPAL (2005 a) "Política Fiscal y Medio Ambiente: bases para una agenda común" Acquatella J., A.Barcelona eds. LC/G.2274-P, CEPAL (2005).
- CEPAL (2006) "Energías renovables en América Latina y el Caribe: dos años después de la Conferencia de Bonn" - LC/W.100 CEPAL – 2006
- CEPAL (2008), Actualización agosto 2008 sobre la base de "Energías renovables en América Latina y el Caribe: dos años después de la Conferencia de Bonn" - LC/W.100 CEPAL – 2006.

- CEPAL (2008 a) “Aporte de los biocombustibles a la sustentabilidad del desarrollo en América Latina y el Caribe: Elementos para la formulación de políticas públicas”, LC/W.178.
- CEPAL (2008) “Precio de los combustibles en América del Sur más México”, 2008. División de Recursos Naturales e Infraestructura. Base de datos disponible en internet: <http://www.eclac.cl/drni/>
- Department of Energy Pacific Northwest National Laboratory (DOE - PNNL), University of Maryland, Joint Global Change Research Institute, Battelle foundation. Global Energy Technology Strategy Program (GTSP) Phase 2 Findings from an International Public-Private Sponsored Research Program. May (2007). <http://www.pnl.gov/gtsp/index.stm>
- Edmonds, J., M.J. Scott, J.M. Roop, and C.N. McCracken, 1999. International Emissions Trading and Global Climate Change: Impacts on the Costs of Greenhouse Gas Mitigation. Pew Center for Global Climate Change. Arlington, VA.
- Executive Office of the President. The Kyoto Protocol and the President’s Policies to Address Climate Change: Administration Economic Analysis. Washington, DC: Executive Office of the President, 1998.
- IADB Financial Instruments for Advancing Clean Energy Investment in Latin America and the Caribbean, July (2006) .
- IEA WEO 2006, World Energy Outlook 2006, International Energy Agency, IEA-OECD (2006)
- IEA WEO 2007, World Energy Outlook 2007, International Energy Agency, IEA-OECD (2007)
- IEA CO2 emissions from fuel combustion 1971-2005 Member Countries, IEA-OECD (2007)
- IEA CO2 emissions from fuel combustion 1971-2005 Non- Member Countries, IEA-OECD (2007)
- IEA Key Energy Statistics 2005, IEA-OECD (2005).
- IEA Key Energy Statistics 2007, IEA-OECD (2007).
- IEA Energy Balances non-OECD Countries 2004-2005, IEA-OECD (2007)
- IEA Energy Technologies Perspectives: scenarios and strategies to 2050 in support of the G-8 plan of action – IEA-OECD (2006)
- IEA Energy efficiency policy recommendations to the G-8 Summit – Heiligendamm (2007).
- IPCC AR4 “Cuarta Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático”, IPCC (2007)
- IPCC AR4, Resumen para responsables de políticas Grupo de Trabajo I, IPCC (2007), p. 2.
- IPCC AR4, Resumen para responsables de políticas Grupo de Trabajo II, IPCC (2007)
- IPCC AR4, Resumen para responsables de políticas Grupo de Trabajo III, IPCC (2007)
- IPCC AR4, Working Group I, Chapter 13, Magrin, G., C. Gay García, et al pp 597.
- IPCC TAR “Tercera Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático”, IPCC (2001)
- IPCC TAR Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report, IPCC (2001)
- IPCC SAR “Segunda Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático”, IPCC (1996)
- IPCC SRES “Special Report on Emission Scenarios”, IPCC SRES (2000).
- IPCC IE-EE “Informe especial sobre escenarios de emisiones” IPCC IE-EE (2000)
- Lerda J.C, Acquattella J., Gomez J.J. Coordinación de políticas públicas: desafíos para una agenda fiscal-ambiental, Capítulo 2 “Política Fiscal y Medio Ambiente: bases para una agenda común” LC/G.2274-P, CEPAL (2005)
- Magrin, G., C. Gay García, et al.. Latin America. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Chapter 13 “Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 581-615.
- McCracken, C., J. Edmonds, S. Kim, and R. Sands, The Economics of the Kyoto Protocol. Energy Journal Special Issue (1999): pp.25-72.

- Meinshausen M. et al: “Multi-gas emission pathways to meet climate targets”. *Climatic Change*, 75:151-194.
- Nordhaus W.G, J.G Boyer (2000): “Warming the World: the Economics of the Greenhouse Effect”, Cambridge, MA, MIT Press.
- OECD Greenhouse Gas Reduction Strategies in the Transport Sector. Preliminary Report OECD – International Transport Forum (2008).
- OECD Transport and Energy: The Challenge of Climate Change Research Findings. International Transport Forum Leipzig OECD-ITF (2008) <http://www.internationaltransportforum.org/home.html>
- Pacala S and R. Socolow, Stabilization Wedges: Solving the Climate Problem for the Next 50 Years with Current Technologies. *Science* 13 August 2004; Vol. 305. no. 5686, pp. 968 – 972
- Stavins, R., Transaction Costs and Tradable Permits. *Journal of Environmental Economics and Management* 29 (1995): pp.133-48.
- Stavins, R., What Can We Learn from the Grand Policy Experiment? Lessons from SO<sub>2</sub> Allowance Trading. *Journal of Economic Perspectives* 12 (1998): pp.69-88.
- Stern, Nicholas, “The Stern Review on the Economics of Climate Change”, H.M. Treasury, UK Government (2007)
- Stern N., “The Economics of Climate Change”, Cambridge University Press, (2007). Ch. 6, pp 162-178. Ch. 8, p. 227.
- Tol, R.S.J (2002): “Estimates of the damage costs of climate change – part II: dynamic estimates”, *Environmental and Resource Economics* 21: 135-160.
- UK – JAPAN Towards Low Carbon Societies in 2050 Project, G-8 Gleneagles Dialogue initiative (2005) <http://2050.nies.go.jp/index.html>.
- UNEP-RISOE CDM Project Pipeline Database <http://cdmpipeline.org/>
- UNFCCC (2007). Investment and Financial Flows to Address Climate Change. Pp. 35-65. UNFCCC, Bonn, October (2007).
- UNFCCC Secretariat Clean Development Mechanisms Statistics: <http://cdm.unfccc.int/Statistics/index.html>
- UNFCCC, Secretariado– Informes de la Conferencia de las Partes sobre sus Períodos de Sesiones COPs 1-13 (1995-2007); y Medidas adoptadas por la Conferencia de las Partes en sus Períodos de Sesiones COPs 1-13 (1995-2007) en sitio oficial [http://unfccc.int/portal\\_espanol/documentation/items/3335.php](http://unfccc.int/portal_espanol/documentation/items/3335.php)
- UNFCCC Secretariat –Kyoto Protocol Status of Ratification [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/background/status\\_of\\_ratification/items/2613.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/background/status_of_ratification/items/2613.php)
- UNSTAT National Accounts Database
- World Bank, World Development Indicators, World Bank (2006)
- World Bank & IMF. Investment Framework for Clean Energy and Development: A progress report. World Bank -IMF Development Committee (Joint Ministerial Committee of the Boards of Governors of the Bank and the Fund On the Transfer of Real Resources to Developing Countries) DC2006-0012, September 5, (2006)

## **Anexos**

## Anexo 1

### Descripción de los escenarios de referencia, escenario alternativo, y escenario de mitigación utilizados

#### Supuestos macroeconómicos

Para América Latina y el Caribe la proyección del escenario de referencia y del escenario alternativo al 2030 incorpora los siguientes supuestos macroeconómicos

**CUADRO A1.1**  
**TASA DE CRECIMIENTO DEL PIB REAL**  
**(PROMEDIO ANUAL %)**

	2005-2015	2015-2030	2005-2030
ALC	3,8	2,8	3,2
Brasil	3,5	2,8	3,1
OCDE	2,5	1,9	2,2
Asia (incl. China)	6,9	4,8	5,6

**CUADRO A1.2**  
**TASA DE CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO**  
**(PROMEDIO ANUAL %)**

	2005-2015	2015-2030	2004-2030
ALC	1,3	0,9	1,1
Brasil	1,2	0,8	0,9
OCDE	0,5	0,3	0,4
Asia (incl. China)	1,1	0,8	0,9

#### Supuestos de precio combustibles fósiles Escenario Referencia (USD /barril)

El precio del crudo estimado por la Agencia Internacional de Energía para el período de proyección es ligeramente superior a 60 USD por barril (en dólares constantes del 2006). Según el criterio de la Agencia Internacional de Energía los precios superiores al rango de 80 - 100 USD por barril observados durante 2007-2008 responden a una situación coyuntural de restricción de oferta que puede ser resuelta en el mediano plazo. Sin embargo la diferencia entre los supuestos de precio utilizados para construir el escenario de referencia y los altos precios del crudo observados en la actualidad, tendría el efecto de sobreestimar el crecimiento del consumo de energía que proyecta el escenario de referencia entre 2005-2015.

#### A.1.1 Escenario de referencia 2005-2030

El **escenario de referencia**<sup>145</sup> a grandes rasgos proyecta los siguientes desarrollos:

- Un aumento de 55% de la demanda global por energía primaria entre 2005 y 2030 (de 11,4 millones de toneladas de petróleo equivalente a 17,7 millones de toneladas de petróleo equivalente<sup>146</sup>) a una tasa promedio de crecimiento anual de 1,8%.

<sup>145</sup> Reference Scenario 2005-2030 World Energy Outlook 2007. IEA-OECD WEO 2007

<sup>146</sup> Toe = tonelada de petróleo equivalente (ton of oil equivalent)

- Los países en vías de desarrollo son responsables del 74% de ese aumento (solo China e India 45%), países OCDE 20%, economías en transición 6%, América Latina y el Caribe 6%. El sector de generación eléctrica contribuye casi la mitad del aumento global.
- Este aumento de 55% en la demanda de energía global, conduce al crecimiento continuado de las emisiones de CO<sub>2</sub> que aumentan 57% entre 2005-2030 (de 26.6 Gt a 41.9 Gt CO<sub>2</sub>). Estados Unidos, China, Rusia e India contribuyen dos tercios de dicho aumento.
- El aumento proyectado en la demanda de energía primaria lleva a una dependencia aún mayor de los países consumidores en importaciones de petróleo y gas. Ambas tendencias problemáticas desde el punto de vista de la seguridad energética y la prevención de cambios climáticos severos<sup>147</sup>.
- Los combustibles fósiles continúan como fuente dominante de energía, su participación en la demanda mundial se mantiene en 84% del total durante el período proyectado 2005-2030. La participación del carbón y del gas crecen levemente ganando terreno al petróleo.
- En presencia de suficiente inversión para expandir la capacidad de producción y transporte, las reservas mundiales explotables económicamente son suficientes para cubrir este aumento proyectado en la demanda al 2030. Ello implica sin embargo un aumento sostenido del comercio internacional de hidrocarburos; un aumento de 47% en las exportaciones de energía entre países no-OCDE y OCDE.
- La inversión acumulativa en infraestructura energética en el período 2005-2030 se estima en US\$ 20 trillones (dólares 2005), el 56% de este total es infraestructura para generación de electricidad (ej. termoeléctricas a gas, carbón etc.).
- La expansión prevista del sector eléctrico es responsable por la mitad del aumento previsto en las emisiones de CO<sub>2</sub> al 2030, y su participación en el total de emisiones de CO<sub>2</sub> llegaría al 45% durante este período.
- La mayor parte del aumento en emisiones del sector eléctrico ocurre en los países en desarrollo, cuya capacidad de generación eléctrica se expande más rápido que en los países OCDE y es más intensiva en carbón (predominio de termoeléctricas a carbón).
- La inversión en capital para los sectores petróleo y gas se estima en US\$ 4.3 y US\$ 3.9 trillones respectivamente. La mitad de esta inversión acumulada ocurre en los países en vías de desarrollo donde la demanda y la producción se expanden más rápidamente.
- Bajo estas proyecciones, las emisiones de dióxido de carbono aumentan levemente más rápido que el consumo de energía primaria ya que la mezcla de combustible se hace más intensiva en carbón.
- El sector eléctrico contribuye la mitad del crecimiento de las emisiones entre el 2005 y el 2030, siendo el carbón el mayor contribuyente a las emisiones. China contribuye el 39% de las emisiones acumulativas en el período, sobrepasando a Estados Unidos como el mayor emisor antes del 2010<sup>148</sup>.

### A.1.2 Escenario alternativo 2005-2030

Bajo este escenario alternativo la Agencia Internacional de Energía estima que la demanda global de energía primaria al 2030 sería 11% menor en comparación con el escenario de referencia (15,783 Mtoe vs. 17,720 Mtoe) expandiéndose a 1.3% en promedio anual entre 2006 y 2030, en

<sup>147</sup> WEO 2007. IEA-OECD 2007.

<sup>148</sup> Reference Scenario 2005-2030 World Energy Outlook 2007. IEA-OECD WEO 2007Ibid

lugar de 1.8% en el escenario de referencia. Las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al sector energético en el 2030 son 19% menores en comparación al escenario de referencia. **Sin embargo continúan creciendo y alcanzan al 2030 un nivel 27% más alto que el 2005<sup>149</sup>.**

Las políticas que marcan la diferencia en el escenario alternativo (- 8 Gt emisiones o - 19% menos que en el escenario de referencia) estarían concentradas en Estados Unidos, China y la Unión Europea como muestra la Tabla 4.2 a continuación. Se trata en su mayoría de medidas para aumentar la eficiencia en el uso de energía en el sector transporte, industrial y residencial, junto a aumentar la participación de energía renovable y nuclear en la generación eléctrica. La aplicación efectiva de las siguientes medidas daría cuenta del 37% del total de emisiones evitadas en el escenario alternativo. **En contraste la participación de América Latina en el total de emisiones evitadas en el escenario alternativo se estima ligeramente menor a un 4%.**

**CUADRO A1.3  
POLÍTICAS MÁS EFECTIVAS PARA LA REDUCCIÓN CUMULATIVA DE CO<sub>2</sub>  
EN ESCENARIO ALTERNATIVO.**

País o región	Política	Participación En total de emisiones evitadas (- 8 Gt) Esc. Alternativo 2030 (%)
Medidas de gestión de la demanda		
Estados Unidos	Aumentar estándar de eficiencia de combustible en automóviles (CAFE stds.)	5
China	Mejor eficiencia del uso de electricidad en el sector industrial	4
China	Mejor eficiencia del uso de electricidad en el sector residencial	3
Estados Unidos	Mejor eficiencia del uso de electricidad en el sector residencial	3
China	Mejor eficiencia del uso de electricidad en el sector comercial	3
Unión Europea	Aumentar estándar de eficiencia de combustible en automóviles	2
Estados Unidos	Mejor eficiencia del uso de electricidad en el sector comercial	2
Unión Europea	Mejor eficiencia del uso de electricidad en el sector comercial	1
Fuentes renovables		
China	Aumentar renovables en generación eléctrica	4
Estados Unidos	Aumentar renovables en generación eléctrica	3
Unión Europea	Aumentar renovables en generación eléctrica	3
Nuclear		
China	Aumentar nuclear en generación eléctrica	3
Unión Europea	Extender la vida de plantas nucleares	3
<b>TOTAL</b>		<b>37% o 2,9 Gt</b>

Fuente: IEA-OECD WEO 2006, WEO 2007.

Aún cuando las políticas y medidas que asume el escenario alternativo mejoran la seguridad energética y reducen las emisiones de CO<sub>2</sub> en comparación con el escenario de referencia es importante destacar:

- los combustibles fósiles continuarían representando 77% de la demanda de energía primaria;
- las emisiones de CO<sub>2</sub> aumentarían 27% o 8 Gt en relación a su nivel actual; y c) continúan aumentando las importaciones de crudo y gas hacia países OCDE y de Asia desde regiones potencialmente inestables; y

<sup>149</sup> Ibid

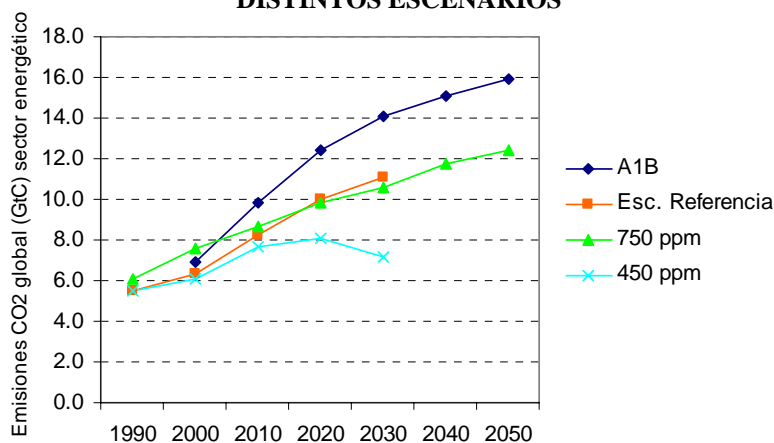
- en términos de inversión ocurre un desplazamiento, donde una parte importante de la inversión que en el escenario de referencia se destinaría a expandir la infraestructura de oferta energética, en su lugar es invertida en medidas de eficiencia energética del lado de la demanda.
- Estados Unidos, China y la Unión Europea son los actores principales en cuyas políticas (aumento de eficiencia en todos los sectores y aumento de la participación de renovables en la generación eléctrica) descansa la posibilidad de lograr las reducciones de emisiones más importantes que han sido consideradas hasta la fecha a nivel global.

### A.1.3 Escenario de mitigación 2005-2030

El **escenario de mitigación**<sup>150</sup> implica desviar la trayectoria actual a una trayectoria de estabilización de la concentración de CO<sub>2</sub>e hacia el límite inferior del rango 450-500 ppm. El rango inferior (estabilización a 450 ppm) corresponde al escenario de mitigación más ambicioso del IPCC. La trayectoria de estabilización implica importantes cambios tecnológicos, regulatorios, institucionales, y de movilización de recursos para intervenir la trayectoria actual y modificar las tendencias prevalecientes respecto al uso y producción de energía. Define un escenario agresivo de mitigación, fuertes ganancias de eficiencia energética para manejar el crecimiento proyectado de la demanda, mejoras de eficiencia en la oferta, mayor participación de las fuentes renovables y nuclear, así como el despliegue acelerado de nuevas tecnologías de energía limpia para la reducción de emisiones<sup>151</sup>. Varias de estas tecnologías no han sido comercializadas hasta la fecha.

La característica fundamental del escenario de mitigación es el hecho de que para el 2030 las emisiones globales regresan al mismo nivel que tenían en 2004, aproximadamente 27 GtCO<sub>2</sub>. La Figura A.1.1 compara distintas trayectorias de emisiones (GtCO<sub>2</sub>) proyectadas hasta el año 2050 en distintos escenarios publicados por la EIA y el IPCC. El escenario de mitigación en este gráfico aparece como WEO 2006 BAPS.

**GRÁFICO A1.1**  
**PROYECCIONES DE EMISIONES CO<sub>2</sub> DEL SECTOR ENERGÉTICO GLOBAL EN DISTINTOS ESCENARIOS**



Fuente: UNFCCC (2007). Investment and Financial Flows to address climate change. Bonn, October 2007.

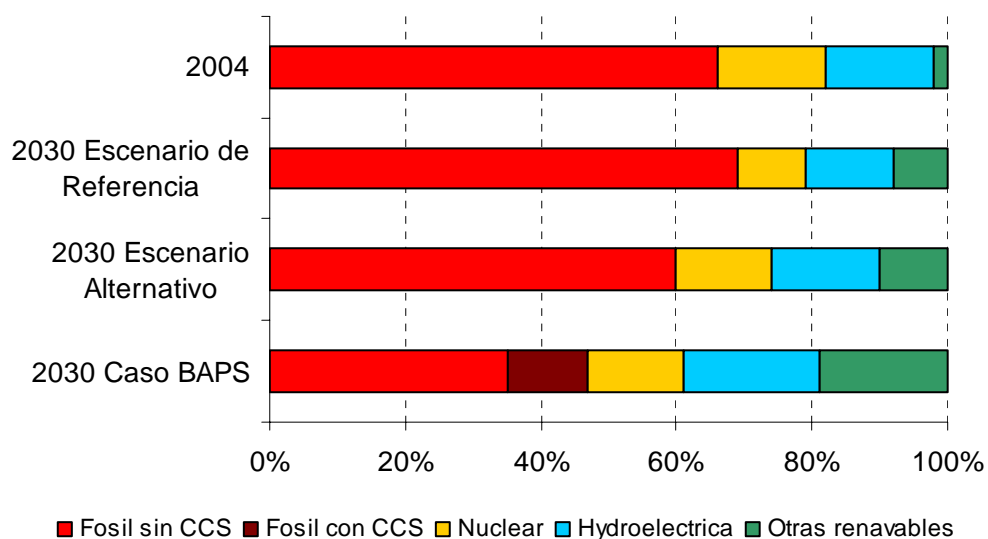
<sup>150</sup> El escenario de mitigación utilizado para esta Beyond Alternative Policy Scenario 2004-2030 World Energy Outlook 2006.. IEA-OECD WEO 2006; y 450 ppm Stabilization Scenario IEA-OECD WEO 2007.

<sup>151</sup> El escenario BAPS no incluye la expansión en el acceso a la cobertura eléctrica (acceso a la energía) en los países en desarrollo. Según estimaciones de la Agencia Internacional de Energía (IEA) en el 2030 habría 1.4 billones de personas sin acceso eléctrico, y se requerirían inversiones de aproximadamente USD 25 billones anuales (adicionales a el escenario BAPS) para lograr acceso universal a energía eléctrica en el 2030.



Para alcanzar dicha meta son determinantes las fuertes ganancias de eficiencia que permiten suplir los mismos servicios con 15% menos energía y desplazar la oferta de energía hacia tecnologías más limpias. La composición de la generación por tipo de fuente se vería radicalmente alterada en comparación con el escenario de referencia al 2030, como se muestra en la siguiente Figura A1.2. El carbón continúa siendo la fuente más importante de energía eléctrica, pero su participación en la generación disminuye a 26% (2030) desde el 40% actual (2004). La generación a partir de gas natural pasa a ser la segunda fuente con 21% de participación proyectada al 2030. La generación eléctrica a partir de renovables, hidroeléctrica y nuclear se expande, representando cada una aproximadamente 17% del total<sup>152</sup>.

**GRÁFICO A1.2**  
**GENERACIÓN ELÉCTRICA: PARTICIPACIÓN POR TIPO DE COMBUSTIBLE EN LOS DISTINTOS ESCENARIOS AL 2030 Y EN EL 2004.**



Fuente: WEO 2007, IEA-OECD 2007.

<sup>152</sup> Beyond Alternative Policy Scenario 2004-2030 World Energy Outlook 2006.. IEA-OECD WEO 2006; y 450 ppm Stabilization Scenario IEA-OECD WEO 2007

## Anexo 2

### Metodología

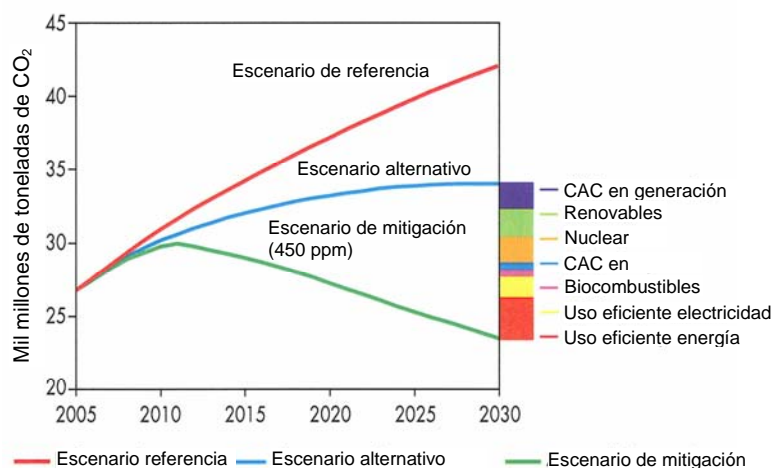
Para examinar el rol que puede jugar América Latina y el Caribe en ese contexto, y contrastarlo con el que jugarán otras regiones (países OCDE, Asia en desarrollo, China, Unión Europea etc.) es necesario referirse a los escenarios energéticos publicados internacionalmente<sup>153</sup> cuyos detalles están resumidos en el Anexo I. Estos escenarios permiten comparar el escenario base (en ausencia de políticas) con los escenarios alternativos para identificar los cambios relevantes inducidos por la entrada en vigencia de un régimen internacional de mitigación del cambio climático.

**Como hipótesis de trabajo se considera que el Escenario de Mitigación es una buena aproximación a lo que sería un régimen internacional fortalecido sobre cambio climático post-2012 orientado a las metas anunciadas por la Unión Europea<sup>154</sup>.**

Para explorar las implicaciones para la región es necesario comparar entre sí: a) el escenario de referencia o línea base internacional 2006-2030; con b) el escenario de mitigación. El horizonte de tiempo apropiado para esta comparación abarca los próximos 20 años o el período hasta el 2030, ya que el fortalecimiento del régimen internacional y su aplicación por los países industrializados se espera ocurra dentro de ese período.

El siguiente Gráfico A2.1 ilustra la diferencia en las emisiones de CO<sub>2</sub> proyectadas al 2030 bajo cada escenario, junto al conjunto de opciones tecnológicas que serían necesarias para lograr las reducciones adicionales en el escenario de mitigación.

**GRÁFICO A2.1**  
**TRAYECTORIA 2005-2030 DE LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> BAJO CADA ESCENARIO.**



Fuente: IEA, WEO 2007.

<sup>153</sup> Los escenarios publicados por el IPCC y la Agencia Internacional de Energía (IEA) son utilizados rutinariamente como líneas base o de referencia para el análisis prospectivo en los estudios que exploran opciones de política, tanto nacional como internacional, en materia de emisiones, energía y cambio climático. Ofrecen la ventaja de enmarcar el análisis dentro de parámetros aceptados como referencias oficiales y utilizados internacionalmente en la discusión especializada. Los escenarios disponibles más allá del 2030 pierden el nivel de detalle necesario. IEA World Energy Outlook (WEO 2006 y 2007); IPCC Special Report on Emission Scenarios (SRES) IPCC, 2001

<sup>154</sup> El escenario de mitigación en este caso es la intervención de la trayectoria actual (business as usual) a través del régimen internacional y la aplicación de un amplio conjunto de políticas e instrumentos, tanto en países OCDE como en vías de desarrollo, para lograr la meta de estabilización dentro del "rango prudente" de 450-500 ppm (tendencia central de 2 C para el aumento esperado de la temperatura media global. Tal y como lo viene proponiendo la Unión Europea y otros países.

## A.2.1 Qué nos dice el escenario alternativo 2005-2030?

El **escenario alternativo**<sup>155</sup> incorpora el supuesto que los países aplican políticas para aumentar la seguridad energética y mitigar el cambio climático que han anunciado o están considerando hasta mediados del 2007<sup>156</sup>. Estas serían políticas explícitas que los países están considerando para manejar el crecimiento de la demanda de energía, mejorar la eficiencia en la generación eléctrica y el uso final en todos los sectores, promover la diversificación hacia fuentes renovables y fósiles más limpias, entre otras. Los supuestos macroeconómicos y de precios de hidrocarburos son los mismos que en el escenario de referencia.

Bajo este escenario alternativo la Agencia Internacional de Energía estima que la demanda global de energía primaria al 2030 sería 11% menor en comparación con el escenario de referencia (15,783 Mtoe vs. 17,720 Mtoe) expandiéndose a 1.3% en promedio anual entre 2006 y 2030, en lugar de 1.8% en el escenario de referencia. Las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al sector energético en el 2030 son 19% menores en comparación al escenario de referencia. **Sin embargo continúan creciendo y alcanzan al 2030 un nivel 27% más alto que el 2005**<sup>157</sup>.

Las políticas que marcan la diferencia en el escenario alternativo (- 8 Gt emisiones o - 19% menos que en el escenario de referencia) estarían concentradas en Estados Unidos, China y la Unión Europea. Se trata en su mayoría de medidas para aumentar la eficiencia en el uso de energía en el sector transporte, industrial y residencial, junto a aumentar la participación de energía renovable y nuclear en la generación eléctrica. La aplicación efectiva de las siguientes medidas daría cuenta del 37% del total de emisiones evitadas en el escenario alternativo. **En contraste la participación de América Latina en el total de emisiones evitadas en el escenario alternativo se estima ligeramente menor a un 4%.**

Aún cuando las políticas y medidas que asume el escenario alternativo mejoran la seguridad energética y reducen las emisiones de CO<sub>2</sub> en comparación con el escenario de referencia es importante destacar:

- los combustibles fósiles continuarían representando 77% de la demanda de energía primaria;
- las emisiones de CO<sub>2</sub> aumentarían 27% o 8 Gt en relación a su nivel actual; y c) continúan aumentando las importaciones de crudo y gas hacia países OCDE y de Asia desde regiones potencialmente inestables; y
- en términos de inversión ocurre un desplazamiento, donde una parte importante de la inversión que en el escenario de referencia se destinaría a expandir la infraestructura de oferta energética, en su lugar es invertida en medidas de eficiencia energética del lado de la demanda.
- Estados Unidos, China y la Unión Europea son los actores principales en cuyas políticas (aumento de eficiencia en todos los sectores y aumento de la participación de renovables en la generación eléctrica) descansa la posibilidad de lograr las reducciones de emisiones más importantes que han sido consideradas hasta la fecha a nivel global.

El análisis del escenario alternativo arroja dos conclusiones importantes:

---

<sup>155</sup> Alternative Scenario 2005-2030 World Energy Outlook 2007. IEA-OECD WEO 2007

<sup>156</sup> El listado de 1400 políticas anunciadas por los países al 2007 e incorporadas en el Escenario Alternativo con fechas de implementación y sus impactos sobre el sector energético se encuentra disponible en [www.worldenergyoutlook.org](http://www.worldenergyoutlook.org). El impacto de estas políticas se modela en dos etapas: a) estimación cuantitativa de su efecto sobre los principales determinantes de los mercados de energía; b) incorporación de estos efectos en un World Energy Model (WEM) que utiliza la Agencia Internacional de Energía (IEA) para generar proyecciones de oferta y demanda de energía, emisiones de CO<sub>2</sub> e inversiones.

<sup>157</sup> Ibid

- i) **La primera es que la inversión en medidas de eficiencia energética es la opción más costo-eficiente para manejar el crecimiento proyectado de la demanda de energía durante la próxima década.** En lugar de continuar expandiendo la oferta para suplir una demanda de energía en constante crecimiento a través de inversiones en: a) aumento de la capacidad de generación eléctrica, b) expansión de la infraestructura de transmisión y distribución asociada, y c) aumento de la producción o importación de combustible; resulta más económico desplazar buena parte de estos recursos hacia inversiones que aumenten la eficiencia en el uso de energía en todos los sectores (transporte, industrial, residencial y consumo en general). La opción de manejar el crecimiento de la demanda de energía a través de inversiones en eficiencia energética, ahorra recursos en comparación con la alternativa de invertir constantemente en expandir la oferta de energía para seguir el crecimiento de la demanda. Este es un resultado robusto que emerge en la mayoría de los análisis de costo-eficiencia de distintas opciones de política energética, como se verá más adelante.
- ii) **Una segunda conclusión es que aún bajo el supuesto de que se aplican todas las políticas que los países han anunciado o están considerando hasta la fecha, la proyección del escenario alternativo de IEA indica que no serán suficientes para inducir la reducción de emisiones requerida para alcanzar la meta de estabilización 450-500 ppm promovida por la Unión Europea.** Las emisiones que proyecta el escenario alternativo serían consistentes con una trayectoria de estabilización entre 550-600 ppm.

Según las últimas estimaciones del IPCC, una concentración de 550 ppm en la atmósfera correspondería a 3 C como tendencia central para el aumento de la temperatura media global esperado. Es decir por encima del rango considerado "prudente", lo cual otorga fuerza a la hipótesis de que los países OCDE adoptarán medidas de mitigación más fuertes que las que han anunciado hasta ahora (escenario alternativo) y probablemente se moverán hacia un régimen de mitigación más ambicioso durante los próximos años (escenario de mitigación). Esta postura seguramente se verá reflejada en el ámbito de las negociaciones multilaterales para definir las características del régimen post-Kyoto, y en el incremento de la presión sobre las economías en vías de desarrollo más grandes para que adopten algún tipo de política de mitigación para manejar el crecimiento proyectado en sus emisiones.












## Anexo 3



















### Políticas en consideración por países de América Latina y el Caribe en el escenario alternativo

La Agencia Internacional de Energía (IEA) mantiene una base de datos con las políticas anunciadas por los países cuya implementación impacta el sector energético. Se trata de políticas anunciadas por los países pero cuya aplicación todavía no se ha hecho efectiva. Esta base de datos se actualiza anualmente y esta disponible en el sitio [www.worldenergyoutlook.org](http://www.worldenergyoutlook.org). El escenario alternativo publicado anualmente por la IEA en su World Energy Outlook, simula la implementación efectiva de todas estas políticas anunciadas. El impacto de estas políticas se modela en dos etapas: a) estimación cuantitativa de su efecto sobre los principales determinantes de los mercados de energía; b) incorporación de estos efectos en un World Energy Model (WEM) que genera proyecciones de oferta y demanda de energía, emisiones de CO<sub>2</sub> e inversiones.

El Cuadro A3.1 a continuación extrae las políticas listadas para países de ALC (son pocas y concentradas en Brasil y México).

**CUADRO A3.1**  
**POLÍTICAS LISTADAS PARA PAÍSES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE**




Argentina 	Promotion of Renewable Sources of Energy for Electricity Production	Power Generation	Renewables	2006
Argentina 	Proyecto de Energia Renovable en el Mercado Electrico Rural (PERMER)			1999
Barbados 	Schools' Solar Stills			
Bolivia 	Electrificación Rural con Energías Renovables a través del Proceso de Participación Popular			2000
Bolivia 	Reglamento Sobre Recursos Provenientes del Sector Electrico Destinados a Electrificación			1999
Brazil 	Industrial local pollutant emissions offset law	•Industry	•Other	
Brazil 	Selective Incentive Programme for Solar Water heating in Sao Paulo Municipality	•Industry	•Renewables	
Brazil 	Solar Thermal Law	•Residential	•Renewables	
Brazil 	World Bank Clean Air Initiative	•Framework Policies	•Other	
Brazil 	PROBIODIESEL - Brazilian Program of Technological Development for Biodiesel	•Transport	•Renewables	2004
Brazil 	Carbon Sequestration Leadership Forum	•Framework Policies	•Fossil Fuels	2003

Brazil		CONPET- Petrobras GNV Bus Project (Projeto Petrobras Ônibus a Gás)	•Transport	•Fossil Fuels	2003
Brazil		Expansion of the Natural Gas Market	•Framework Policies	•Fossil Fuels	2003
Brazil		Luz para Todos (Electricity for All)	•Framework Policies	•Electricity	2003
Brazil		Reform of the Electric Power Sector	•Power Generation	•Electricity	2003
Brazil		Brazilian Energy Initiative	•Framework Policies	•Renewables	2002
Brazil		CONPET Programa de Etiquetagem de Fogões e Aquecedores	•Residential	•Fossil Fuels	2002
Brazil		Energy Development Account (CDE)	•Power Generation	•Renewables	2002
Brazil		Programme of Incentives for Alternative Electricity Sources - Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA	•Power Generation	•Renewables	2002
Brazil		PROINFA - Program to Foster Alternative Sources of Electric Power	•Power Generation	•Renewables	2002
Brazil		Ratification of Kyoto Protocol	•Framework Policies	•Other	2002
Brazil		Tendering of Hydroelectricity Projects	•Power Generation	•Electricity	2002
Brazil		Energy Efficiency Law	•Framework Policies	•Fossil Fuels	2001
Brazil		Proeólica	•Power Generation	•Electricity	2001
Brazil		SWERA- Solar and Wind Energy Resource Assessment	•Framework Policies	•Renewables	2001
Brazil		Brazilian Climate Change Forum			2000
Brazil		Integrating Environmental Strategies - Research Programme	•Framework Policies	•Other	2000
Brazil		Reluz - National Program for Efficient Public lighting	•Power Generation	•Electricity	2000
Mexico		CONAE (National Commission for Energy Savings)-Energy Efficiency Measures	•Power Generation	•Fossil Fuels	

Mexico 	CONAE (National Commission for Energy Savings)-Energy Efficiency Measures	•Power Generation	•Fossil Fuels	
Mexico 	CONAE (National Commission for Energy Savings)-Energy Efficiency Measures	•Transport	•Fossil Fuels	
Mexico 	CONAE (National Commission for Energy Savings)-Energy Efficiency Measures	•Transport	•Fossil Fuels	
Mexico 	Freight vehicle renewal programme	•Transport	•Fossil Fuels	
Mexico 	Incentives for adopting pollution-reducing measures	•Transport	•Fossil Fuels	
Mexico 	Mexico Renewable Energy Program	•Residential	•Renewables	
Mexico 	Programa de Promoción y Venta de Calentadores Solares Orientado al Sector Residencial en México (CONAE programme)	•Residential	•Renewables	
Mexico 	Project of Ecological Norm for Wind Farms	•Framework Policies	•Electricity	2005
Mexico 	Project of Bill to Promote Renewable Energy. (Iniciativa de Ley para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía).	•Framework Policies	•Electricity	2004
Mexico 	Wheeling Service Agreement for electricity from renewable energy sources (Convenio para el servicio de Transmisión de energía eléctrica para fuente de energía renovable)	•Framework Policies	•Electricity	2004
Mexico 	El Cajón Hydroelectricity Project	•Power Generation	•Electricity	2003
Mexico 	Grid interconnection contract for renewable energy (Contrato de interconexión para fuente de energía renovable)	•Framework Policies	•Electricity	2003
Mexico 	Integrated Environmental Strategies Program	•Transport	•Other	2003
Mexico 	Methodology to establish service charges for transmission of renewable electricity. (Metodología para la determinación de los cargos por servicios de transmisión de energía eléctrica para fuente de energía renovable.	•Framework Policies	•Electricity	2003

Mexico 	Project of Electricity Reform in Connection with Renewable Energy (Iniciativa de Reforma Eléctrica en lo Referente a Energías Renovables)	•Framework Policies	•Electricity	2003
Mexico 	Burgos Basin Expansion	•Power Generation	•Fossil Fuels	2002
Mexico 	Center for Sustainable Transport in Mexico City	•Transport	•Other	2002
Mexico 	Energy Sector Program 2002-2006 (SEP)	•Framework Policies	•Other	2002
Mexico 	Framework Policy	•Transport	•Fossil Fuels	2002
Mexico 	Pilot Programme on GHG Emissions Reduction	•Power Generation	•Electricity	2002
Mexico 	Clean Air Initiative / Air Quality Program for the Metropolitan Zone of the Mexican Valley	•Framework Policies	•Other	2001
Mexico 	National Development Plan	•Framework Policies	•Other	2001
Mexico 	PEMEX Energy Savings Programme	•Power Generation	•Fossil Fuels	2001
Mexico 	PEMEX Internal Greenhouse Gas Reduction Programme	•Power Generation	•Fossil Fuels	2001
Mexico 	Ratification of the Kyoto Protocol	•Framework Policies	•Other	2000
Mexico 	Strategic Gas Plan	•Power Generation	•Fossil Fuels	2000
Paraguay 	The management and control of energy resource use and the promotion of efficiency and sustainability			2003
Paraguay 	The management and control of energy resource use and the promotion of efficiency and sustainability	•Transport	•Other	2003
Paraguay 	Studies of technical and economic feasibility of bio diesel			2003
Paraguay 	Studies of technical and economic feasibility of bio diesel	•Transport	•Renewables	2003
Paraguay 	To advance Pilot Projects aimed at achieving rural electrification through the use of renewable energy sources			2003



Paraguay 	To advance Pilot Projects aimed at achieving rural electrification through the use of renewable energy sources	•Transport	•Electricity	2003
Peru 	Rural Electrification Plan			2003
Peru 	Rural Electrification Plan	•Transport	•Electricity	2003

Fuentes: IEA Climate Change Mitigation Database, IEA Energy Efficiency Database, IEA Global Renewable Energy Policies and Measures Database, the European Conference of Ministers of Transport (ECMT) from "Transport CO<sub>2</sub> Policy Review Report", as well as contacts from industry and government.

## Supuestos de desarrollo y difusión tecnológica Escenario Alternativo

- El Escenario Alternativo asume tasas más rápidas de desarrollo y difusión de tecnologías más eficientes y de energía limpia en comparación con el escenario de referencia (Ver EIA Energy Technology Perspectives 2007 para proyecciones en detalle).
- Se excluyen también del Escenario Alternativo tecnologías que todavía no han sido demostradas viables comercialmente como Tecnologías de Captura y Almacenaje de CO<sub>2</sub> (Carbon Capture and Storage, CCS), biocombustibles de segunda generación, autos híbridos enchufables, ya que es muy difícil predecir cuando ocurrirá su comercialización dadas las significativas reducciones de costos requeridas para que eso ocurra.

**CUADRO A3.2**  
**ALTERNATIVE POLICY SCENARIO: LATIN AMERICA**

	Energy demand (Mtoe)		Shares (%)		Growth (% p.a.)		Change vs.RS (%)	
	2015	2030	2015	2030	2005-2015	2005-2030	2015	2030
Total primary energy demand	623	776	100	100	2.2	1.8	-3.6	-11.0
Coal	25	29	4	4	0.7	0.9	-12.7	-29.9
Oil	246	273	40	35	0.8	0.8	-5.0	-15.7
Gas	158	212	25	27	4.6	3.0	-4.6	-18.2
Nuclear	10	12	2	1	8.3	4.0	-	28.8
Hydro	71	93	11	12	3.0	2.3	0.6	-1.2
Biomass and waste	108	136	17	18	1.9	1.7	0.5	4.1
Other renewables	5	21	1	3	7.7	9.5	3.6	49.8
Power generation	182	245	100	100	3.8	2.7	-3.9	-14.0
Coal	8	11	4	4	-0.2	1.1	-26.8	-48.8
Oil	18	8	10	3	-3.3	-4.3	-7.2	-21.2
Gas	62	90	34	37	8.6	4.9	-7.2	-27.9
Nuclear	10	12	5	5	8.3	4.0	-	28.8
Hydro	71	93	39	38	3.0	2.3	0.6	-1.2
Biomass and waste	9	16	5	6	5.8	4.6	17.1	9.7
Other renewables	4	17	2	7	6.7	8.5	0.1	35.4
Other energy sector	72	87	100	100	1.9	1.5	-2.8	-9.2
Total final consumption	782	598	100	100	2.0	1.7	-3.6	-10.5
Coal	12	13	2	2	1.2	1.0	-3.9	-10.9

<b>CUADRO A3.2 (CONCLUSIÓN)</b>								
Oil	208	240	43	40	1.2	1.0	-3.9	-10.9
Of which transport	117	133	24	22	0.7	0.8	-6.8	21.1
Gas	77	99	16	17	2.9	2.2	-2.8	-9.7
Electricity	92	127	19	21	3.9	2.9	-4.0	-12.8
Heat	0	0	0	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Biomass and waste	93	113	19	19	1.7	1.5	-0.8	3.7
Of which biofuels	12	29	2	5	5.5	5.9	12.3	37.8
Other renewables	0	5	0	1	24.2	19.2	48.4	147.2

Fuente: IEA, World Energy Outlook 2007. IEA-OECD (2007).

**CUADRO A3.3  
ALTERNATIVE POLICY SCENARIO: LATIN AMERICA**

	CO2 Emissions (Mt)		Shares (%)		Growth (% p.a.)		Change vs. RS (%)	
	1 114	1 324	100	100	1.7	1.4	-5.9	-18.6
Total CO <sub>2</sub> emissions	1 114	1 324	100	100	1.7	1.4	-5.9	-18.6
Coal	88	106	8	8	0.1	0.8	-15.5	-33.0
Oil	666	734	60	55	0.7	0.7	-5.2	-16.1
Gas	360	484	32	37	4.5	3.0	-4.6	-18.4
Power generation	234	279	100	100	2.7	1.8	-11.2	-32.3
Coal	32	43	14	16	-1.4	0.6	-30.2	-50.8
Oil	56	26	24	9	-3.3	-4.3	-7.1	-21.0
Gas	146	209	62	75	8.6	4.9	-7.2	-27.9
Total final consumption	791	937	100	100	1.6	1.3	-4.6	-14.6
Coal	53	60	7	6	1.2	1.0	-3.9	-10.9
Oil	563	657	72	70	1.3	1.1	-5.2	-16.4
Gas	170	221	21	24	2.9	2.2	-2.7	-9.6

Fuente: IEA, World Energy Outlook 2007. IEA-OECD (2007).

**CUADRO A3.4  
REFERENCE SCENARIO: LATIN AMERICA**

	Energy demand (Mtoe)				Shares (%)			Growth (% p.a)	
	1990	2005	2015	2030	2005	2015	2030	2005-2015	2005-2030
Total primary energy demand	340	500	646	873	100	100	100	2.6	2.3
Coal	17	23	28	42	5	4	5	2.1	2.4
Oil	158	227	259	324	45	40	37	1.4	1.4
Gas	54	101	165	259	20	26	30	5.1	3.8
Nuclear	2	4	10	9	1	1	1	8.3	2.9
Hydro	31	53	71	94	11	11	11	2.9	2.3
Biomass and waste	76	90	108	131	18	17	15	1.9	1.5
Other renewables	1	2	4	14	0	1	2	7.3	7.7
Power generation	69	125	189	285	100	100	100	4.3	3.4
Coal	5	8	11	21	6	6	7	3.0	3.9
Oil	14	25	19	10	20	10	4	-2.6	-3.4
Gas	14	27	67	124	22	36	44	9.5	6.3
Nuclear	2	4	10	9	3	5	3	8.3	2.9
Hydro	31	53	71	94	43	37	33	2.9	2.3

<b>CUADRO A3.4 (CONCLUSIÓN)</b>									
Biomass and waste	2	5	8	14	4	4	5	4.2	4.2
Other renewables	1	2	4	12	2	2	4	6.7	7.2
Other energy sector	51	60	74	96	100	100	100	2.2	1.9
Total final consumption	263	393	500	669	100	100	100	2.4	2.1
Coal	7	10	12	15	3	2	2	1.6	1.4
Oil	128	184	219	286	47	44	43	1.8	1.8
<i>Of which transport</i>	<i>71</i>	<i>109</i>	<i>125</i>	<i>169</i>	<i>28</i>	<i>25</i>	<i>25</i>	<i>1.4</i>	<i>1.8</i>
Gas	25	58	79	110	15	16	16	3.2	2.6
Electricity	35	63	96	146	16	19	22	4.3	3.4
Heat	0	0	0	0	0	0	0	n.a.	n.a.
Biomass and waste	68	78	93	109	20	19	16	1.8	1.3
<i>Of which biofuels</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>11</i>	<i>21</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4.3</i>	<i>4.5</i>
Other renewables	0	0	0	2	0	0	0	19.4	15.0
	<b>Electricity (TWh)</b>				<b>Shares (%)</b>			<b>Growth (% p.a.)</b>	
Total generation	491	905	1 371	2 058	100	100	100	4.2	3.3
Coal	15	31	44	99	3	3	5	3.5	4.7
Oil	40	84	74	43	9	5	2	-1.2	-2.6
Gas	55	133	348	696	15	25	34	10.1	6.9
Nuclear	10	17	37	34	2	3	2	8.3	2.9
Hydro	364	619	825	1 095	68	60	53	2.9	2.3
Biomass and waste	7	19	31	53	2	2	3	5.0	4.1
Wind	0	0	8	22	0	1	1	35.6	17.6
Geothermal	1	2	4	12	0	0	1	7.9	7.6
Solar	0	0	0	4	0	0	0	n.a.	n.a.
Tide and wave	0	0	0	0	0	0	0	n.a.	n.a.
	<b>CO<sub>2</sub> emissions (Mt)</b>				<b>Shares (%)</b>			<b>Growth (% p.a.)</b>	
Total CO <sub>2</sub> emissions	602	938	1 184	1 627	100	100	100	2.4	2.2
Coal	57	88	104	159	9	9	10	1.8	2.4
Oil	426	619	703	875	66	59	54	1.3	1.4
Gas	119	231	377	592	25	32	36	5.0	3.8
Power generation	98	179	263	411	100	100	100	4.0	3.4
Coal	21	37	46	88	21	17	21	2.2	3.5
Oil	45	78	60	33	44	23	8	-2.5	-3.4
Gas	32	64	157	291	36	60	71	9.5	6.3
Total final consumption	439	675	829	1 097	100	100	100	2.1	2.0
Coal	32	47	55	67	7	7	6	1.6	1.4
Oil	350	501	599	785	74	72	72	1.8	1.8
Gas	56	127	174	245	19	21	22	3.2	2.7

Fuente: IEA, World Energy Outlook 2007. IEA-OECD (2007).