

# Escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero asociados a combustibles fósiles y cemento en América Latina

José Luis Samaniego  
Luis Miguel Galindo \*

## 1. Introducción

1. El aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero desde 1750 a la fecha, de origen fundamentalmente antropogénico, están generando cambios climáticos en gran escala tales como un aumento paulatino pero continuo de la temperatura, modificaciones en los patrones de lluvia, reducciones de las capas de hielo y aumentos del nivel de mar e incrementos en la intensidad y número de eventos climáticos extremos (IPCC, 2007). Los impactos económicos identificados y esperados de estos fenómenos climáticos para este siglo son impresionantes. Por ejemplo, existe, en la actualidad, una amplia literatura sobre los potenciales impactos del clima en actividades tales como el sector agropecuario, el sector hídrico, la biodiversidad y las zonas costeras, el sector energético y la salud de la población (Stern, 2007). La magnitud de estos impactos asociados al cambio climático modificarán entonces las condiciones económicas, sociales y, en general, las características del desarrollo y las condiciones de vida de la mayoría de la población mundial. En este sentido, el cambio climático se ha convertido en un tema de debate fundamental para delinear las estrategias y metas de desarrollo económico de este siglo y en donde, sin duda, destaca las emisiones de GEI.

2. En este sentido, el principal objetivo de este estudio es presentar, utilizando la identidad del IPAT una visión de largo plazo sobre los escenarios posibles de emisiones de gases de efecto invernadero para los países de América Latina y el Caribe asociada al uso de combustibles fósiles y de producción de cemento. Ello busca contribuir a la discusión para definir las mejores opciones de mitigación para enfrentar el cambio climático desde la óptica de América Latina y el Caribe y facilitar la comprensión de las consecuencias que puede tener para la región distintos tipos de acuerdos internacionales. Debe, sin embargo, reconocerse que las relaciones entre las causas que ori-

\* Funcionario de CEPAL y profesor de la Facultad de Economía, UNAM y experto de CEPAL, respectivamente. Agradecemos las estimaciones y el procesamiento de la información de José Eduardo Alatorre y los comentarios de Roberto Cabral. Desde luego, las opiniones vertidas son sólo responsabilidad de los autores y no representan un punto de vista institucional. Se aplica el descargo usual de los errores.

ginan las emisiones, sus consecuencias climáticas y sus posteriores impactos económicos y los procesos de retroalimentación respectivos conllevan a la construcción de escenarios que dependen de diversos parámetros y variables y que tienen desde luego un nivel de incertidumbre importante. En este sentido, las proyecciones presentadas no son pronósticos sino sólo representan escenarios potenciales que permiten tomar decisiones desde una óptica informada.

## 2. Marco general de análisis

3. Actualmente, es indispensable reconocer que la evolución de las principales variables asociadas al medio ambiente están indisolublemente relacionadas a un conjunto de actividades antropogénicas.<sup>1</sup> Esto es, es posible identificar canales de transmisión directos, por ejemplo, entre la realización de un conjunto de actividades económicas, la evolución demográfica y las trayectorias actuales de la energía o de las emisiones de gases de efecto invernadero. Una formalización de las relaciones entre emisiones, consumo de energía, producto per cápita y población puede realizarse de acuerdo a la conocida identidad de Kaya (1990) o IPAT (O'Neill *et al.*, 2003, Perman, *et al.*, 2003 y Yamaji, *et al.*, 1991) (identidad (1)). Esta identidad permite elaborar tanto un escenario base (BAU) como escenarios alternativos a través de descomponer la contribución de la población, el producto per cápita, la tecnología y al consumo de energía a las emisiones de gases de efecto invernadero (Bongaart, 1992, Stern, 2007, IPCC, 2007). Esto es, en su forma más simple, es posible modelar un impacto ambiental originado en actividades antropogénicas, a través de asociarlo directamente a la evolución del producto o de la población:

- (1) Impacto ambiental = coeficiente del impacto ambiental X población
- (2) Impacto ambiental = coeficiente de impacto ambiental X producto

<sup>1</sup> En particular, las emisiones de gases invernadero (GEI) y su relación con sus fuentes de emisiones son el resultado de un complejo sistema dinámico, no lineal y con rezagos que incluye a factores tales como la composición del producto, la innovación tecnológica, la composición de la matriz energética y, desde luego, la evolución del producto y la población.

Estas dos funciones pueden combinarse de acuerdo a la identidad del IPAT para permitir modificaciones en los coeficientes de impacto ambiental:

$$(3) \quad I = P \times A \times T$$

Donde: I = Impacto, P = Población, A = Prosperidad (*Affluence*) y T = Tecnología

La identidad (3) se presenta en su forma operacional como la identidad (4) donde la evolución de la variable ambiental impactada depende de las trayectorias del PIB *per cápita*, de la población y de los cambios en los coeficientes de impacto ambiental por unidad de producto (Perman, McGilbrav y Common, 2003):

$$(4) \quad I = [POB] \times \left[ \frac{PIB}{POB} \right] \times \text{Impacto por unidad de producto}$$

Así, la identidad (4) para las emisiones de gases de efecto invernadero puede representarse de acuerdo a la identidad (5):

$$(5) \quad CO_2 = [POB] \times \left[ \frac{PIB}{POB} \right] \times \left[ \frac{CO_2}{PIB} \right]$$

Además, es posible descomponer el coeficiente de emisiones a producto incluyendo el coeficiente de emisiones a energía:

$$(6) \quad CO_2 = [POB] \times \left[ \frac{PIB}{POB} \right] \times \left[ \frac{ENERG}{PIB} \right] \times \left[ \frac{CO_2}{ENERG} \right]$$

Es común utilizar a la identidad del IPAT en tasas de crecimiento y en forma aditiva como:

$$(7) \quad \Delta CO_2 = [\Delta POB] + \Delta \left[ \frac{PIB}{POB} \right] + \Delta \left[ \frac{ENERG}{PIB} \right] + \Delta \left[ \frac{CO_2}{ENERG} \right]$$

Normalizando esta descomposición<sup>2</sup> de tasas de crecimiento y analizando la contribución porcentual de cada uno de los factores se obtiene (Bongarts, 1992):

$$(8) \quad 1 = \left[ \frac{\Delta POB}{\Delta CO_2} \right] + \left[ \frac{\Delta \left( \frac{PIB}{POB} \right)}{\Delta CO_2} \right] + \left[ \frac{\Delta \left( \frac{ENERG}{PIB} \right)}{\Delta CO_2} \right] + \left[ \frac{\Delta \left( \frac{CO_2}{ENERG} \right)}{\Delta CO_2} \right]$$

<sup>2</sup> Esta descomposición es correcta sólo con tasa de crecimiento continuo (O'Neill et al, 2003).

En este contexto es común considerar constante a todas las variables menos una (Bartiaux y van Persele, 1993, Ang, 1993 y Moomaw y Tullis, 1998) para realizar diversas simulaciones.

4. De este modo, con base en la identidad del IPAT, es posible construir escenarios bajo distintos supuestos de crecimiento de equilibrio del PIB *per cápita* y de la población y de la evolución proyectada de las razones de energía a PIB *per cápita* y de emisiones a energía.

### 3. Escenarios de emisiones para América Latina

5. La base de datos anual utilizada corresponde a las emisiones de CO<sub>2</sub> totales obtenida del sitio oficial de Naciones Unidas de los indicadores para los Objetivos de Desarrollo del Milenio (MDG por sus siglas en inglés) con base en datos compilados por CEDDIAC y sólo incluye emisiones por combustibles fósiles y producción de cemento. Las estadísticas de oferta y consumo de energía corresponden a la base de datos de CEPAL (BADEIMA) basado en el Sistema de Información Económica Energético de OLADE. Los datos de PIB y PIB *per cápita* a precios constantes de 2000 fueron obtenidos de la base de datos de CEPAL (BADECOM). La población fue obtenida de CELADE.

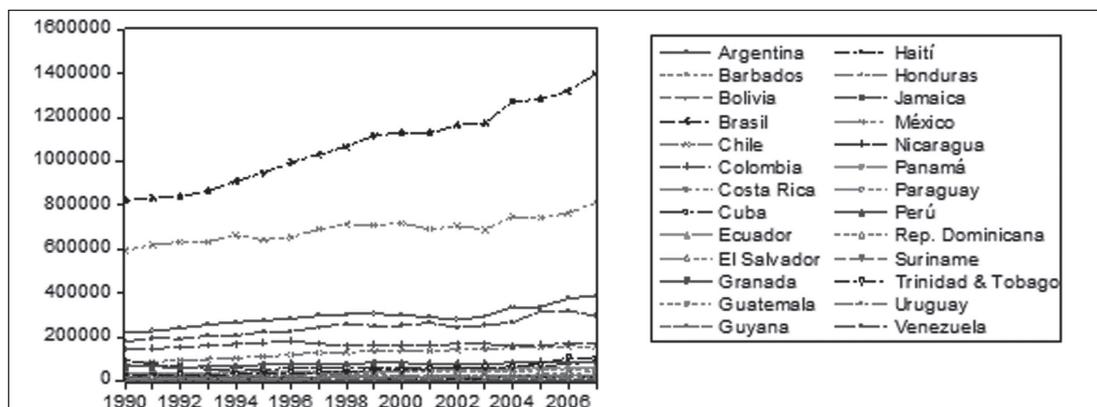
6. La evolución del consumo de energía en América Latina muestra una trayectoria ascendente en el conjunto de la región aunque con ritmos diferenciados por país (gráfica 1). Ello, desde luego responde, a los requerimientos de energía asociados a los patrones actuales de producción, distribución y consumo y de evolución demográfica y que de mantenerse en el futuro se traducirán en un aumento paulatino pero continuo de la demanda de energía en América Latina y el Caribe.

7. La fuerte asociación *positiva* entre la evolución del consumo de energía y la trayectoria del PIB *per cápita* se observa también claramente en la gráfica 2 en donde los países<sup>3</sup> con un mayor nivel de ingreso *per cápita* tienen también un mayor nivel de consumo energético.

---

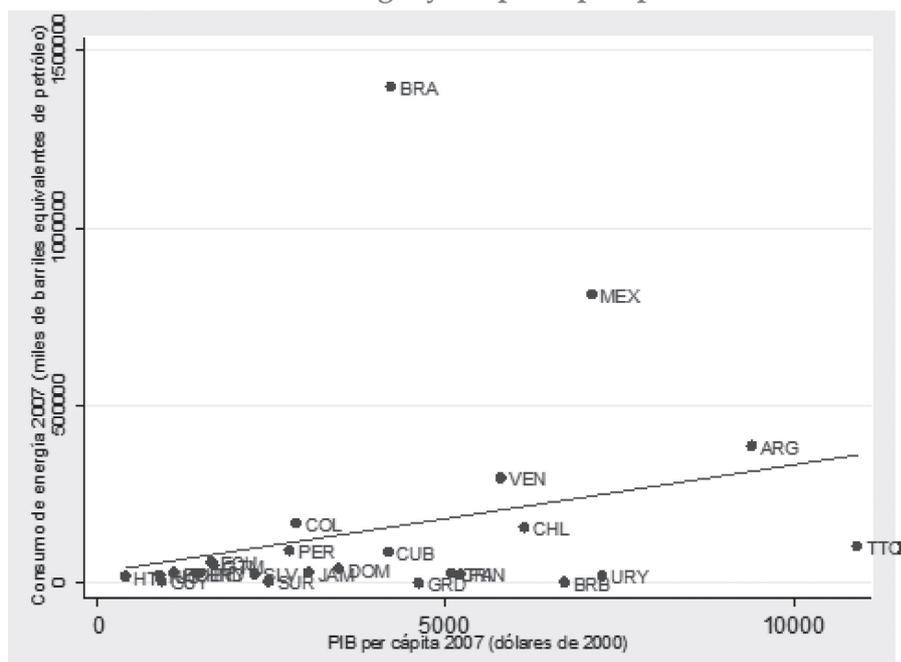
3 Véase en el apéndice los nombres de los países respectivos.

Gráfica 1  
Consumo de energía (miles de barriles equivalentes de petróleo):  
1990-2007



Fuente: elaborado por CEPAL con estadísticas de consumo de energía del Sistema de Información Económica Energética (SIEE), de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).

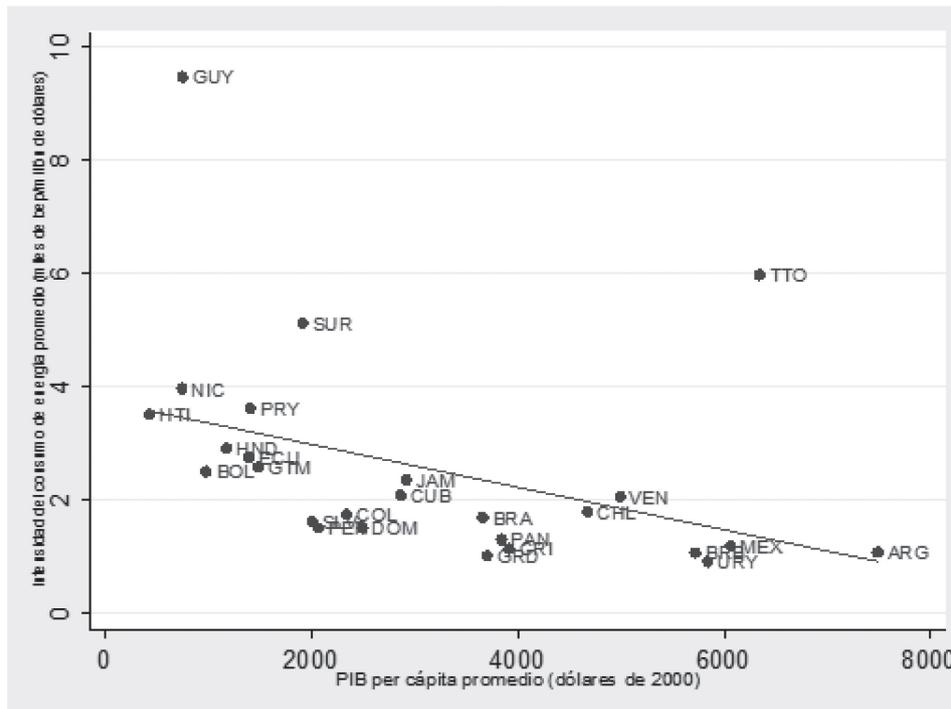
Gráfica 2  
Consumo de energía y PIB per cápita para el 2007



Fuente: elaborado por CEPAL con estadísticas de consumo total de energía del Sistema de Información Económica Energética (SIEE), de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). Los datos de PIB per cápita a precios constantes del 2000, fueron obtenidos de la base de datos CEPAL (BADECON).

8. En este contexto, destaca sin embargo, que las intensidades energéticas (consumo de energía con respecto al PIB *per cápita*) son distintas por países de la región (gráfica 3). Más aún se observa que en los países con un mayor nivel de ingreso *per cápita* tienen también, en general, una menor intensidad de energía a PIB *per cápita*. Ello indica que existe un proceso de desacoplamiento paulatino del consumo de energía con respecto al PIB *per cápita* lo que se debe, fundamentalmente, a cambios en la estructura productiva, a cambios de precios relativos, a procesos de innovación tecnológica y al desarrollo de economías más eficientes desde el punto vista energético y a la imposición de regulaciones en este sentido.

Gráfica 3  
Intensidad del consumo de energía y PIB *per cápita*: promedio  
1990 - 2007



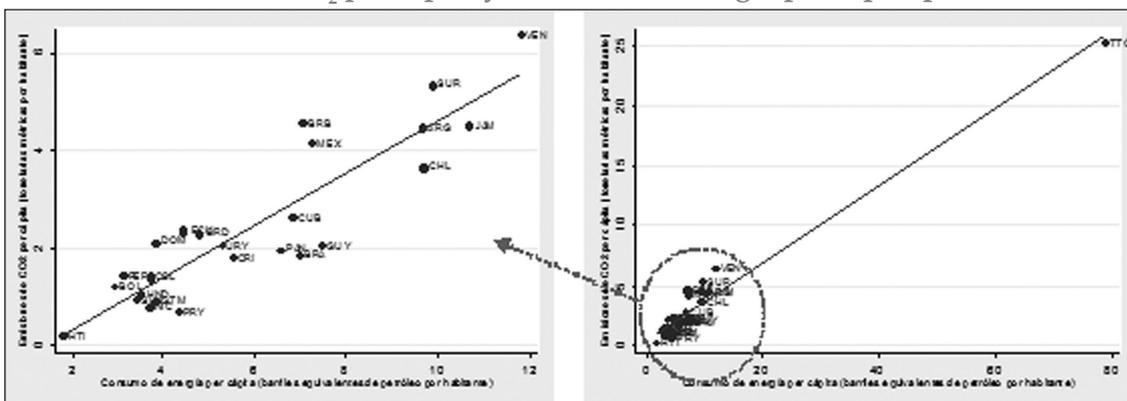
Fuente: elaborado por CEPAL con estadísticas de consumo total de energía del Sistema de Información Económica Energética (SIEE), de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). Los datos de PIB y PIB *per cápita* a precios constantes del 2000, fueron obtenidos de la base de datos CEPAL (BADECON).

Nota: la intensidad del consumo de energía promedio se refiere al promedio de las razones de consumo total de energía medido en miles de barriles equivalentes de petróleo (BEP) a PIB en millones de dólares de 2000 del período 1990-2007.

9. Este proceso de desacoplamiento energético permite identificar una relación inversa entre intensidad energética e ingreso per cápita (gráfica 3), pero que resulta insuficiente para contener el creciente consumo de energía como lo muestra el mantenimiento de una relación positiva entre nivel de consumo de energía y el PIB *per cápita*. Más aún, en el agregado, se observa que América Latina y el Caribe, en su conjunto, ha sido incapaz de desacoplar significativamente su trayectoria energética de la evolución del producto *per cápita*. Ello muestra además que aún persiste una estrecha relación entre crecimiento económico y el consumo de energía en la región; por tanto, por ejemplo, una contracción drástica del consumo energético tendría consecuencias directas negativas en el ritmo de crecimiento de la región. En este sentido, es posible esperar que al menos en los próximos años se mantenga un cierto ritmo de crecimiento del consumo de energía en concordancia con el ritmo de crecimiento económico.

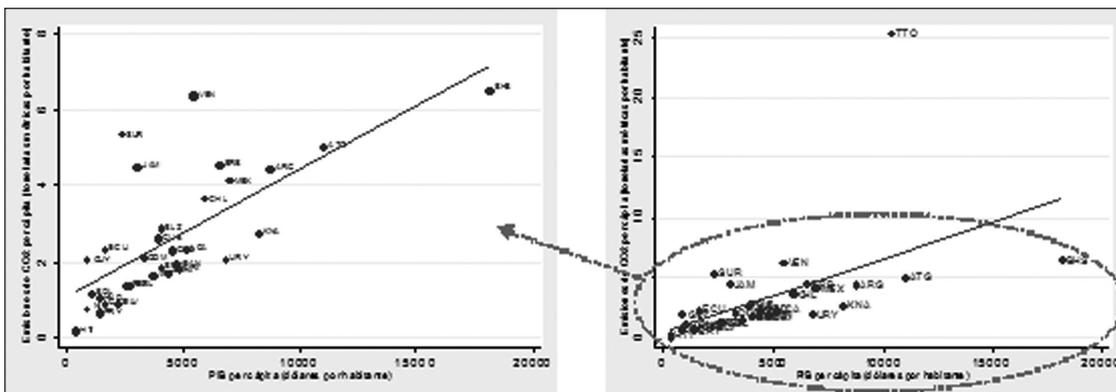
10. La trayectoria de las emisiones de gases de efecto invernadero referidas al consumo de combustibles fósiles y cemento en América Latina y el Caribe muestra también una trayectoria ascendente, no obstante los esfuerzos realizados. Esta trayectoria está claramente asociada a la evolución económica, demográfica y del consumo de energía (*i.e.* IPAT). Así, se observa que existe una relación positiva en el conjunto de los países de América Latina y el Caribe entre las emisiones *per cápita* y el PIB *per cápita* y las emisiones de CO<sub>2</sub> *per cápita* y el consumo de energía *per cápita* (gráficas 4 y 5). En este sentido, es indispensable para transitar hacia una trayectoria de desarrollo más sostenible desacoplar las trayectorias de crecimiento del producto y del consumo de energía de la evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero. Esto es, para reducir el nivel de las emisiones de CO<sub>2</sub> es necesario profundizar el desacoplamiento y la descarbonización.

Gráfica 4  
Emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita y consumo de energía per cápita para 2006



Fuente: elaborado por CEPAL con estadísticas de CO<sub>2</sub> obtenidas del sitio oficial ODM de la ONU en base a datos compilados por CDIAC. Las estadísticas de consumo total de energía se obtuvieron del Sistema de Información Económica Energética (SIEE), de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).

Gráfica 5  
Emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita y PIB per cápita para 2006



Fuente: elaborado por CEPAL con estadísticas de CO<sub>2</sub> obtenidas del sitio oficial ODM de la ONU en base a datos compilados por CDIAC. Los datos de PIB a precios constantes del 2000, fueron obtenidos de la base de datos CEPAL (BADECON).

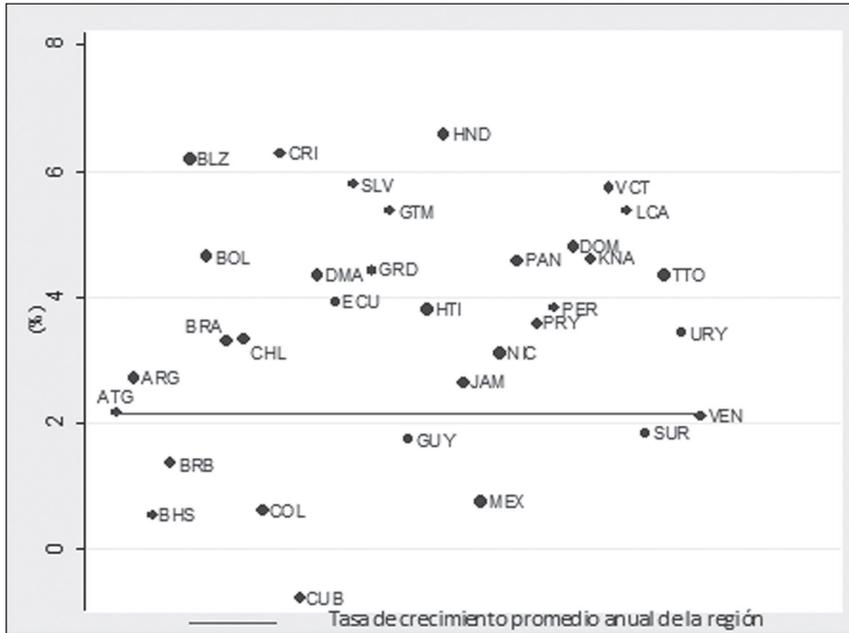
11. La evidencia disponible para América Latina y el Caribe muestra entonces la presencia de patrones regulares entre niveles de emisiones de gases de efecto invernadero, consumo de energía, nivel de ingreso de ingreso *per cápita* y la evolución de la población (Stern, 2007). Las proyecciones de las trayectorias del consumo de energía y de las emisiones de gases de efecto invernadero pueden entonces realizarse de acuerdo a la identidad del IPAT. En la ecuación (7.a) se observa entonces que en general un mayor crecimiento económico y poblacional (los dos primeros términos de la derecha de la ecuación) se traduce en un mayor nivel de emisiones y, adicionalmente, de consumo de energía de acuerdo a la evidencia histórica. Sin embargo, es factible también esperar que se produzca un paulatino proceso de desacoplamiento energético y de descarbonización en economías con un ingreso *per cápita* más alto (tercero y cuarto término de la ecuación respectivamente) como lo muestra la evidencia histórica.

$$(7.a) \quad \Delta CO_{2t} = [\Delta POB]_t + \Delta \left[ \frac{PIB}{POB} \right]_t + \Delta \left[ \frac{ENERG}{PIB} \right]_t + \Delta \left[ \frac{CO_2}{ENERG} \right]_t$$

12. Las emisiones de GEI asociada a combustibles fósiles en el conjunto de los países de América Latina y el Caribe tienden a aumentar paulatinamente con una tasa de crecimiento promedio simple de 2.2% para el período de 1990-2006 (gráfica 6). Así, con excepción de Cuba, todos los países han aumentado sus emisiones totales de CO<sub>2</sub>; por su parte, Antigua y Barbuda, Bahamas, Barbados, Colombia, Guyana, México y Surinam exhiben una tasa de crecimiento positiva pero por debajo del crecimiento agregado de la región.

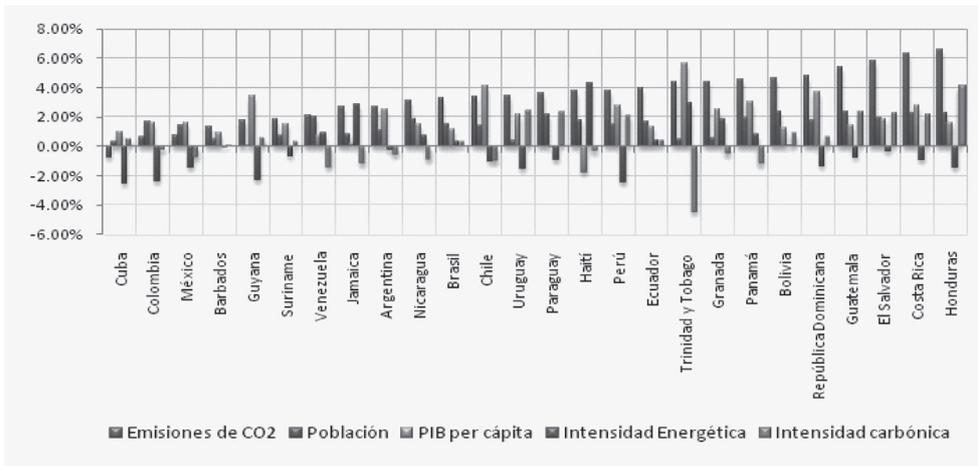
13. La evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la evolución histórica del IPAT confirma que sus principales factores dinamizadores son la población y del ingreso *per cápita* con ponderaciones diferenciadas por país (cuadro 1 y gráfica 7). En este sentido, la evolución de estos factores en el futuro muestra que el proceso de estabilización demográfica en la mayoría de los países de la región, a partir de la segunda mitad del siglo, implicará una creciente importancia del PIB *per cápita* como factor dinamizador de las emisiones de GEI.

Gráfica 6  
 Tasas de crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub>  
 en América Latina promedio 1990-2006



Fuente: elaborado por CEPAL con estadísticas de CO<sub>2</sub> obtenidas del sitio oficial ODM de la ONU en base a datos compilados por CDIAC.

Gráfica 7  
 Tasa de crecimiento anual promedio de las emisiones de CO<sub>2</sub>  
 y sus componentes, 1990-2006



Fuente: cuadro 1.

**Cuadro 1**  
**Tasas de crecimiento promedio en emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con energía y sus componentes (%), 1990 - 2006**

	Tasa de crecimiento de las emisiones de CO <sub>2</sub> (Miles de toneladas métricas)	Tasa de crecimiento de la Población	Tasa de crecimiento del PIB per cápita (millones de dólares de 2000)	Tasa de crecimiento de la intensidad energética	Tasa de crecimiento de la intensidad carbónica
Argentina	2.74	1.13	2.56	-0.30	-0.64
Barbados	1.38	0.48	0.94	-0.07	0.03
Bolivia	4.66	2.32	1.27	0.10	0.90
Brasil	3.33	1.51	1.18	0.30	0.30
Chile	3.35	1.39	4.13	-1.03	-1.09
Colombia	0.63	1.68	1.64	-2.34	-0.29
Costa Rica	6.30	2.26	2.75	-0.96	2.15
Cuba	-0.73	0.37	0.98	-2.51	0.46
Ecuador	3.96	1.68	1.35	0.45	0.42
El Salvador	5.81	1.98	1.82	-0.38	2.29
Granada	4.43	0.61	2.54	1.82	-0.58
Guatemala	5.38	2.40	1.41	-0.80	2.29
Guyana	1.76	0.07	3.43	-2.27	0.60
Haití	3.82	1.79	-1.79	4.28	-0.41
Honduras	6.59	2.28	1.58	-1.43	4.07
Jamaica	2.68	0.82	0.25	2.87	-1.25
México	0.79	1.42	1.61	-1.42	-0.78
Nicaragua	3.14	1.82	1.50	0.77	-0.97
Panamá	4.59	1.95	3.03	0.84	-1.26
Paraguay	3.60	2.19	-0.01	-0.92	2.33
Perú	3.83	1.49	2.78	-2.48	2.08
República Dominicana	4.83	1.74	3.75	-1.35	0.68
Suriname	1.88	0.78	1.55	-0.71	0.26
Trinidad y Tobago	4.37	0.52	5.63	2.92	-4.50
Uruguay	3.44	0.42	2.17	-1.54	2.40
Venezuela	2.15	1.98	0.74	0.91	-1.46

Fuente: elaborado por CEPAL con estadísticas de CO<sub>2</sub> obtenidas del sitio oficial ODM de la ONU en base a datos compilados por CDIAC. Las estadísticas de consumo total de energía del Sistema de Información Económica Energética (SIEE), de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). Los datos de PIB per cápita a precios constantes del 2000, fueron obtenidos de la base de datos CEPAL (BADECON). Los datos de población se obtuvieron de la base de datos de CEPAL (BADEINSO).

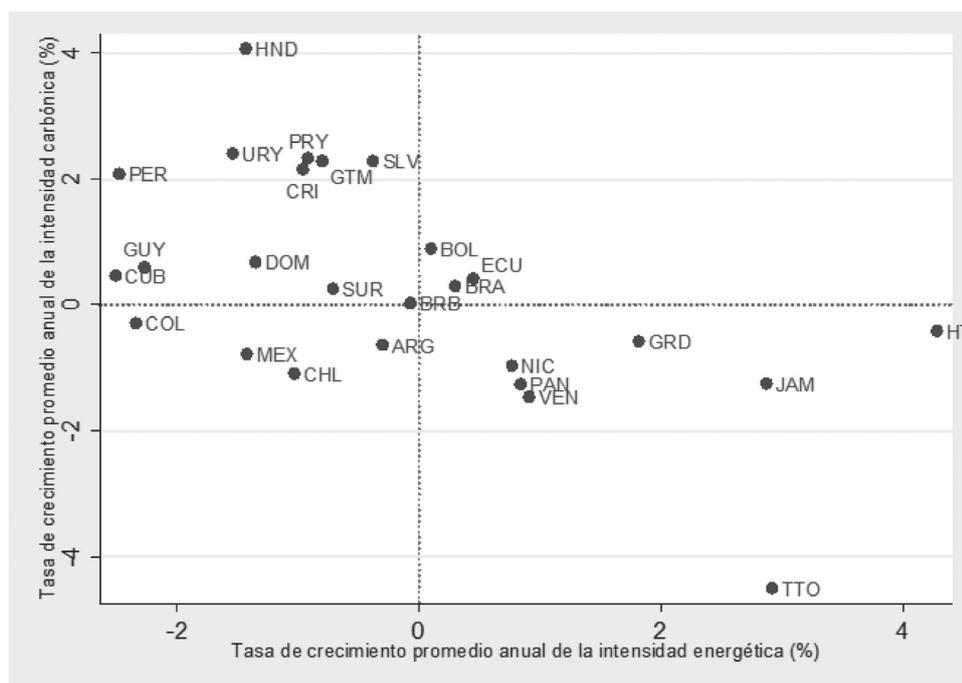
14. La evolución en las intensidades de CO<sub>2</sub> a energía en el conjunto de los países de América Latina y el Caribe muestra una tendencia mixta, ya que de 26 países,<sup>5</sup> 14 aumentan su intensidad: Barbados, Bolivia, Brasil, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guyana, Honduras, Paraguay, Perú, República Dominicana, Suriname y Uruguay. Por su parte, los países que disminuyen su razón de CO<sub>2</sub> a energía (tasa de descarbonización) son Argentina, Chile, Colombia, Granada, Haití, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Trinidad y Tobago y Venezuela. En este contexto se observa que Argentina, Chile, Colombia y México muestran una reducción simultánea tanto en la intensidad energética como en su tasa de descarbonización.

15. En este sentido, los procesos históricos de desacoplamiento energético y de descarbonización de las economías latinoamericanas y del Caribe resultan aún incipientes e insuficientes para compensar los factores dinamizadores de la demanda de energía y del crecimiento de las emisiones. Esto es, se observa la presencia de tasas de crecimiento negativas en algunos países en las razones de energía a producto y de emisiones de CO<sub>2</sub> a energía que han contribuido a reducir el ritmo de crecimiento del consumo de energía y de emisiones pero estos ritmos son aún insuficientes para detener el crecimiento del consumo de energía y de las emisiones. La información muestra además que la tasa de desacoplamiento energética es más frecuente que la tasa de descarbonización (gráfica 8). Ello sugiere que aún, como región, no existe una preocupación acentuada por la evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero. En este sentido, América Latina y el Caribe requiere instrumentar políticas que le permitan transitar hacia el cumplimiento de la meta de un desarrollo más sostenible a través de incrementar sus tasas de desacoplamiento energético y de descarbonización, sin sacrificar un crecimiento económico sostenido. Compatibilizar un crecimiento económico sostenido con una continua reducción de emisiones o al menos su estabilización, es aún una meta deseable pero aún difícil de cumplir.

---

<sup>5</sup> No se consideran Antigua y Barbuda, Bahamas, Belice, Dominica, San Kitts y Nevis, San Vicente y las Granadinas y Santa Lucía debido a la no disponibilidad de datos sobre consumo energético.

Gráfica 8  
Tasa de crecimiento anual promedio de la intensidad energética vs. Tasa de crecimiento anual promedio de la intensidad carbónica, 1990-2006



Fuente: Cuadro 1.

16. Con objeto de ilustrar las posibles trayectorias del consumo de energía y de emisiones de gases de efecto invernadero se presentan las proyecciones realizadas con el IPAT bajo el siguiente escenario:

- La trayectoria de la población corresponde a las proyecciones de CELADE.
- El ritmo de crecimiento del PIB se obtiene con modelos ARIMA por país para capturar la trayectoria histórica.<sup>6</sup> Para incorporar la crisis económica actual se incluyeron las proyecciones de PIB de CEPAL del 2009.
- Como escenario base para las razones de energía a producto y de emisiones a energía se consideró su promedio histórico del período 1990-2007 para el caso de la intensidad energética y 1990-2006 para la intensidad carbónica. La construcción de los cuatro escenarios alternativos implican la utilización del supuesto de que las series se distribuyen como una

<sup>6</sup> Los modelos ARIMA están disponibles en la DDSAH, CEPAL. Argentina y México incluyen las proyecciones de CEPAL para 2009 en la estimación del modelo ARIMA para compensar sus caídas del PIB.

normal, y se construye un intervalo de confianza a 95% con los siguientes escenarios (cuadros 4 y 5 y gráficas 9 y 10).

- Escenario I estará construido con la cota inferior de los intervalos para ambas variables de desacoplamiento energético y de descarbonización.
- El escenario II utiliza la cota inferior de la intensidad energética y el promedio de la intensidad carbónica.
- El escenario III corresponde a la cota inferior de la intensidad energética y la cota superior de la intensidad carbónica.
- El escenario IV utiliza el promedio de la intensidad energética y la cota inferior de la intensidad carbónica.
- El escenario V utiliza el promedio de la intensidad energética y el promedio de la intensidad carbónica.
- El escenario VI utiliza el promedio de la intensidad energética y la cota superior de la intensidad carbónica.
- El escenario VII utiliza la cota superior de la intensidad energética y la cota inferior de la intensidad carbónica
- El escenario VIII utiliza la cota superior de la intensidad energética y el promedio de la intensidad carbónica.
- El escenario IX utiliza la cota superior de la intensidad energética y la cota superior de la intensidad carbónica.

Cuadro 4  
Guía de escenarios

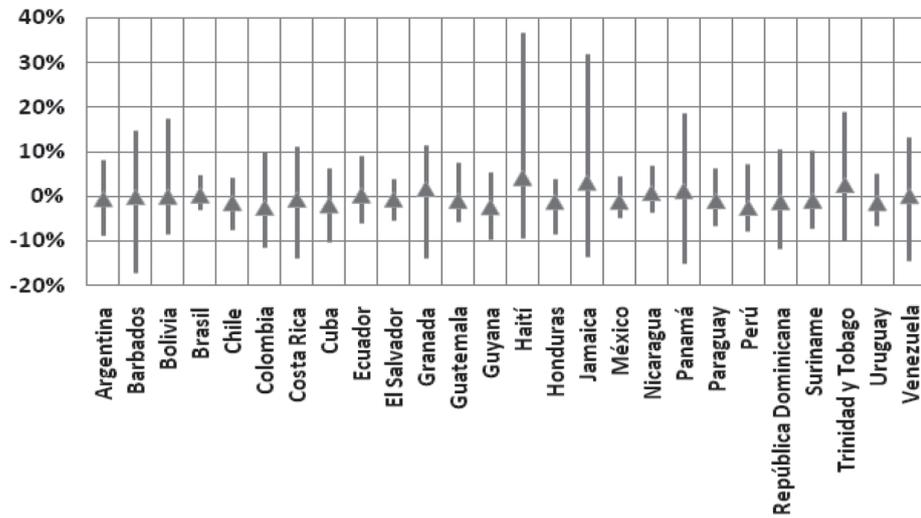
Escenario	Tasa de crecimiento de la intensidad energética	Tasa de crecimiento de la intensidad carbónica	
I	Mínima	Mínima	Escenario I
II	Mínima	Promedio	Escenario II
III	Mínima	Máxima	Escenario III
IV	Promedio	Mínima	Escenario IV
V	Promedio	Promedio	Escenario V
VI	Promedio	Máxima	Escenario VI
VII	Máxima	Mínima	Escenario VII
VIII	Máxima	Promedio	Escenario VIII
IX	Máxima	Máxima	Escenario IX

**Cuadro 5**  
**Tasas de crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub>: 1990-2006**

Intensidad energética (%)					Intensidad Carbónica (%)				
País	Promedio	Desviación estándar	Intervalo de confianza de 95%		País	Promedio	Desviación estándar	Intervalo de confianza de 95%	
ARG	-0.62	1.14	-3.03	1.79	ARG	-0.64	0.92	-2.59	1.31
BRB	-0.26	1.67	-3.80	3.28	BRB	0.03	3.95	-8.39	8.45
BOL	-0.11	1.38	-3.04	2.82	BOL	0.89	3.57	-6.73	8.51
BRA	0.29	0.51	-0.79	1.37	BRA	0.30	0.96	-1.75	2.35
CHL	-1.44	0.72	-2.96	0.08	CHL	-1.10	1.85	-5.04	2.85
COL	-2.65	1.17	-5.14	-0.16	COL	-0.29	2.09	-4.74	4.15
CRI	-0.77	1.34	-3.60	2.07	CRI	2.13	2.10	-2.34	6.60
CUB	-2.04	1.17	-4.52	0.44	CUB	0.46	2.30	-4.44	5.36
ECU	0.26	0.89	-1.63	2.16	ECU	0.42	5.85	-12.06	12.90
SLV	-0.63	0.65	-2.00	0.75	SLV	2.26	1.75	-1.47	6.00
GRD	1.49	1.67	-2.06	5.04	GRD	-0.58	1.82	-4.46	3.29
GTM	-0.92	0.68	-2.36	0.53	GTM	2.27	1.92	-1.83	6.37
GUY	-2.47	1.01	-4.60	-0.33	GUY	0.59	1.26	-2.08	3.27
HTI	3.76	2.21	-0.93	8.45	HTI	-0.41	8.27	-18.04	17.21
HND	-1.19	0.90	-3.09	0.71	HND	3.99	1.94	-0.15	8.13
JAM	2.59	2.53	-2.77	7.96	JAM	-1.25	3.49	-8.68	6.18
MEX	-1.17	0.70	-2.65	0.31	MEX	-0.79	1.15	-3.24	1.66
NIC	0.80	0.60	-0.48	2.08	NIC	-0.97	2.47	-6.24	4.30
PAN	0.97	2.04	-3.35	5.29	PAN	-1.27	4.49	-10.84	8.30
PRY	-1.00	0.89	-2.89	0.88	PRY	2.30	1.81	-1.55	6.15
PER	-2.60	0.87	-4.46	-0.75	PER	0.987	1.73	-1.63	5.75
DOM	-1.34	1.43	-4.36	1.68	DOM	0.68	1.96	-3.50	4.86
SUR	-0.98	1.11	-3.34	1.39	SUR	0.26	0.63	-1.08	1.61
TTO	2.29	1.98	-1.91	6.49	TTO	-4.60	2.56	-10.05	0.85
URY	-1.45	0.86	-3.27	0.37	URY	2.37	2.68	-3.35	8.09
VEN	-0.07	1.78	-3.85	3.71	VEN	-1.47	2.93	-7.73	4.78

Fuente: elaborado por CEPAL con estadísticas de CO<sub>2</sub> obtenidas del sitio oficial ODM de la ONU en base a datos compilados por CDIAC. Las estadísticas de consumo total de energía del Sistema de Información Económica Energética (SIEE), de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). Los datos de PIB *per cápita* a precios constantes del 2000, fueron obtenidos de la base de datos CEPAL (BADECON). Los datos de población se obtuvieron de la base de datos de CEPAL (BADEINSO).

Gráfica 9  
Tasa de crecimiento de la intensidad energética:  
máximo, mínimo y promedio, 1990 - 2006

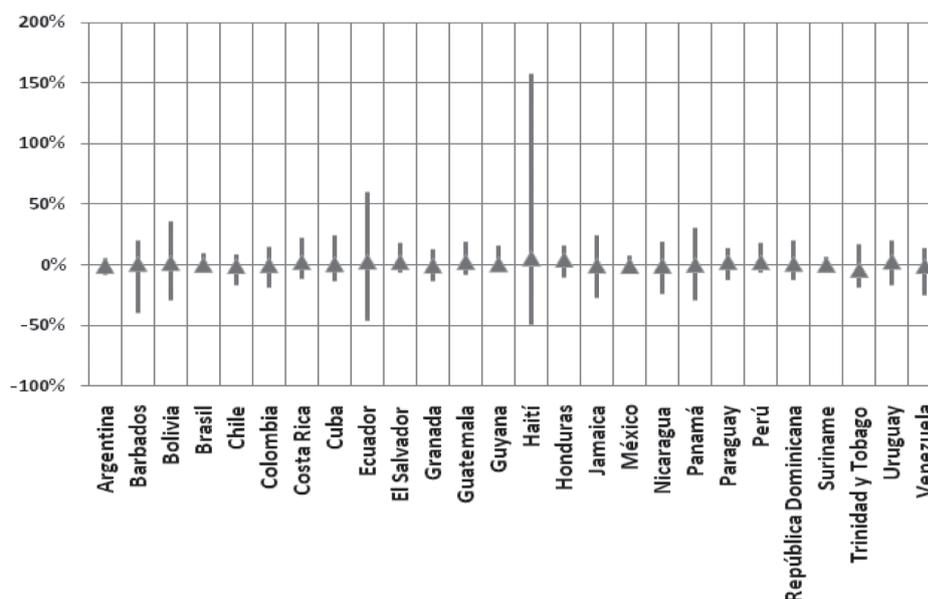


Fuente: elaborado por CEPAL con estadísticas de CO<sub>2</sub> obtenidas del sitio oficial ODM de la ONU en base a datos compilados por CDIAC. Las estadísticas de consumo total de energía del Sistema de Información Económica Energética (SIEE), de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). Los datos de PIB *per cápita* a precios constantes del 2000, fueron obtenidos de la base de datos CEPAL (BADECON). Los datos de población se obtuvieron de la base de datos de CEPAL (BADEINSO).

que asumiendo un crecimiento del PIB tendencial estimado con los modelos ARIMA, y suponiendo una trayectoria de la intensidad energética y carbónica promedio (Escenario V), las emisiones de CO<sub>2</sub> tenderán a seguir creciendo en la región de acuerdo a las identidades respectivas del IPAT; en principio ello llevaría a un crecimiento de 2.37% promedio simple anual. Destacan por una tasa de crecimiento negativo Colombia y Venezuela, así como Chile, Guyana y México por su moderado crecimiento en emisiones. Por el contrario, Bolivia, Brasil, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Haití, Honduras, Jamaica, Panamá, Paraguay, República Dominicana y Suriname, experimentan un alto crecimiento de emisiones en el escenario inercial.

18. Sólo dos escenarios presentan tasas de crecimiento de emisiones negati-

Gráfica 10  
Tasa de crecimiento de la intensidad carbónica:  
máximo, mínimo y promedio, 1990-2006



Fuente: elaborado por CEPAL con estadísticas de CO<sub>2</sub> obtenidas del sitio oficial ODM de la ONU en base a datos compilados por CDIAC. Las estadísticas de consumo total de energía del Sistema de Información Económica Energética (SIEE), de la Organización Latinoamericana de Energía (OLA-DE). Los datos de PIB *per cápita* a precios constantes del 2000, fueron obtenidos de la base de datos CEPAL (BADECON). Los datos de población se obtuvieron de la base de datos de CEPAL (BADEINSO).

17. Las proyecciones al 2015, sintetizadas en el cuadro 5 y gráfica 11, muestran e involucran los niveles mínimos tanto de intensidad energética como carbónica (Escenario I) o que la intensidad energética se mantenga en sus niveles medios y que la intensidad carbónica sea la mínima (Escenario IV). El primer caso constituye un escenario poco probable ya que como lo muestra la gráfica 8, solamente existen cuatro países en la región en los que se presenta tal comportamiento. Más probable es, quizá, el escenario en donde la tasa de crecimiento de la intensidad carbónica sea la mínima (negativa para todos los países) y la intensidad energética sea la media, situación que se presen-

tó en 7 países considerados. Ello, sin embargo, implica que la región en su conjunto ponga como una de sus prioridades el control de las emisiones de gases de efecto invernadero.

19. Dentro de los escenarios más probables, se encuentran aquellos en donde la intensidad energética disminuye y la intensidad carbónica aumenta (11 países presentan este comportamiento). Dentro de esta clasificación se encuentran los escenarios II y III en el extremo optimista en términos de intensidad energética, y los escenarios V y VI considerando los promedios de intensidad. Solamente el escenario II muestra un crecimiento moderado de las emisiones en la región de 0.49%, mientras que los demás escenarios se encuentran por encima del escenario promedio (Escenario V).

20. El conjunto de las simulaciones realizadas muestran entonces que es altamente probable que las emisiones de gases de efecto invernadero continúen aumentando en América Latina y el Caribe. Esto es, la evolución puntual de las emisiones depende ciertamente de un conjunto de factores en donde se observa que en la mayoría de las combinaciones posibles se mantiene un aumento de las emisiones. Sólo en el caso de que América Latina y el Caribe consiga ubicar alguna de sus tasas de desacoplamiento energético o descarbonización en las cotas inferiores es posible entonces transitar a un escenario de una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. En el extremo, el escenario combinado de tasas de desacoplamiento energético y de descarbonización tiene una probabilidad condicional de ocurrencia baja; con la excepción de Argentina, Chile, Colombia y México.

21. En este contexto, debe observarse que América Latina y el Caribe debe mantener un ritmo de crecimiento significativo en las próximas décadas y que aún las emisiones per cápita son evidentemente inferiores a aquellas de los países desarrollados. Ello plantea un margen de maniobra que debe aprovecharse buscando instrumentar una estrategia de largo plazo que transite hacia una trayectoria de desacoplamiento energético y de descarbonización sólida.

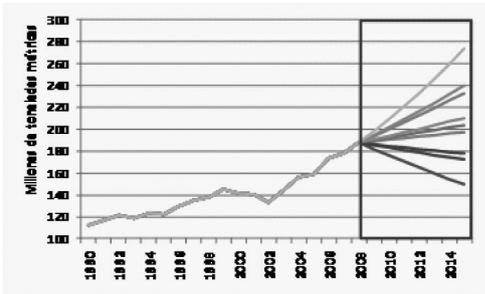
**Cuadro 5.**  
**Proyecciones de crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> para el período 2009-2015**  
**(en porcentajes)**

		Escenarios								
Supuesto	Intensidad energética	Mín.	Mín.	Mín.	Prom.	Prom.	Prom.	Max.	Max.	Max.
	Intensidad carbónica	Mín.	Prom.	Mín.	Prom.	Max.	Mín.	Mín.	Prom.	Max.
País	PIB	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Argentina	2.45	-3.18	-1.23	0.73	-0.77	1.18	3.14	1.64	3.59	5.55
Barbados	1.80	-10.39	-1.97	6.45	-6.85	1.57	9.99	-3.31	5.11	13.53
Bolivia	3.40	-6.40	1.22	8.84	-3.46	4.16	11.78	-0.53	7.09	14.71
Brasil	4.77	2.19	4.24	6.28	3.27	5.32	7.37	4.36	6.40	8.45
Chile	3.08	-4.95	-1.00	2.95	-3.43	0.52	4.47	-1.90	2.04	5.99
Colombia	2.75	-7.15	-2.70	1.75	-4.66	-0.21	4.24	-2.17	2.28	6.72
Costa Rica	4.90	-1.09	3.38	7.85	1.74	6.21	10.69	4.57	9.05	13.52
Cuba	6.42	-2.55	2.35	7.25	-0.06	4.84	9.73	2.42	7.32	12.22
Ecuador	2.57	-11.14	1.34	13.82	-9.24	3.24	15.72	-7.35	5.14	17.62
El Salvador	3.40	-0.11	3.63	7.37	1.27	5.01	8.74	2.65	6.38	10.12
Granada	1.69	-4.82	-0.95	2.92	-1.28	2.60	6.47	2.27	6.15	10.02
Guatemala	3.54	-0.68	3.42	7.52	0.76	4.86	8.96	2.21	6.31	10.41
Guyana	2.15	-4.52	-1.85	0.83	-2.39	0.29	2.96	-0.26	2.42	5.09
Haití	1.80	-17.17	0.46	18.08	-12.48	5.15	22.77	-7.79	9.84	27.46
Honduras	3.60	0.33	4.47	8.61	2.23	6.37	10.51	4.13	8.27	12.41
Jamaica	5.96	-5.52	1.91	9.35	-0.15	7.28	14.71	5.21	12.64	20.07
México	2.39	-3.51	-1.06	1.39	-2.03	0.42	2.87	-0.55	1.90	4.35
Nicaragua	3.40	-3.35	1.93	7.20	-2.07	3.20	8.48	-0.79	4.48	9.75
Panamá	4.70	-9.53	0.04	9.60	-5.21	4.36	13.92	-0.89	8.67	18.24
Paraguay	2.41	-2.04	1.81	5.66	-0.15	3.70	7.54	1.73	5.58	9.43
Perú	2.51	-3.60	0.09	3.78	-1.75	1.95	5.64	0.11	3.80	7.49
República Dominicana	6.15	-1.78	2.40	6.58	1.25	5.42	9.60	4.27	8.45	12.62
Suriname	4.26	-0.18	1.17	2.52	2.19	3.53	4.88	4.55	5.89	7.24
Trinidad y Tobago	4.70	-7.28	-1.82	3.63	-3.08	2.37	7.83	1.12	6.57	12.02
Uruguay	1.35	-5.28	0.45	6.17	-3.46	2.27	7.99	-1.64	4.09	9.81
Venezuela	0.85	-10.72	-4.47	1.79	-6.94	-0.69	5.56	-3.16	3.09	9.34
Región	-2.53	0.49	4.02	-0.78	2.37	6.03	1.06	4.33		

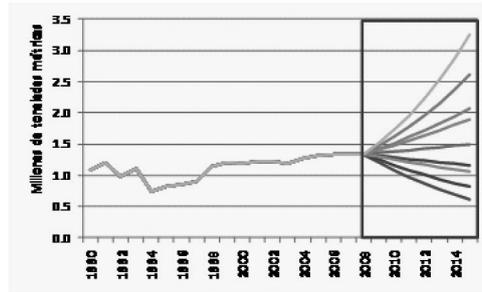
Nota: la tasa de crecimiento para la región se refiere a la tasa de crecimiento de la suma de emisiones de los países considerados.

Gráfica 11  
Pronósticos de emisiones de CO<sub>2</sub>

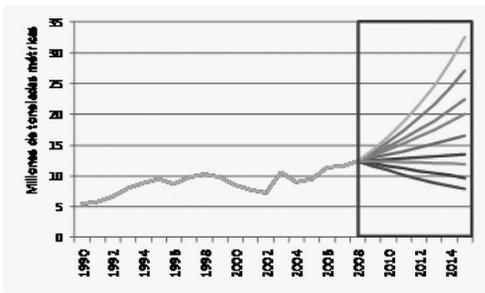
Argentina



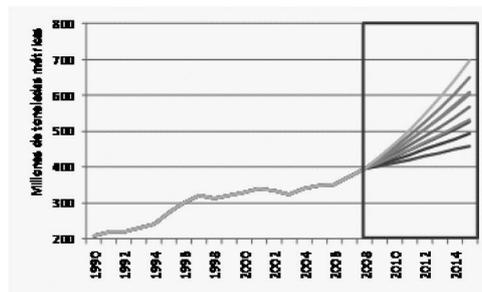
Barbados



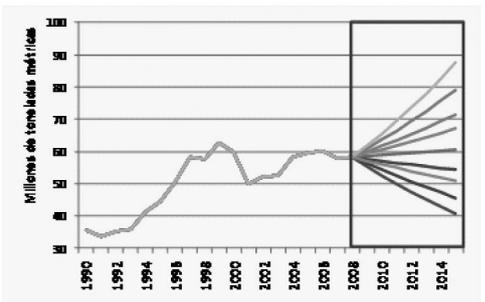
Bolivia



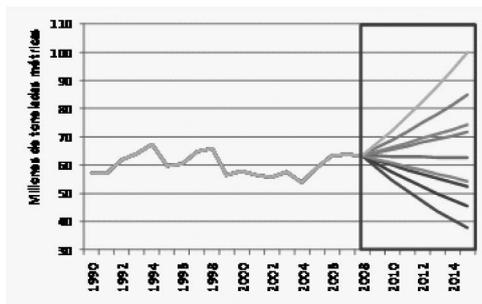
Brasil



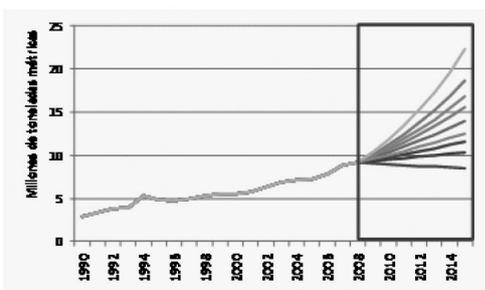
Chile



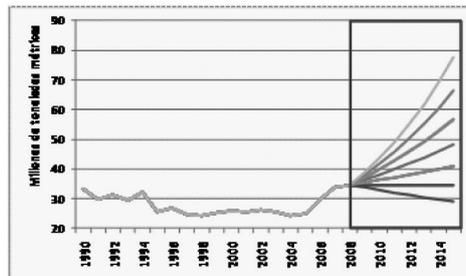
Colombia



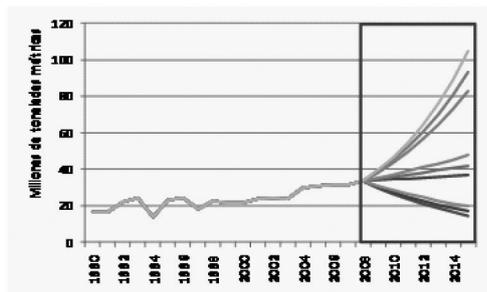
Costa Rica



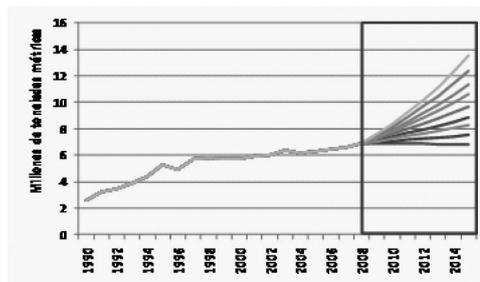
Cuba



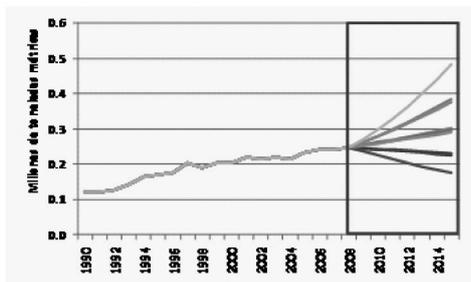
Ecuador



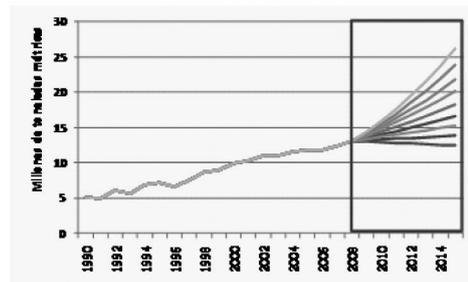
El Salvador



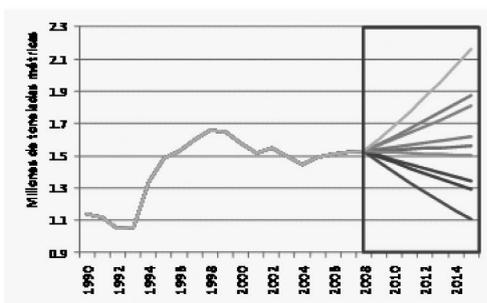
Granada



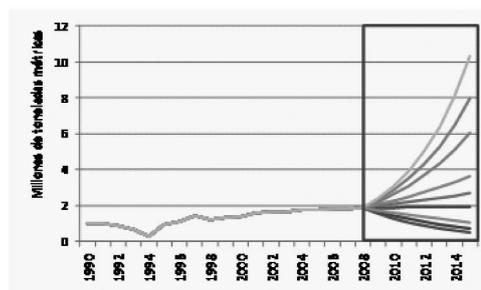
Guatemala



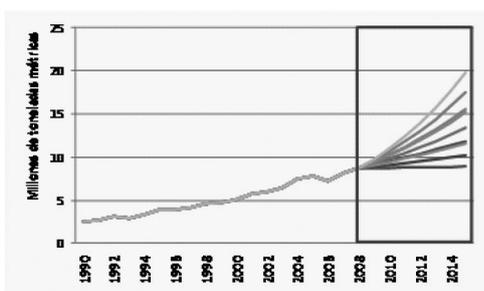
Guyana



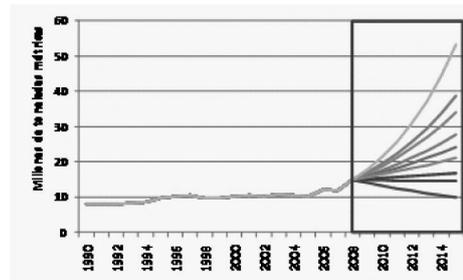
Haití



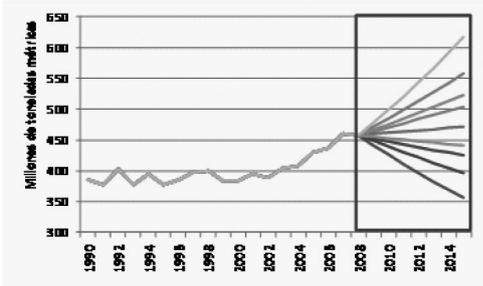
Honduras



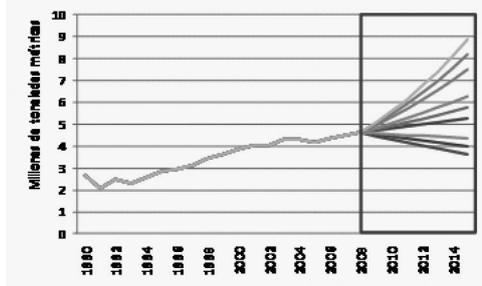
Jamaica



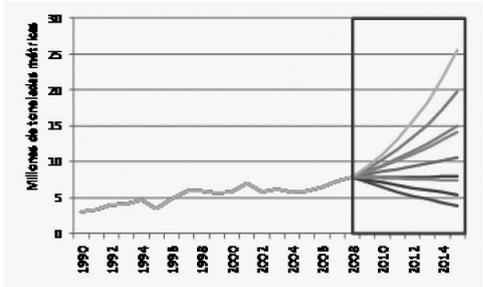
México



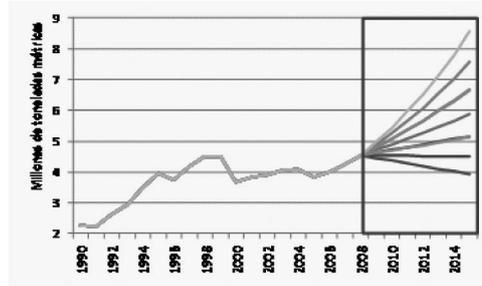
Nicaragua



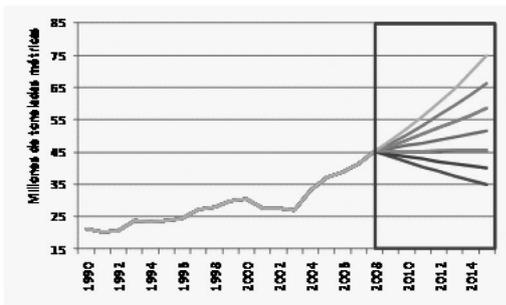
Panamá



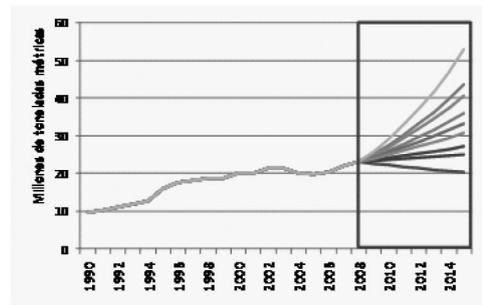
Paraguay



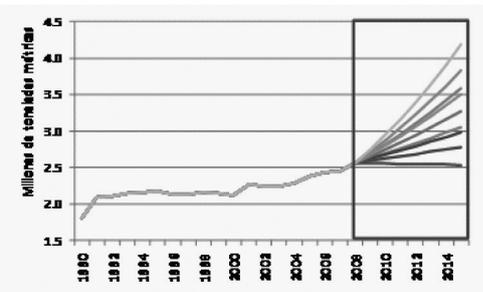
Perú



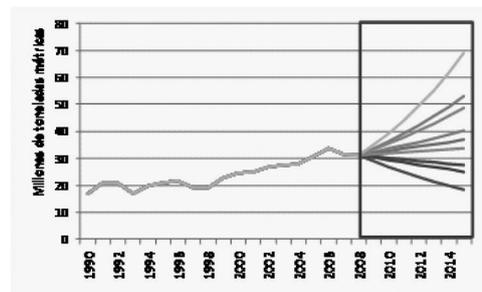
República Dominicana



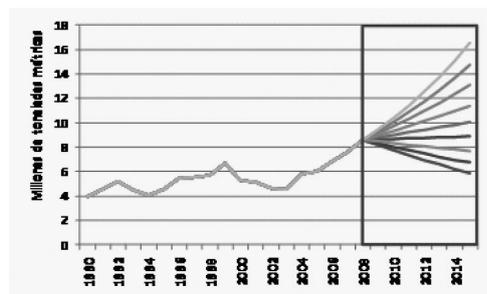
Suriname



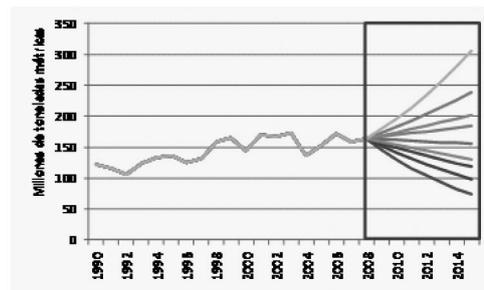
Trinidad y Tobago



Uruguay



Venezuela



#### 4. Conclusiones y comentarios de política pública

22. Los patrones regulares en la evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero y las relaciones que establecen con diferentes procesos socioeconómicos en América Latina y el Caribe sugieren la necesidad de instrumentar políticas públicas y modificaciones en los patrones de conducta de los principales agentes económicos.

23. En este contexto, se observa que existe en América Latina y el Caribe un crecimiento del consumo de energía asociado al crecimiento económico junto con un paulatino proceso de desacoplamiento energético. Este desacoplamiento energético es aún insuficiente para detener este aumento del consumo de energía.

24. Las simulaciones realizadas muestran que las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a combustibles fósiles y cemento es muy probable que sigan aumentando de mantenerse un escenario inercial (*business as usual* -BAU-). La evolución histórica de los procesos de desacoplamiento energético y de descarbonización son insuficientes para controlar el crecimiento de las emisiones en caso de transitar por su trayectoria media; es sólo en el caso de que se alcancen límites inferiores ya sea en la tasa de desacoplamiento energético o de descarbonización que es posible considerar una reducción de las emisiones. Este escenario es poco probable y por ello es indispensable buscar incentivarlo a través de diversas políticas de precios y de regulaciones.

25. La crisis económica actual, asociada al colapso financiero, plantea desde luego nuevas interrogantes. Esto es, la crisis económica actual impacta, des-

de luego, las posibilidades y capacidades para dar cumplimiento al objetivo de la sostenibilidad ambiental. Estos efectos pueden ser tanto positivos como negativos y resultan en alguna medida aún inciertos ya que dependen de la evolución futura de la economía. Por ejemplo, por un lado, es posible argumentar que las economías latinoamericanas y del Caribe transitaran hacia una senda menos amigable ambientalmente como consecuencia de mayores presiones sociales y de menores opciones tecnológicas y de patrones de producción y consumo más intensivos en energía con una matriz energética menos limpia. Por el otro lado, las metas de variables ambientales asociadas fundamentalmente a la trayectoria del PIB per cápita es factible que parezcan, como consecuencia de la crisis económica, más fáciles de alcanzar. Ello, sin embargo, no es necesariamente correcto en la medida en que una recuperación del crecimiento económico se traducirá en el incumplimiento de estos objetivos ambientales. En este contexto, se incluyó la crisis económica actual en las simulaciones realizadas a través de considerar las proyecciones económicas para el 2009 que contemplan en todos los países una caída significativa del dinamismo económico. En todo caso, la crisis económica actual plantea la necesidad de buscar transitar a la brevedad a opciones más amigables ambientalmente.

### Bibliografía

- Ang, B. W. (1993), "Sector disaggregation, structural effect and industrial energy use: An approach to analyze the interrelationships," *Energy* 18(10): 1033-1044.
- Bartiaux, F. and van Ypersele, J.P. (1993), "The role of population growth in global warming", in International Population Conference, Montreal 1993, 24 August compiled by: International Union for the Scientific Study of Population (IUSSP), Liege, Belgium 4.
- Bongaarts, John. (1992), "Population Growth and Global Warming" *Population and Development Review* 18:299-319.
- CEPAL, Base de información estadística CEPALSTAT (<http://websie.eclac.cl/sisgen/>)
- Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), Sistema de Información Económica Energética (SIEE), a través de CEPALSTAT (<http://websie.eclac.cl/sisgen/>)
- IPCC (2007), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B.

- Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
- Kaya, Y. (1990), "Impact of Carbon Dioxide Emission Control on GNP Growth: Interpretation of Proposed Scenarios". Paper presented to the IPCC Energy and Industry Subgroup, Response Strategies Working Group, Paris.
- Moomaw, William R. and D. Mark Tullis. (1999), "Population, affluence or technology? An empirical look at national carbon dioxide production," pp. 58-70 in Barbara Sundberg Baudot and William R. Moomaw (eds.), *People and Their Planet: Searching for Balance*, New York: St. Martin's Press.
- O'Neill, B., *et al.* (2003), "Planning for future energy resources". *Science*, 300, pp. 581-582.
- ONU, sitio oficial de Objetivos de Desarrollo del Milenio,  
(<http://mdgs.un.org/unsd/mdg/Default.aspx>)
- Stern N. (2007), "Stern Review: The economics of climate change", Cambridge University Press.
- Perman, R.J., Y. Ma, J. McGilvray and M. Common (2003), "Natural Resource and Environmental Economics" (Third edition), Addison Wesley Longman.
- Yamaji, K., R. Matsuhashi, Y. Nagata, Y. Kaya, (1991), "An integrated systems for CO<sub>2</sub> /Energy/GNP Analysis: Case studies on economic measures for CO<sub>2</sub> reduction in Japan. Workshop on CO<sub>2</sub> Reduction and Removal: Measures for the Next Century", International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, 19-21.

## Anexo

### VARIABLES UTILIZADAS

Variable	Unidad de medida	Fuente
PIB a precios constantes	Millones de dólares del 2000	Estadísticas e Indicadores Económicos (BADECON)*
PIB per cápita	Dólares de 2000 por habitante	Estadísticas e Indicadores Económicos (BADECON)*
Población	Miles de personas a mitad del año	Estadísticas e Indicadores Sociales (BADEINSO)*
Oferta total de energía	Miles de barriles equivalentes de petróleo	Estadísticas e Indicadores Ambientales (BADEIMA)*
Consumo total de energía	Miles de barriles equivalentes de petróleo	Estadísticas e Indicadores Ambientales (BADEIMA)*
Emisiones de CO <sub>2</sub>	Miles de toneladas métricas	Sitio web oficial de <i>Objetivos de Desarrollo del Milenio</i> en base a datos reportados por CDIAC. En línea: <a href="http://mdgs.un.org/unsd/mdg/Default.aspx">http://mdgs.un.org/unsd/mdg/Default.aspx</a>

**Código de países**

<b>código</b>	<b>país</b>
ATG	Antigua y Barbuda
ARG	Argentina
BHS	Bahamas
BRB	Barbados
BLZ	Belice
BOL	Bolivia (Estado Plurinacional de)
BRA	Brasil
CHL	Chile
COL	Colombia
CRI	Costa Rica
CUB	Cuba
DMA	Dominica
ECU	Ecuador
SLV	El Salvador
GRD	Granada
GTM	Guatemala
GUY	Guyana
HTI	Haití
HND	Honduras
JAM	Jamaica
MEX	México
NIC	Nicaragua
PAN	Panamá
PRY	Paraguay
PER	Perú
DOM	República Dominicana
KNA	San Kitts y Nevis
VCT	San Vicente y las Granadinas
LCA	Santa Lucía
SUR	Suriname
TTO	Trinidad y Tobago
URY	Uruguay
VEN	Venezuela (República Bolivariana de)