

PALABRAS CLAVE

Cambio climático
 Gas de efecto invernadero
 Costos
 Consumo de energía
 Análisis económico
 Tendencias económicas
 Crecimiento económico
 Desarrollo sostenible
 América Latina
 Caribe

La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: algunos hechos estilizados

Luis Miguel Galindo y Joseluis Samaniego

El objetivo de este artículo es presentar un panorama agregado de los principales patrones regulares de los impactos económicos del cambio climático en América Latina y el Caribe (ALC), incluidos los procesos de adaptación y mitigación. En los resultados más relevantes se aprecia que los costos económicos de esos impactos en ALC son significativos, heterogéneos, no lineales, crecientes en el tiempo y con límites específicos que conducen a pérdidas irreversibles. Mediante la evidencia disponible se constata además una relación positiva entre la trayectoria de las emisiones per cápita, el consumo de energía per cápita y el ingreso per cápita. Por ello, las proyecciones realizadas permiten suponer que las emisiones per cápita en la región seguirán en aumento bajo la forma de un proceso de convergencia absoluto en emisiones per cápita en los países, junto con un paulatino proceso de desacoplamiento de las emisiones respecto de la actividad económica.

Luis Miguel Galindo
 Experto, División de Desarrollo
 Sostenible y Asentamientos Humanos
 CEPAL

✉ luismiguel.galindo@cepal.org

Joseluis Samaniego
 Director, División de Desarrollo
 Sostenible y Asentamientos Humanos
 CEPAL

✉ joseluis.samaniego@cepal.org

I

Introducción

El cambio climático constituye uno de los grandes retos del siglo XXI. La evidencia científica disponible permite constatar que las emisiones de gases de efecto invernadero —causadas fundamentalmente por actividades humanas— están originando cambios climáticos en gran escala, donde destacan un ascenso de la temperatura global, modificaciones en los patrones de precipitación, reducciones de las capas de hielo y glaciares, aumento del nivel del mar e incrementos en la intensidad, número o ambos de eventos climáticos extremos (IPCC, 2007). Las consecuencias esperadas de estos cambios climáticos en las actividades humanas y los ecosistemas del planeta son significativas. En particular, en las actividades económicas se enfrentará el reto simultáneo de adaptarse a las nuevas condiciones del clima y realizar importantes procesos de mitigación para evitar los escenarios climáticos más extremos.¹ La magnitud de estos costos económicos a lo largo de este siglo indica que el cambio climático representa para los países de América Latina y el Caribe (ALC) una restricción adicional al crecimiento económico.

En consecuencia, el análisis económico del cambio del clima resulta fundamental para diseñar e instrumentar una estrategia consistente de adaptación y mitigación, que permita reducir o evitar los costos económicos más extremos vinculados a este fenómeno y optimizar el uso de los recursos disponibles. Esta, sin embargo, es una tarea

compleja en que deben ponderarse, en el largo plazo, los costos y beneficios de cada opción de política pública, junto con implementar una administración de riesgos apropiada en un contexto de alto nivel de incertidumbre (Pearce y otros, 1996; Stern, 2007; Mendelsohn y Neumann, 1999; Tol, 2002). Esto incluye, desde luego, un intenso debate ético y de política internacional sobre la distribución de los costos por países, y entre sectores y grupos económicos, con énfasis en la adaptación y la vulnerabilidad, o en la mitigación y los mecanismos de cumplimiento y sanciones respectivas (véase, por ejemplo, *Oxford Economic Review of Economic Policy*, 2008).

El objetivo central de este artículo es presentar, de manera agregada, una visión de largo plazo sobre los principales patrones regulares que se observan entre las actividades económicas y el cambio climático en la región. Con ello se procura contribuir a la discusión tendiente a definir las mejores opciones de adaptación y mitigación para enfrentar el cambio climático desde la óptica de ALC, y facilitar la comprensión de las consecuencias que para la región pueden tener distintos tipos de acuerdos internacionales.

El análisis económico del cambio climático está sujeto a un importante nivel de incertidumbre en la medida en que incluye una amplia diversidad de factores donde los canales de transmisión y la magnitud de los efectos no son conocidos con la precisión necesaria. Es un fenómeno de muy largo plazo en que existen procesos de retroalimentación, e incluye complejos procedimientos de administración de riesgos. De ahí que las proyecciones ofrecidas en este trabajo representen solo escenarios posibles con un alto grado de incertidumbre y no deben ser tomadas como pronósticos puntuales.

□ Parte de los resultados de este documento se encuentran en *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe* (CEPAL, 2009a). Se agradecen los comentarios de Carlos de Miguel, Fernando Filgueira, Carlos Razo y Karina Martínez. El procesamiento de la información fue realizado por Eduardo Alatorre.

¹ Los procesos de mitigación corresponden a los procesos de reducción de gases de efecto invernadero.

II

La evidencia del cambio climático

La evidencia y los modelos atmosféricos y climáticos disponibles permiten ver la presencia de cambios climáticos discernibles a nivel global, que solo pueden ser correctamente simulados mediante la inclusión de forzamientos naturales y antropogénicos, en donde destacan (IPCC, 2007):

i) Un aumento paulatino pero continuo de la temperatura global, aunque con relevantes diferencias por regiones del mundo. De este modo, se observa un incremento discernible de la temperatura de 0,7 °C en los períodos 1850-1899 y 2001-2005. Además, ello es consistente con la evidencia de una disminución de los días fríos, un avance de los días calurosos extremos y un acrecentamiento de la temperatura del mar.

ii) Existen modificaciones significativas en los patrones de precipitación que están intensificando los ciclos hidrológicos actuales; por ejemplo, más intensas precipitaciones en áreas con alta humedad y disminuciones en áreas secas.

iii) Modificaciones en los tipos, patrones y frecuencias de los eventos climáticos extremos, aunque persisten dudas sobre los cambios futuros en las distribuciones de probabilidad de estos eventos extremos (Vincent y otros, 2005; Aguilar y otros, 2005; Kiktev y otros, 2003).

iv) Un ascenso del nivel del mar de 0,17 metros durante el siglo XX como consecuencia, entre otros factores, del derretimiento de la criosfera.

v) Existen además efectos climáticos colaterales importantes, tales como modificaciones en los patrones de evotranspiración, cambios en la salinidad de los océanos y en los patrones de vientos y corrientes marítimas.

Las proyecciones climáticas (IPCC, 2007) para el presente siglo permiten suponer, dependiendo del escenario de emisiones considerado, un aumento esperado de la temperatura de entre 1° y 6 °C, una subida del nivel del mar con una media aproximada de 0,50 m, modificaciones en los patrones de precipitación, reducción de la criosfera y glaciares y cambio del tipo, intensidad y frecuencia de los eventos extremos.

La evidencia disponible para ALC es consistente con las tendencias globales y denota en algunas regiones efectos incluso más intensos. Por ejemplo, se observan aumentos de temperatura más pronunciados en regiones tropicales o cálidas, acrecentamiento de los eventos extremos en el Caribe y Centroamérica, cambios en patrones climáticos como los fenómenos de El Niño y La Niña, y modificaciones en la precipitación que en el futuro oscilarán entre un incremento de 5% y 10% y pérdidas de entre 20% y 40% (CEPAL, 2009a).

III

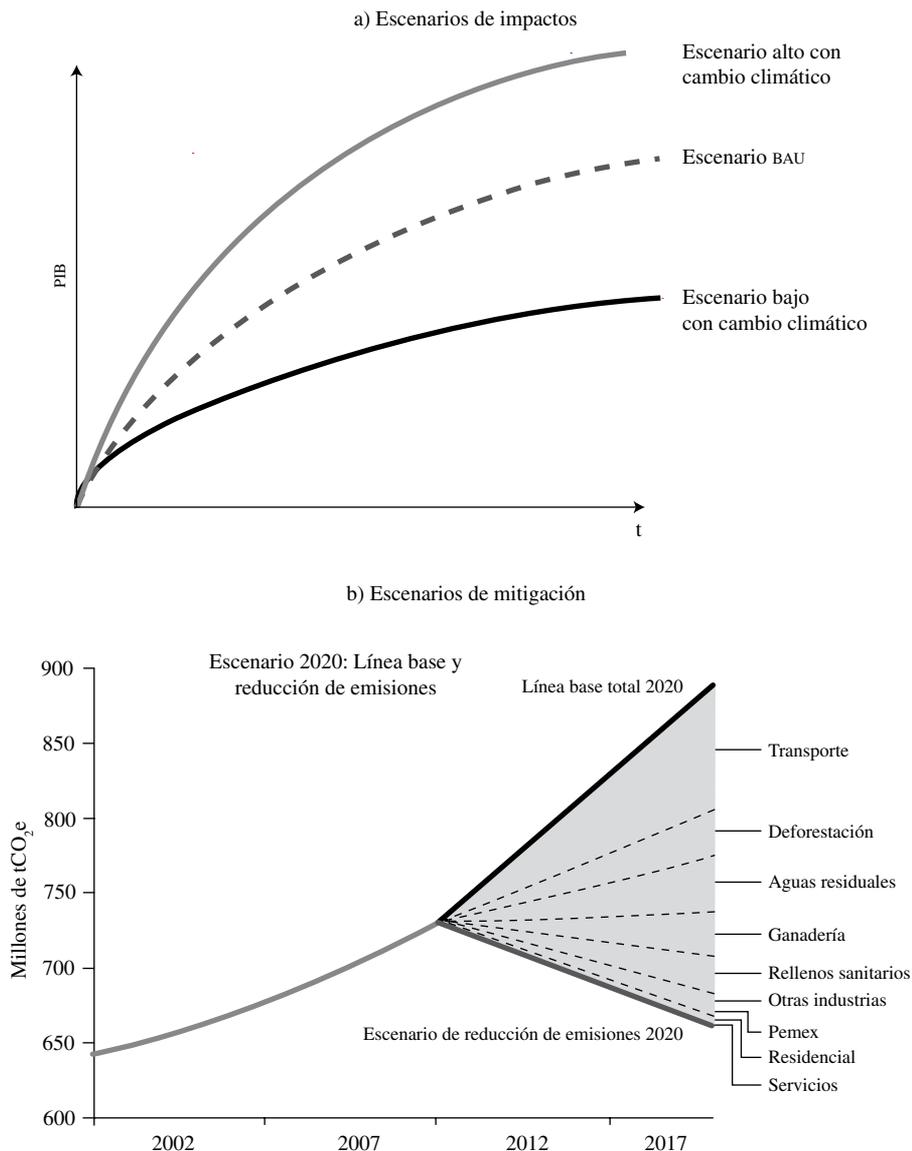
La metodología del análisis económico del cambio climático

El análisis económico del cambio climático es un tema complejo que requiere el uso de una gran diversidad de técnicas y métodos económicos (Nordhaus y Boyer, 2000; Stern, 2007; Galindo, 2009; CEPAL, 2009a), en que se aplican diversas ciencias y enfoques y donde existe un intenso debate tanto sobre la pertinencia del tema como acerca de las políticas públicas a implementar y el mejor momento de hacerlo. En principio,

el análisis económico del cambio climático tiene su fundamento común en la identificación y definición de una trayectoria base o inercial —o habitual (*business as usual*)— conocida como BAU. Esta se utiliza como referencia de comparación tanto con respecto a los efectos económicos como a los procesos de adaptación y de mitigación (CEPAL, 2009a) (véase el gráfico 1).

GRÁFICO 1

Escenarios de emisiones y cuñas de abatimiento



Fuente: elaboración propia sobre la base de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Síntesis 2009 (LC/G.2425), Santiago de Chile, noviembre de 2009; y Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), Climate Change 2007. The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, Cambridge University Press, septiembre de 2007.

t: Tiempo.

PIB: Producto interno bruto.

BAU: Trayectoria base o inercial.

Pemex: Petróleos Mexicanos.

t(CO₂e): Toneladas de CO₂ equivalente.

En este contexto, se observa que el cambio climático tiene además características específicas que condicionan los resultados del análisis económico, entre las que se destacan:

1. El cambio climático es un fenómeno que se desarrolla prolongadamente en el tiempo con un alto nivel de incertidumbre. Por lo tanto, es necesario construir escenarios de muy largo plazo basados en la mejor información actual disponible, pero que no representan pronósticos puntuales. Más aún, debe reconocerse que la capacidad de realizar pronósticos relativamente atinados a 100 años es muy limitada. En efecto, en la teoría econométrica disponible (Clements y Hendry, 1999) se indica que la realización de pronósticos óptimos solo se obtiene con un modelo correctamente especificado, con series estacionarias y sin cambios estructurales que son supuestos que difícilmente se cumplen en el análisis económico del cambio climático.

2. El cambio del clima es un fenómeno no lineal en que existe un componente de riesgo considerable ante la posible ocurrencia de eventos climáticos extremos. En este sentido, diseñar y aplicar una estrategia adecuada contra el cambio del clima requiere, desde la perspectiva económica, instrumentar una administración de riesgos apropiada; esto es, se necesita “comprar un seguro” ante la posibilidad de ocurrencia de los eventos climáticos más extremos, pero con baja probabilidad de que ocurran. Sin embargo, la administración de riesgos por parte de la mayoría de la población muestra ciertos sesgos que se traducen en una administración ineficiente. Por ejemplo, es común observar que la población tiene una incorrecta estimación de las probabilidades de ocurrencia de ciertos fenómenos; que pondera de manera distinta opciones que dependen no solo de consideraciones económicas, sino también de factores éticos o morales; o que los agentes económicos son estratégicos pero miopes, en tanto que no tienen un horizonte infinito y solo consideran un número finito de interacciones (Dixit y Nalebuff, 1993; Levitt y Dubner, 2005; Bernstein, 1998). En este sentido, la construcción de una administración de riesgos apropiada debe basarse en la identificación, en un horizonte de largo plazo, de las probabilidades de ocurrencia de los fenómenos climáticos y en la estimación de sus respectivos costos y beneficios económicos.

3. El análisis económico del cambio climático requiere entonces ponderar los costos y beneficios económicos potenciales entre distintos grupos de la sociedad y entre generaciones, e incluso entre ecosistemas ante la aplicación de diversas políticas públicas. Para ello, es común utilizar como marco general el análisis costo-beneficio (ACB) que permite la comparación agregada de

costos y beneficios económicos en distintos momentos en el tiempo, utilizando normalmente el concepto de valor presente neto y aplicando una tasa de descuento seleccionada (Nas, 1996; Johansson, 1993; Hanley y Spash, 1995; Layard y Glaister, 1994). La selección de la tasa de descuento no es exclusivamente un problema técnico, sino que incluye consideraciones éticas y de equidad relevantes, ya que refleja, por ejemplo, una posición ética sobre la importancia que se le otorga a las futuras generaciones y a la preservación del entorno actual para el futuro. Para aplicar el ACB se utiliza una función social de bienestar intergeneracional que debe maximizarse en el tiempo (Hanley y Spash, 1995).²

Esta función de bienestar generacional representa un índice compuesto del conjunto de bienes y servicios de que cada generación dispondría y que se requiere para realizar comparaciones entre generaciones que consumen seguramente canastas de bienes y servicios diferentes; y se presenta como:

$$W_t = F(U_{1t} + U_{2t} + \dots + U_{nt}) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

donde cada U_t representa la función de bienestar social de cada generación en el tiempo t . De este modo, en la teoría convencional, esta función se maximiza en el caso de que se igualen las utilidades marginales en el tiempo. Ello requiere que las utilidades de las distintas generaciones puedan compararse, para lo cual es indispensable aplicar alguna tasa pura de descuento (δ) a las funciones de bienestar respectivas, que se conoce como tasa de preferencia pura en el tiempo (*pure time preference rate*). La función de utilidad intertemporal se puede entonces representar en forma continua (Hanley y Spash, 1995; Johansson, 1993) como:

$$W = \int_{t=0}^n e^{-\delta t} U_t(ye_t) dt \quad (2)$$

donde, para simplificar, la función de bienestar se hace función del ingreso de equilibrio (ye_t) o del consumo, donde se considera que el aumento del ingreso redundaría en que su utilidad marginal disminuya en el tiempo.³ Así, el valor presente neto de los flujos monetarios en distintos momentos en el tiempo puede estimarse de acuerdo con la siguiente ecuación:

² En la discusión sobre las funciones intergeneracionales de bienestar se incluyen desde luego otros aspectos (véanse, por ejemplo: Johansson (1993); Mishan y Quah (2007); Layard y Glaister (1994).

³ Existen fuertes críticas a la existencia de una función de bienestar social (Mishan y Quah, 2007).

$$VPN_t = -INV_o + \sum_{n=0}^n \frac{VN_t}{(1+r)^n} \quad (3)$$

donde VPN es el valor presente neto, INV_o es la inversión inicial en el momento cero, VN_t es el valor neto en diferentes momentos en el tiempo y r es la tasa de descuento. En este contexto, obviamente una tasa de descuento elevada implica que se le otorga una menor importancia al futuro y, por el contrario, una tasa de descuento baja implica que se le otorga mayor relevancia al futuro. En tal contexto, la selección de la tasa de descuento se puede definir de acuerdo con la conocida ecuación de Ramsey (ecuación (4)) (Ramsey, 1928; Blanchard y Fischer, 1989) que incluye:

- La tasa pura de preferencias en el tiempo (δ).
- La elasticidad de la utilidad marginal del ingreso o del consumo (α).
- La tasa de crecimiento del ingreso de equilibrio o del consumo (g).

$$r = \delta + \alpha g \quad (4)$$

donde los dos primeros parámetros no son observables. Así, la tasa pura de preferencias en el tiempo o la tasa de descuento en el tiempo estima la importancia que se le otorga al bienestar futuro de las próximas generaciones y refleja la impaciencia por el ingreso o el consumo, por lo que el ingreso o consumo futuros tienen un valor menor que el consumo actual. El segundo parámetro es la tasa decreciente de utilidad marginal del ingreso y refleja la apreciación que se tiene de lo que implica un ingreso adicional; por ello esta tasa es multiplicada por la tasa de crecimiento del ingreso de equilibrio (g) para estimar el impacto total. De este modo, las generaciones futuras con un mayor nivel de ingreso tendrán una utilidad marginal menor que una unidad de ingreso

y por ello es necesario considerar que el riesgo futuro deba ponderarse por el nivel de ingreso (Nordhaus, 2008). De esa forma, este término refleja la aversión a la desigualdad que tienen las generaciones. Un valor bajo de (α) indica que se le otorga poca importancia a que el futuro sea más rico o más pobre; por el contrario, un valor alto de (α) señala que importa mucho que en el futuro sean más ricos o más pobres. En síntesis, la selección de la tasa de descuento es una descripción de la forma en que actualmente responden los agentes económicos, así como de las formas que estos tienen de considerar el futuro, además de sus juicios de valor (Hanley y Spash, 1995; Mishan y Quah, 2007; Stiglitz, 1983; Layard y Glaister, 1994). En este sentido, decidir qué tasa de descuento se utilizará es tanto una estimación técnica como una decisión ética. También debe considerarse que al evaluar las condiciones de un desarrollo sostenible la tasa de descuento apropiada es normalmente distinta de aquella que se puede utilizar para evaluar un proyecto específico. En todo caso, en el análisis económico del cambio climático debe reconocerse que el conjunto de resultados es muy sensible a la tasa de interés seleccionada atendiendo a los largos períodos de análisis involucrados (Campbell y Brown, 2003).

En el análisis económico del cambio climático es común aplicar una tasa social de preferencias que es distinta y normalmente más baja que la tasa de interés de mercado atendiendo a tres factores (Hanley y Spash, 1995; Sen, 1997):

- Existe un proceso de gran responsabilidad con respecto a las generaciones futuras, lo que debe reflejarse en la tasa de descuento a aplicar.
- La población tiene un papel dual en la medida en que está más preocupada por las generaciones futuras que de su papel de consumidores.
- El efecto de la soledad, esto es, que los individuos solos ahorran menos que en colectivo.

IV

Las repercusiones del cambio climático en las actividades económicas en América Latina y el Caribe

De acuerdo con la evidencia disponible, durante este siglo el cambio climático tendrá efectos considerables en el conjunto de las actividades económicas (Stern, 2007; Nordhaus, 2008; Galindo, 2009; CEPAL,

2009a y 2009b). Estos costos económicos son, en general, significativos, heterogéneos, no lineales, irreversibles, normalmente crecientes en el tiempo y, en muchos casos, presentan un comportamiento asimétrico y repercuten

con mayor fuerza en regiones menos desarrolladas cuya capacidad de adaptación es menor. Esto implica que, debido a su magnitud, los costos esperados en ALC durante este siglo representarán una parte significativa del producto interno bruto (PIB) actual e inducirán a modificar los patrones de comportamiento de los agentes económicos; más aún, estos costos se elevan con el aumento de la temperatura y pueden llegar a sobrepasar límites específicos ocasionando pérdidas más aceleradas o irreversibles. Se observa, además, que la evolución de estos costos es muy distinta por regiones, de modo que existen áreas geográficas que obtienen ganancias económicas temporales, por ejemplo, con un incremento por debajo del umbral de 2 °C de temperatura o mediante el cultivo de productos específicos.

En su conjunto la evidencia disponible permite ver que las repercusiones económicas más significativas se concentran en (CEPAL, 2009a):⁴

- Pérdidas en los rendimientos agrícolas a consecuencia del ascenso de la temperatura y de cambios en los patrones de precipitación. Empero, se observan ganancias temporales (normalmente hasta aumentos de 2 °C de temperatura) vinculadas a la ampliación de la frontera agropecuaria en los países de climas más templados de ALC. Por el contrario, en regiones tropicales y en Centroamérica los incrementos de temperatura implican efectos negativos directos. Asimismo, existe evidencia (Ecuador) de que estos impactos climáticos serán más intensos en sectores económicos con menores ingresos y cuya capacidad de adaptación es menor (véase el gráfico 2) (CEPAL, 2009a).
- Intensificación de los procesos de degradación de tierras y desertificación. En efecto, las proyecciones al año 2100 sobre degradación se ubican entre el 22% y el 62% de la superficie total en países como Chile, Ecuador, Paraguay, Perú y el Estado Plurinacional de Bolivia (véase el gráfico 2) (CEPAL, 2009a).
- Cambios en el uso del suelo y recrudescimiento de los incendios forestales, con una probable intensificación de las tendencias actuales (véase el gráfico 2).
- Retroceso de los glaciares, lo que repercutirá en la disponibilidad de agua para el consumo humano, la generación hidroeléctrica y el suministro al conjunto

de las actividades económicas. Asimismo, los cambios en los patrones de precipitación generan modificaciones en la disponibilidad y el suministro del recurso hídrico (CEPAL, 2009a).

- Pérdidas significativas en biodiversidad, sobre todo en algunas regiones boscosas, tropicales y de Centroamérica. Por ejemplo, existe un serio riesgo de pérdida de la barrera coralina en México y Centroamérica, y de algunas especies endémicas de la región (véase el gráfico 2) (CEPAL, 2009a).
- Incremento de los eventos climáticos extremos, en particular en Centroamérica y el Caribe y en algunos países de América del Sur debido a los efectos de El Niño y La Niña (CEPAL, 2009a).
- Alza del nivel del mar, que ocasionará la pérdida de manglares en países como Brasil, Colombia y Ecuador; inundaciones en zonas costeras como las del Río de la Plata; deterioro de las actividades pesqueras y de la infraestructura física; incremento de los problemas socioeconómicos y de salud en algunas regiones (Magrin y otros, 2007; CEPAL, 2009a).
- Propagación de algunas enfermedades y plagas en la región; en particular, aumento de enfermedades como el dengue y la malaria y de los efectos de las ondas de calor.

Las gráficos 2 y 3 provienen de Luis Miguel Galindo, *La economía del cambio climático en México: síntesis*, México, D.F., Secretaría de Hacienda y Crédito Público/Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2009; y los gráficos 1 y 4 de Comisión Económica para América Latina y el Caribe, *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Síntesis 2009* (LC/G.2425), Santiago de Chile, noviembre de 2009.

Una muestra de los costos económicos relacionados con el cambio climático en proyección hacia el año 2100 se sintetiza en los cuadros 1 y 2, donde se observa que existen diferencias significativas por país, en este caso entre Chile y México.⁵

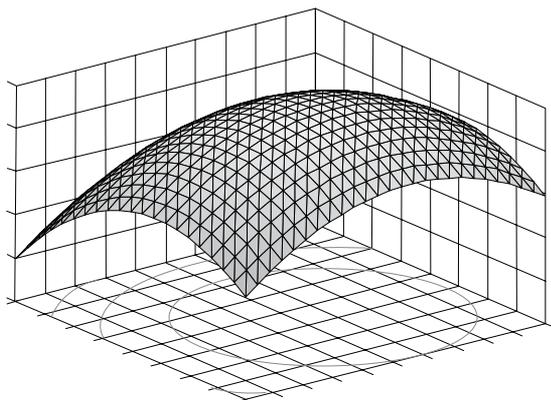
⁴ Esta subsección se basa fundamentalmente en los análisis de los Estudios regionales de la economía del cambio climático (erecc) en Latinoamérica y el Caribe, coordinados por la CEPAL y sintetizados en el documento CEPAL (2009a).

⁵ Los escenarios utilizados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático para las proyecciones de las emisiones de CO₂ está conformado por seis escenarios: A1F1, A1T, A1B, A2, B1, B2. Estos escenarios incluyen señales de los principales determinantes de las emisiones de gases de efecto invernadero en los aspectos demográficos, económicos y tecnológicos. La familia de los escenarios A1 se caracteriza por describir un crecimiento económico acelerado, una población mundial que alcanza su valor máximo hacia mediados del siglo y una rápida introducción de nuevas tecnologías. Dentro de esta familia de escenarios A1 se encuentra el escenario A1F1 caracterizado por la utilización intensiva de combustibles fósiles, el A1T identificado por el uso de fuentes de energía de origen no fósil y el A1B en el que se hace una utilización equilibrada de todo tipo de fuentes de energía. En los escenarios A2 se

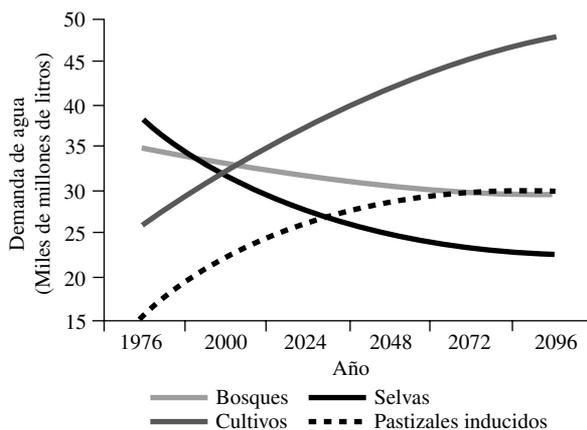
GRÁFICO 2

Tendencias y repercusiones económicas del cambio climático

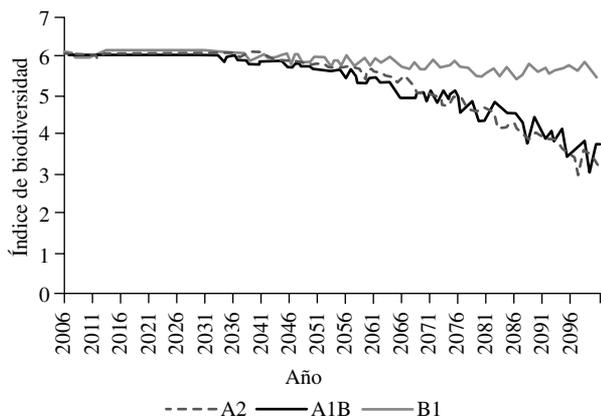
Centroamérica: rendimiento agrícola



México: proyección de las coberturas sobre la base de la transición observada entre 1976-2000



México: índice de biodiversidad bajo diferentes escenarios de cambio climático



Estimación de las pérdidas debidas a la degradación de las tierras en países seleccionados

	Área degradada (km ² a)	Porcentaje territorio	Área degradada 2100	Porcentaje territorio 2100
Bolivia	60 339	5,49	243 979,4	22,2
Chile	77 230	10,2	312 277,8	41,2
Ecuador	40 136	14,15	162 289,0	57,2
Paraguay	66 704	16,4	269 716,2	66,3
Perú	197 211	15,34	797 418,4	62,0

Fuente: Luis Miguel Galindo, *La economía del cambio climático en México: síntesis*, México, D.F., Secretaría de Hacienda y Crédito Público/ Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2009, y Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Síntesis 2009 (LC/G.2425)*, Santiago de Chile, noviembre de 2009.

describe un mundo muy heterogéneo, donde el desarrollo económico está orientado básicamente a las regiones y en que el crecimiento de la economía y el cambio tecnológico son más lentos que en los otros escenarios. El escenario B1, por su parte, describe un mundo convergente con cambios de las estructuras económicas orientados a una economía de servicios y de información, acompañados de una

utilización menos intensiva de los materiales y de la introducción de tecnologías limpias con un aprovechamiento eficaz de los recursos. El escenario B2 está orientado a la sostenibilidad económica, social y medioambiental, con niveles de desarrollo económico intermedios, y con cambios tecnológicos menos rápido y más diversos que en los escenarios B1 y A1.

CUADRO 1

Chile: costos del cambio climático, 2100
(En porcentajes del PIB)

	Tasa de descuento 0,5%		Tasa de descuento 2%		Tasa de descuento 4%	
	A2	B2	A2	B2	A2	B2
Total de impactos directos	0,78	0,02	0,68	0,09	0,57	0,18
Total de impactos indirectos	0,31	-0,1	0,28	-0,04	0,25	0,05
<i>Total de impactos</i>	<i>1,09</i>	<i>-0,09</i>	<i>0,96</i>	<i>0,06</i>	<i>0,82</i>	<i>0,23</i>

Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), *La economía del cambio climático en Chile: síntesis* (LC/W.288), Santiago de Chile, diciembre de 2009.

Nota: Los escenarios A y B corresponden a los escenarios socioeconómicos definidos por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), *Climate Change 2007. The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, Cambridge University Press, septiembre de 2007.

CUADRO 2

México: costos del cambio climático, 2100
(En porcentajes del PIB)

Sector	Tasa de descuento de 0,5%				Tasa de descuento de 2%				Tasa de descuento de 4%			
	B1	A1B	A2	Promedio	B1	A1B	A2	Promedio	B1	A1B	A2	Promedio
Agrícola	7,5	11,2	11,1	9,9	3,3	4,8	4,6	4,3	1,4	1,9	1,7	1,7
Agua	18,9	18,9	18,9	18,9	9,4	9,4	9,4	9,4	4,5	4,5	4,5	4,5
Uso de suelo	-0,4	-0,3	-0,2	-0,3	-0,1	-0,1	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Biodiversidad	0,2	0,7	0,7	0,5	0,1	0,2	0,2	0,2	0,0	0,1	0,1	0,0
Turismo internacional	0,1	0,2	0,2	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Total</i>	<i>26,2</i>	<i>30,6</i>	<i>30,6</i>	<i>29,2</i>	<i>12,7</i>	<i>14,5</i>	<i>14,3</i>	<i>13,8</i>	<i>5,9</i>	<i>6,5</i>	<i>6,3</i>	<i>6,2</i>
Pecuario	3,8	5,3	5,2	4,7	1,7	2,3	2,2	2,1	0,7	0,9	0,9	0,8
Biodiversidad-indirecto	3,6	8,5	7,6	6,6	1,4	3,0	2,6	2,3	0,4	0,8	0,7	0,6
<i>Total (incluidos pecuario y biodiversidad-indirecto)</i>	<i>33,6</i>	<i>44,4</i>	<i>43,4</i>	<i>40,5</i>	<i>15,8</i>	<i>19,8</i>	<i>19,1</i>	<i>18,2</i>	<i>7,0</i>	<i>8,2</i>	<i>7,9</i>	<i>7,7</i>

Fuente: Luis Miguel Galindo, *La economía del cambio climático en México: síntesis*, México, D.F., Secretaría de Hacienda y Crédito Público/Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2009.

Nota: Los escenarios A y B corresponden a los escenarios socioeconómicos definidos por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), *Climate Change 2007. The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, Cambridge University Press, septiembre de 2007.

Estas disparidades en los costos económicos por países reflejan importantes diferencias por países tales como las proyecciones y las condiciones climáticas, las condiciones geográficas y orográficas, las estructuras

productivas, los vectores de precios relativos y las diferencias institucionales y regulatorias (Galindo, 2009; CEPAL, 2009b).

V

Patrones regulares de emisiones

Las simulaciones climáticas realizadas (véase el cuadro 3) sugieren que un nivel de concentraciones de CO₂e (CO₂ equivalente) de 450 partes por millón (ppm)⁶ implica, con una probabilidad de 78%, un aumento de la temperatura de 2 °C con respecto a la temperatura actual, y una probabilidad de 18% de que la temperatura suba hasta 3 °C (CEPAL, 2009a). Con concentraciones de 550 ppm existe un 99% de probabilidades de que la temperatura aumente 2 °C, un 69% de probabilidades de que ascienda 3 °C e incluso una probabilidad de 24% de que el aumento llegue a los 4 °C de temperatura. En este sentido, una estrategia de mitigación en procura de estabilizar las emisiones en los niveles actuales ya conlleva efectos climáticos significativos, que deben considerarse como inevitables y que requieren una estrategia de adaptación.⁷ No obstante, hay que reconocer que la opción de estabilizar a 450 ppm reduce de manera sustancial los efectos climáticos más severos que sucederán después de los aumentos de 2 o 3 °C de temperatura y disminuye también los costos económicos de la mitigación (Stern, 2007). Por el contrario, una estrategia de estabilización en 550 ppm implica costos económicos significativos, ya que plantea la posibilidad de un importante incremento de los eventos extremos y de los procesos climáticos

de retroalimentación, que pueden incluso ocasionar mayores elevaciones de temperatura (Stern, 2007). Para dimensionar este escenario basta con mencionar que un incremento de temperatura media global de entre 3 y 4 °C implicaría, muy probablemente, el colapso parcial del Amazonas (Hepburn y Stern, 2008).

En los costos económicos del cambio climático correspondientes a los procesos de mitigación se incluyen sobre todo aquellos costos vinculados a la reducción de las emisiones por el uso de energía y combustibles fósiles o al cambio de uso de suelo. La magnitud de estos costos depende del monto de emisiones que se quiera reducir, del momento en el tiempo y de la trayectoria seleccionada de reducciones, e incluso del lugar específico donde se realizará el proceso de mitigación. En tal sentido, las metas de mitigación propuestas a nivel internacional implican esfuerzos y trayectorias distintas que incluso pueden ser diferenciadas por países y regiones.⁸ Así, alcanzar metas de emisiones de entre 450 y 500 ppm implica una reducción de aproximadamente el 50% de las emisiones actuales para el año 2050 (véase el gráfico 3). La magnitud de esta meta se puede observar considerando que actualmente las emisiones anuales son de entre 40 y 45 gigatoneladas

⁶ ppm: partes por millón, corresponde a la unidad de medida en que se expresan algunos contaminantes del aire y denota una partícula de una cierta sustancia por cada 999.999 de otra sustancia.

⁷ Esto involucra un alza esperada de temperatura de 2 °C, además de los otros efectos climáticos.

⁸ Véanse, por ejemplo, los documentos para la XV Conferencia Internacional sobre el Cambio Climático celebrada en Copenhague en diciembre de 2009.

CUADRO 3

Las probabilidades de alcanzar un aumento medio de temperatura
(En porcentajes)

Nivel de estabilización (en ppm CO ₂ e)	2 °C	3 °C	4 °C	5 °C	6 °C	7 °C
450	78	18	3	1	0	0
500	96	44	11	3	1	0
550	99	69	24	7	2	1
650	100	94	58	24	9	4
750	100	99	82	47	22	9

Fuente: Hadley Centre: J.M. Murphy y otros, "Quantification of modelling uncertainties in a large ensemble of climate change simulations", *Nature*, vol. 430, Nueva York, Nature Publishing Group, 2004.

Nota: ppm CO₂e significa en partes por millón de CO₂ equivalente.

de CO₂ equivalente (GtCO₂e).⁹ Con una población de 6 mil millones de habitantes esto implica, aproximadamente, un promedio per cápita de 7 toneladas (Hepburn y Stern, 2008). De este modo, una reducción del 50% entraña alcanzar emisiones de 20 GtCO₂e al año 2050 y esto supone, con una población estimada de 9 mil millones de habitantes, que las emisiones per cápita deberán ser de poco más de 2 toneladas per cápita (Hepburn y Stern, 2008). Ello significa reducciones de entre el 70% y el 75% de las emisiones por unidad de producto de los países desarrollados y metas de mitigación específicas del resto de los países, aunque desde luego menos estrictas. Todo lo anterior en el contexto del principio de responsabilidad histórica compartida, pero diferenciada.

La imposición de metas de reducción de emisiones para los años 2050 y 2100 al conjunto de los países de ALC representa un reto importante. Existen, desde luego, las consideraciones éticas, en que se observa que pese a que la región no ha contribuido históricamente

a configurar el acervo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), recibe una parte significativa de las repercusiones relacionadas con el cambio climático; más aún, las capacidades de adaptación en la región son menores que aquellas de los países desarrollados si se consideran los niveles de ingreso per cápita de la región. No obstante, los posibles acuerdos internacionales de mitigación seguramente incluirán algún tipo de compromiso vinculante para los países de ALC.

En este sentido, es importante identificar las principales características de las emisiones de GEI en la región:

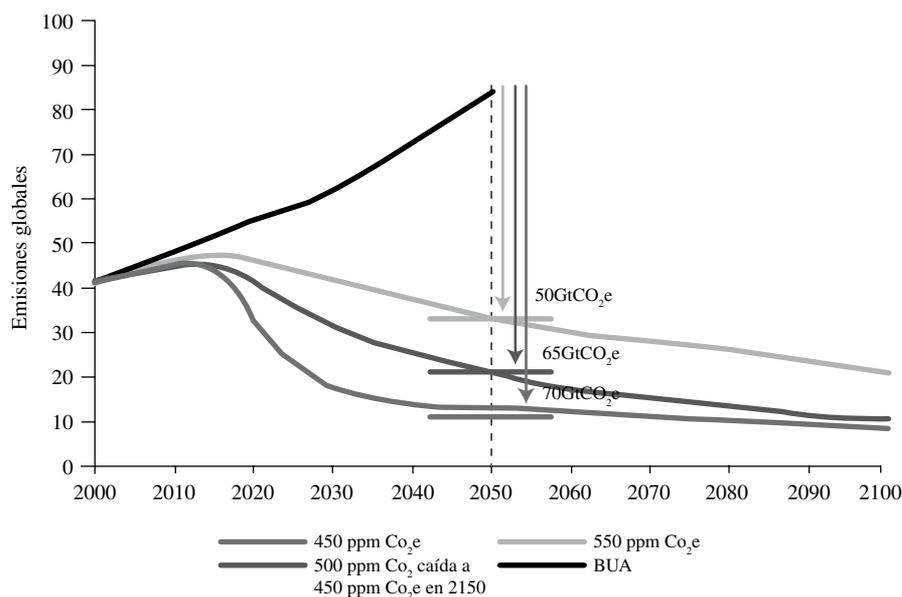
— Actualmente, las emisiones de gases de efecto invernadero de ALC representan una proporción menor de las emisiones mundiales y muestran además una tendencia descendente entre 1990 y 2000.^{10, 11} En

⁹ GtCO₂e: gigatonelada de dióxido de carbono equivalente. Una gigatonelada de CO₂ equivale a mil millones toneladas.

¹⁰ Las emisiones de gases de efecto invernadero están expresadas en CO₂ equivalente, utilizando los potenciales de calentamiento en 100 años que se encuentran en el Segundo Reporte del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 1996). Los gases de efecto invernadero incluidos son: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), así como los gases con alto potencial de calentamiento: hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆). En concordancia con los reportes

GRÁFICO 3

Trayectorias de estabilización y emisiones bajo el escenario inercial o de BAU para 450-550 ppm CO₂e



Fuente: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), *Climate Change 2007. The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, Cambridge University Press, septiembre de 2007.

Nota: i) ppm CO₂e significa partes por millón de CO₂ equivalente. ii) GtCO₂e: gigatoneladas de dióxido de carbono equivalente.

efecto, América del Sur pasó de representar el 11,5% del total en 1990 al 9,7% en el año 2000; por su parte, Centroamérica pasó del 0,94% al 0,71% y el Caribe la incrementó marginalmente del 0,28% al 0,30% (véase el gráfico 4). En este comportamiento se manifiestan dos tendencias encontradas en ALC: un alza continua de las emisiones provenientes del consumo de energía y cemento y una reducción agregada reciente de la trayectoria de las emisiones referidas fundamentalmente al cambio de uso de suelo (CEPAL, 2009a).

- La composición de las emisiones en América Latina y el Caribe muestra, en relación con la media mundial, una menor importancia del componente de energía y una mayor relevancia del componente del cambio de uso de suelo (CEPAL, 2009a). Sin embargo, ello

puede modificarse en el futuro de mantenerse las tendencias actuales en cuanto a un aumento de las emisiones vinculadas al consumo de energía fósil y controlarse las emisiones provenientes del cambio de uso de suelo (véase el gráfico 4) (CEPAL, 2009a).

- Las emisiones totales por países se concentran fundamentalmente en Brasil, México, la República Bolivariana de Venezuela, Argentina, Perú y Colombia (CEPAL, 2009a).
- Las emisiones totales per cápita en la región son muy heterogéneas, aunque en general menores que el promedio mundial (CEPAL, 2009a).
- Las emisiones de GEI originadas en el sector energético y cemento en América Latina y el Caribe representan aún una parte menor del total de emisiones mundiales aunque mantiene un crecimiento continuo en los últimos años (CEPAL, 2009a).

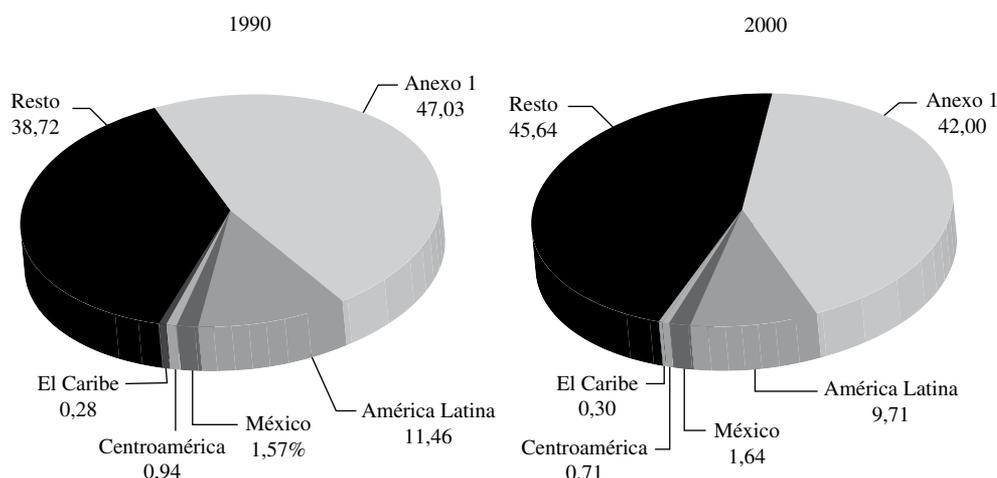
El conjunto de esta evidencia permite ver que es factible esperar que en ALC continúe la reducción de las emisiones ligadas al cambio de uso de suelo, mientras que sigan en aumento las emisiones provenientes del consumo de energía. De este modo, la participación de la región en un acuerdo de mitigación internacional requiere considerar con particular atención las condiciones de la evolución de las emisiones vinculadas al consumo de energía.

realizados por los países a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se incluyen los sectores de energía, procesos industriales, agricultura, cambio de uso de suelo y bosques y desperdicios. Asimismo, el sector energético se subdivide en electricidad y calefacción, transporte, manufactura y construcción, otro tipo de quema de combustible y gases fugitivos (CEPAL, 2009a).

¹¹ La base de datos utilizada para las emisiones es la del Instituto de los Recursos Mundiales, lo que permite realizar comparaciones históricas entre países.

GRÁFICO 4

América Latina y el Caribe: participación en las emisiones totales de gases de efecto invernadero, incluido el cambio de uso de suelo, 1990 y 2000
(En porcentajes)

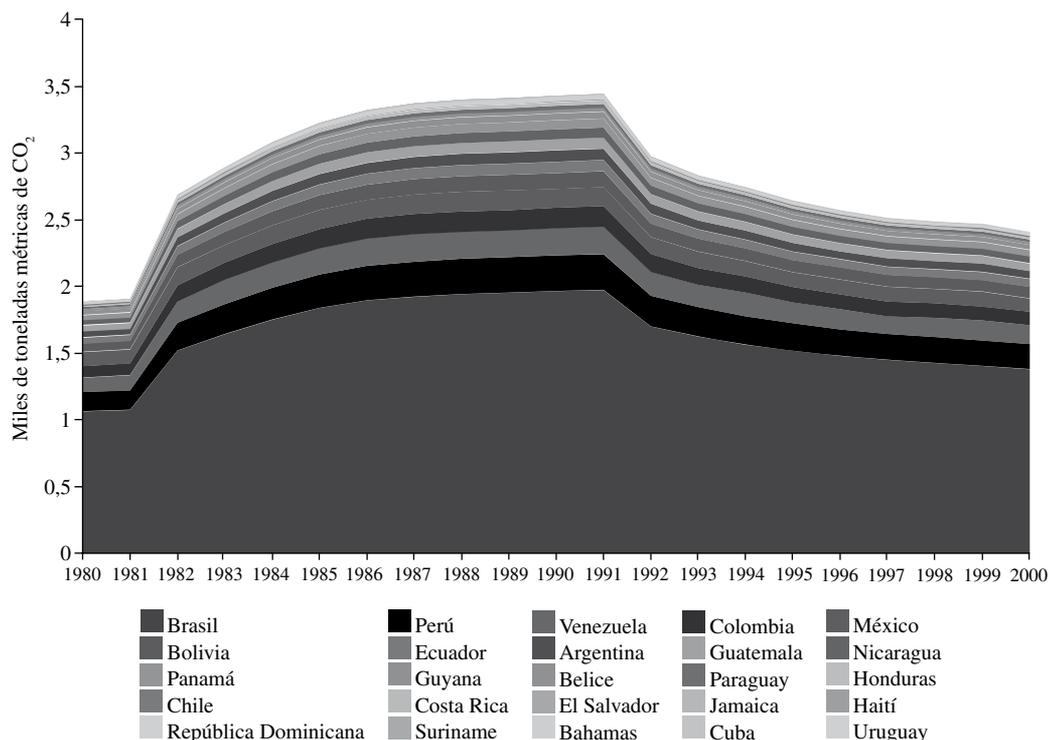


Fuente: elaborado sobre la base de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Síntesis 2009* (LC/G.2425), Santiago de Chile, noviembre de 2009; e Instituto de los Recursos Mundiales (2009), *Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) version 6.0*, Washington, D.C., 2009.

Nota: i) Incluyen CO₂ (dióxido de carbono), NH₄ (amonio), N₂O (óxido nitroso), PFC_s (perfluorocarbonos), HFC_s (hidrofluorocarbonos), SF₆ (hexafluoruro de azufre). ii) Los datos de cambio de uso de suelo no están disponibles para Antigua y Barbuda, Barbados, Dominica, Granada, Saint Kitts y Nevis, San Vicente y las Granadinas, Santa Lucía y Trinidad y Tabago.

GRÁFICO 5

América Latina y el Caribe: emisiones de CO₂ por cambio de uso de suelo, 1980-2000
(En miles de millones de toneladas métricas)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Síntesis 2009* (LC/G.2425), Santiago de Chile, noviembre de 2009. CO₂= Dióxido de carbono.

VI

Emisiones y consumo de energía en América Latina y el Caribe

La relación entre las emisiones de CO₂ y el consumo de energía y la producción de cemento tiene varios patrones regulares.¹² Estos pueden analizarse en el contexto de la conocida identidad de Kaya (Kaya, 1990) o de la identidad IPAT (O'Neill y otros, 2003; Perman y otros, 2003; Yamaji y otros, 1991; Bongaarts, 1992).¹³ Esta identidad —ecuación (5)— denota que las emisiones

per cápita por país evolucionan en conjunto con las trayectorias del PIB per cápita, de la razón entre el consumo de energía y el PIB (intensidad energética) y de la razón entre el CO₂ proveniente del consumo energético y el consumo de energía (intensidad carbónica). Así, en una economía en crecimiento es común observar que las emisiones aumenten de acuerdo con el PIB per cápita.¹⁴ En todo caso, la posibilidad de controlar o reducir las emisiones corresponde a la capacidad de disminuir la intensidad energética o la razón entre las emisiones y la intensidad de energía. Se destaca, además, como se

¹² Parte de estos resultados están en CEPAL (2009a).

¹³ Es además común utilizar la identidad IPAT en tasas de crecimiento y en forma aditiva tanto en términos absolutos como per cápita. Las variables están expresadas en logaritmos y solo representan una aproximación.

¹⁴ De mantenerse una relación lineal.

aprecia en la identidad (5), que la intensidad energética y la intensidad de emisiones respecto de la energía se sintetizan en la intensidad de emisiones con relación al PIB. En tal sentido, la evolución de estos dos términos resulta fundamental para conocer la capacidad de mitigación de una economía, que se refleja en forma sintética en la razón entre las emisiones y el PIB y que normalmente evoluciona en el tiempo.¹⁵

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

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

donde CO_2 representa las emisiones de CO_2 , PIB es el producto interno bruto, POB es la población y ENERG es el consumo de energía. La evidencia disponible para la región sobre la evolución de las emisiones y el consumo de energía, en el contexto de la identidad IPAT, se puede sintetizar en los siguientes puntos:

i. En el conjunto de los países de América Latina y el Caribe, las emisiones de CO_2 vinculadas al consumo de energía y cemento tienen una tasa de crecimiento promedio simple de 2,6% para el período 1990-2005 (véase el gráfico 6) con diferencias importantes por países.¹⁶

ii. El consumo de energía en América Latina y el Caribe tiene un elevado dinamismo, con una tasa anual de crecimiento promedio simple del 3,1%, superior a la media mundial de 2,11% para el período 1970-2007, aunque con ritmos distintos por país (véase el gráfico 7).

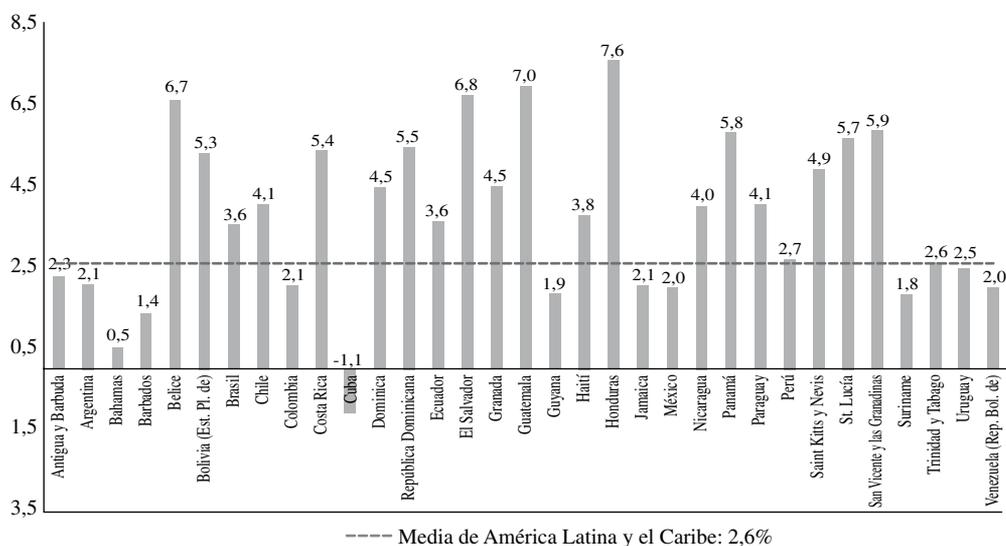
iii. Existe una relación positiva entre la evolución de las emisiones per cápita, el consumo de energía per cápita y el ingreso per cápita (véanse los gráficos 8 y 9). Ello denota la dependencia actual de las economías de América Latina y el Caribe respecto del consumo de energía y plantea las dificultades de alcanzar un acuerdo internacional de mitigación que imponga a la región límites específicos a dicho consumo (CEPAL, 2009a).

¹⁵ La base de datos utilizada corresponde a la CEPAL (CEPAL, 2009a).

¹⁶ Las emisiones de CO_2 representan la masa de dióxido de carbono producida durante la combustión de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, la manufactura de cemento y la quema de gases. En las estimaciones no se incluyen los combustibles en los bunkers utilizados en transporte internacional (Instituto de los Recursos Mundiales, 2009).

GRÁFICO 6

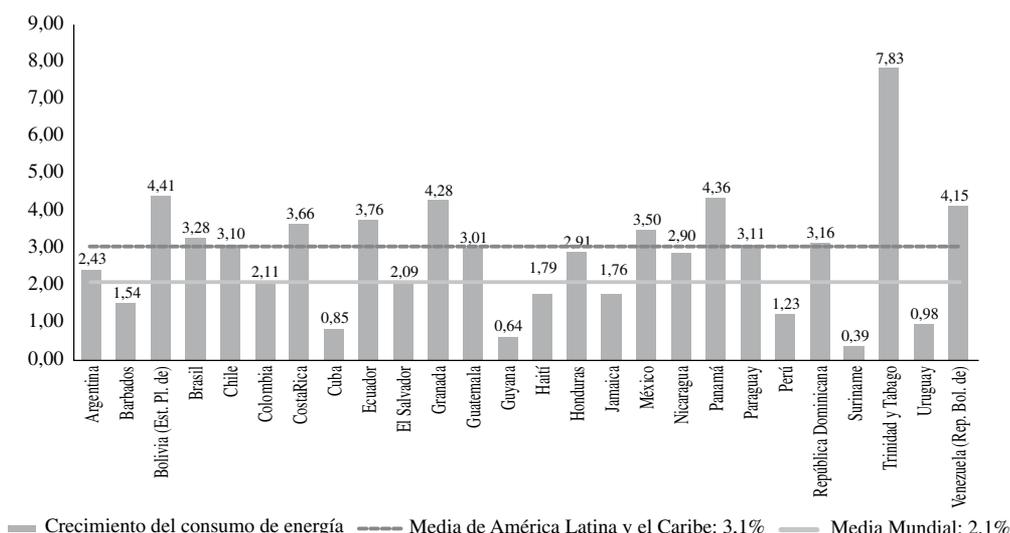
América Latina y el Caribe: tasa de crecimiento medio anual de las emisiones de CO_2 e, 1990-2005
(En porcentajes)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) con información del Instituto de los Recursos Mundiales, *Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) version 6.0*, [en línea] www.cait.wri.org

GRÁFICO 7

América Latina y el Caribe: tasa de crecimiento medio anual del consumo de energía, 1970-2007
(En porcentajes)

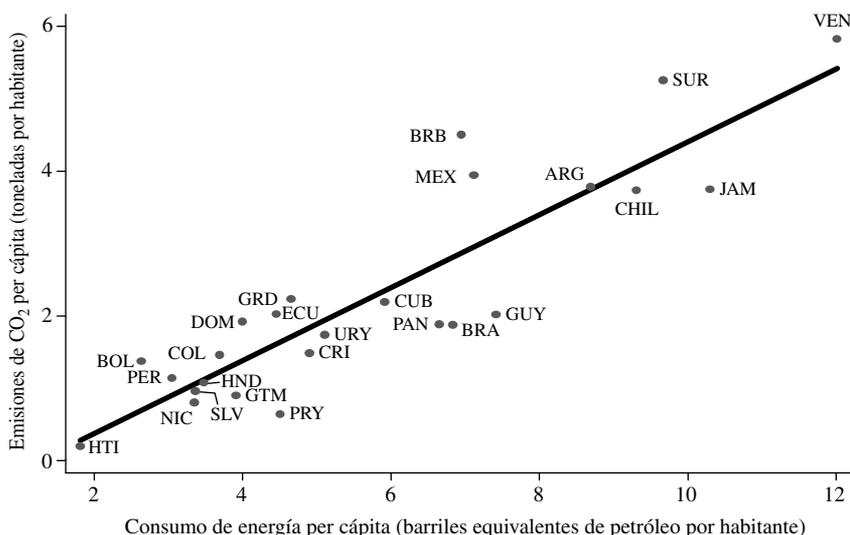


Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) sobre la base de la información de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) y el Sistema de Información Económica Energética (SIEE).

Nota: La tasa de crecimiento medio anual para el mundo fue calculada sobre la base de la información del World Development Indicators del Banco Mundial en www.worldbank.org

GRÁFICO 8

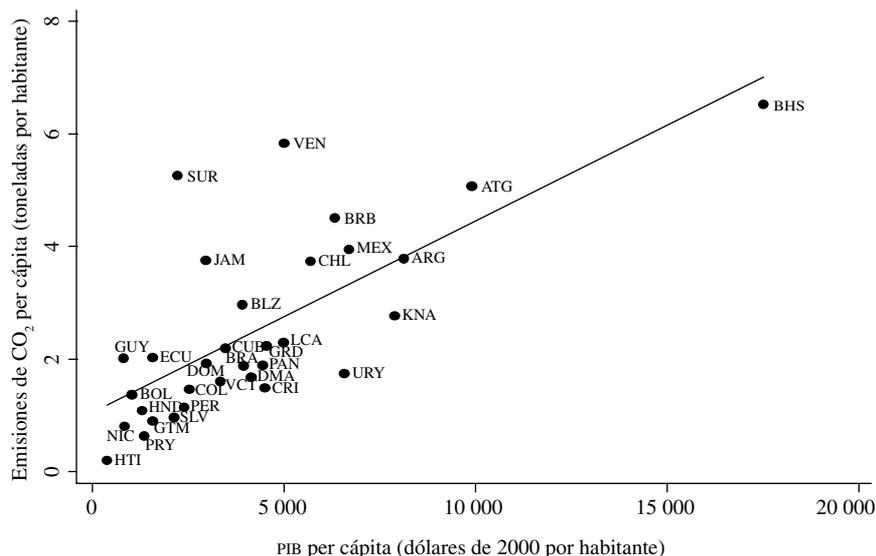
América Latina y el Caribe: emisiones de CO₂ per cápita y consumo de energía per cápita en 2005



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Síntesis 2009* (LC/G.2425), Santiago de Chile, noviembre de 2009, con estadísticas de emisiones de CO₂ del Instituto de los Recursos Mundiales, *Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) version 6.0*, Washington, D.C., 2009.

Notas: i) CO₂, dióxido de carbono. ii) Las estadísticas de consumo total de energía se obtuvieron del Sistema de Información Económica Energética (SIEE) de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). iii) HND: Honduras, GTM: Guatemala, SLV: El Salvador, CRI: Costa Rica, GRD: Granada, BOL: Estado Plurinacional de Bolivia, DOM: República Dominicana, CHL: Chile, NIC: Nicaragua, PRY: Paraguay, BRA: Brasil, ECU: Ecuador, PER: Perú, TTO: Trinidad y Tabago, URY: Uruguay, ARG: Argentina, COL: Colombia, JAM: Jamaica, MEX: México, VEN: República Bolivariana de Venezuela, GUY: Guyana, SUR: Suriname, BRB: Barbados, CUB: Cuba, HTI: Haití, PAN: Panamá.

GRÁFICO 9

América Latina y el Caribe: emisiones de CO₂ per cápita y PIB per cápita en 2005

Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Síntesis 2009* (LC/G.2425), Santiago de Chile, noviembre de 2009, con estadísticas de emisiones de CO₂ de Instituto de los Recursos Mundiales, *Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) version 6.0.*, Washington, D.C., 2009.

Notas: i) Los datos del producto interno bruto (PIB) a precios constantes del año 2000 se obtuvieron de la base de datos de estadísticas e indicadores económicos (BADECON) de la CEPAL. ii) HND: Honduras, GTM: Guatemala, SLV: El Salvador, CRI: Costa Rica, GRD: Granada, BOL: Estado Plurinacional de Bolivia, DOM: República Dominicana, CHL: Chile, NIC: Nicaragua, PRY: Paraguay, BRA: Brasil, ECU: Ecuador, PER: Perú, TTO: Trinidad y Tabago, URY: Uruguay, ARG: Argentina, COL: Colombia, JAM: Jamaica, MEX: México, VEN: República Bolivariana de Venezuela, GUY: Guyana, SUR: Suriname, BRB: Barbados, CUB: Cuba, HTI: Haití, PAN: Panamá.

iv. Las razones entre el consumo de energía y el PIB per cápita por país (Destais, Fouquau y Hurlin, 2007) muestran una relación inversa (véase el gráfico 10). De este modo, un mayor ingreso per cápita implica normalmente una menor intensidad energética. Aunque esta reducción en la intensidad energética es insuficiente para detener el aumento, en términos absolutos, del crecimiento del consumo de energía y de las emisiones en la región.

v. Con respecto a las intensidades de CO₂ en relación con la energía, en los países de ALC se observa una tendencia mixta en el período 1990-2005. Así, en 17 países aumenta la intensidad carbónica: Barbados, el Estado Plurinacional de Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, El Salvador, Guatemala, Guyana, Honduras, México, Nicaragua, Paraguay, Perú, República Dominicana, Surinam y Uruguay, mientras que disminuye (tasa de descarbonización) en Argentina, Chile, Ecuador, Granada, Haití, Jamaica, Panamá, Trinidad y Tabago y la República Bolivariana de Venezuela

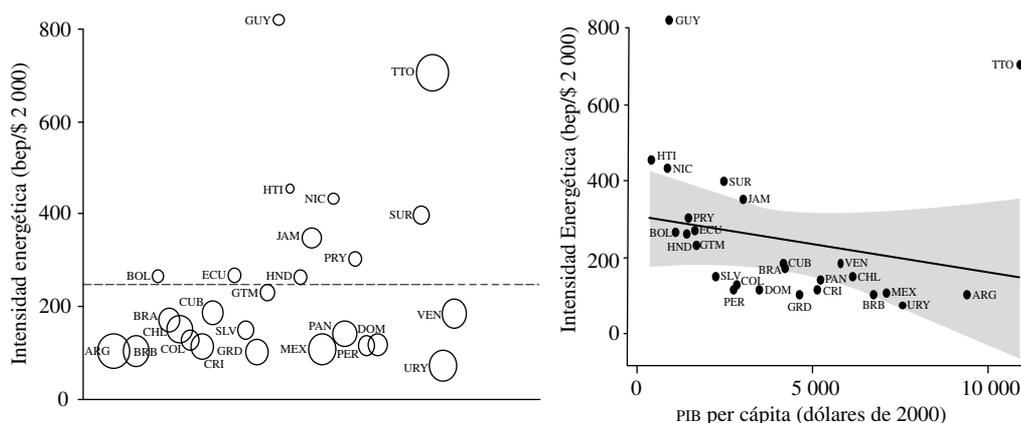
(véase el gráfico 11).¹⁷ En este contexto, solo en dos países de la región disminuyeron simultáneamente la intensidad energética y carbónica entre 1990 y 2005 (CEPAL, 2009a).

vi. Las emisiones per cápita en América Latina y el Caribe provenientes del consumo energético y cemento son todavía inferiores a las de los países desarrollados, aunque muy diferentes por país, y muestran un ritmo de crecimiento importante. Ello se observa al simular en la identidad del IPAT las emisiones per cápita en América Latina y el Caribe, considerando las intensidades energéticas respecto del PIB y de CO₂ con relación a la energía de otras regiones del mundo (CEPAL, 2009a) (véase el gráfico 12). Así, es evidente que las emisiones que se generarían con una matriz energética similar, por ejemplo,

¹⁷ No se consideran Antigua y Barbuda, Bahamas, Belice, Dominica, Saint Kitts y Nevis, San Vicente y las Granadinas y Santa Lucía debido a que no se dispone de datos sobre consumo energético.

GRÁFICO 10

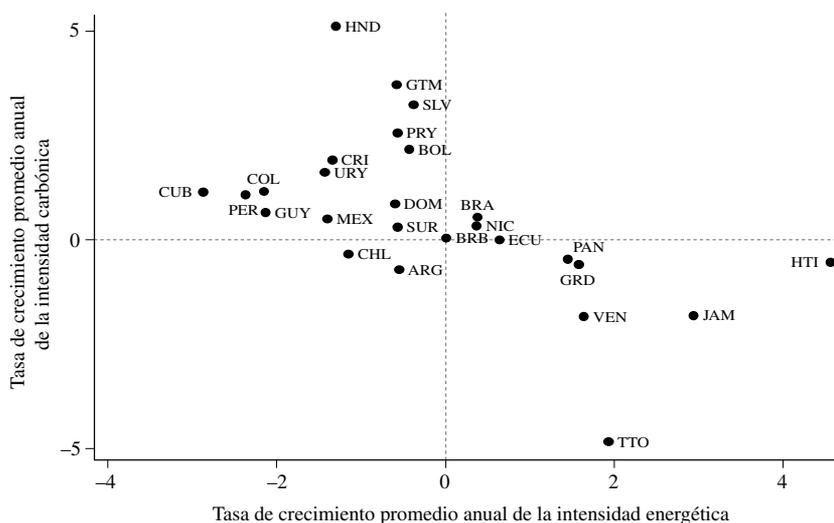
América Latina y el Caribe: PIB per cápita e intensidad energética, 2007



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Síntesis 2009* (LC/G.2425), Santiago de Chile, noviembre de 2009, con estadísticas de consumo total de energía del Sistema de Información Económica Energética (SIEE) de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). El área sombreada representa la desviación estándar. Notas: i) Los datos del producto interno bruto (PIB) per cápita a precios constantes del año 2000 se obtuvieron de la base de datos de estadísticas e indicadores económicos (BADECON) de la CEPAL, ii) bep: barriles equivalentes de petróleo, iii) El tamaño de las circunferencias es relativo al PIB per cápita del país. El área sombreada representa la desviación estándar. ii) GUY: Guyana; TTO: Trinidad y Tabago, HT: Haití, NIC: Nicaragua, SUR: Suriname, JAM: Jamaica, PRY: Paraguay, BOL: Est. Plurinacional de Bolivia, ECU: Ecuador, HND: Honduras, GTM: Guatemala, SLV: El Salvador, BRA: Brasil, CUB: Cuba, VEN: Rep. Bolivariana de Venezuela, PER: Perú, COL: Colombia, DOM: República Dominicana, PAN: Panamá, CHL: Chile, CRI: Costa Rica, GRD: Granada, BRB: Barbados, MEX: México, URY: Uruguay, ARG: Argentina.

GRÁFICO 11

América Latina y el Caribe: tasa de crecimiento anual promedio de la intensidad energética versus tasa de crecimiento anual promedio de la intensidad carbónica, 1990-2005 (En porcentajes)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Síntesis 2009* (LC/G.2425), Santiago de Chile, noviembre de 2009, con estadísticas de consumo total de energía del Sistema de Información Económica Energética (SIEE) de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).

Notas: i) HND: Honduras, GTM: Guatemala, SLV: El Salvador, PRY: Paraguay, BOL: Est. Plurinacional de Bolivia, CRI: Costa Rica, CUB: Cuba, COL: Colombia, URY: Uruguay, PER: Perú, GUY: Guyana, MEX: México, DOM: República Dominicana, BRA: Brasil, SUR: Suriname, NIC: Nicaragua, BRB: Barbados, ECU: Ecuador, CHL: Chile, ARG: Argentina, PAN: Panamá, GRD: Granada, HTI: Haití, VEN: Rep. Bolivariana de Venezuela, JAM: Jamaica, TTO: Trinidad y Tabago. ii) Los datos del producto interno bruto (PIB) per cápita a precios constantes del año 2000 se obtuvieron de la base de datos de estadísticas e indicadores económicos (BADECON) de la CEPAL.

a la de China, son muy superiores a las emisiones actuales en la región. Ello indica el uso de fuentes más limpias para generar energía en ALC con respecto a China. Sin embargo, al simular las emisiones de la región sobre la base de las razones entre la energía y el PIB y entre las emisiones y la energía de los países desarrollados, las diferencias se reducen notablemente e incluso son inferiores para algunos países. En esta perspectiva, existe un margen de maniobra en la región que debe aprovecharse, pero que puede deteriorarse rápidamente.

vii. Las emisiones per cápita muestran un proceso de convergencia absoluto conocido como convergencia en β o de convergencia en la dispersión de las emisiones de CO₂ per cápita (convergencia en σ) (Barro y Sala-i-Martin, 1992) en ALC.¹⁸ Esto es, la tasa de crecimiento de las emisiones per cápita de los países con menores emisiones per cápita son mayores que aquellas de los

países con emisiones per cápita superiores (véase el gráfico 13).

viii. En la evidencia disponible se señala la presencia de un proceso de convergencia absoluto en emisiones per cápita, como se observa en las estimaciones basadas en la ecuación (7) que es comúnmente utilizada para analizar procesos de convergencia absoluta en el PIB per cápita por países (Barro y Sala-i-Martin, 1992; Sala-i-Martin, 1996; Durlauf, Johnson y Temple, 2006; Maddala y Wu, 2000).

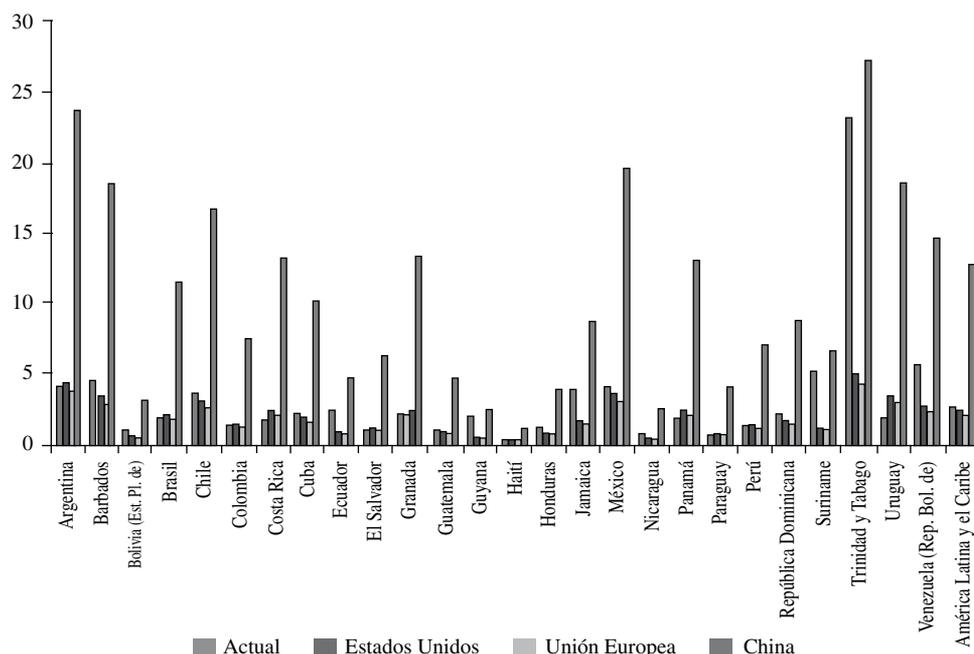
$$\Delta y_{it} = a_i + \beta y_{i,t-1} + \varphi x_{it} + u_{it} \quad (7)$$

donde un coeficiente <0 indica un proceso de convergencia absoluto. El coeficiente α captura los efectos específicos por país y X_{it} representa a un conjunto de factores adicionales que permiten, al incluirse, identificar la posible presencia de convergencia condicional. El subíndice i representa el país y el subíndice t los años. La estimación de la ecuación (8) —sobre la base

¹⁸ Este punto se basa en el análisis de los procesos de convergencia en el PIB per cápita (Sala-i-Martin, 1996).

GRÁFICO 12

América Latina y el Caribe: emisiones de CO₂ per cápita utilizando la intensidad energética y carbónica de los Estados Unidos, la Unión Europea y China

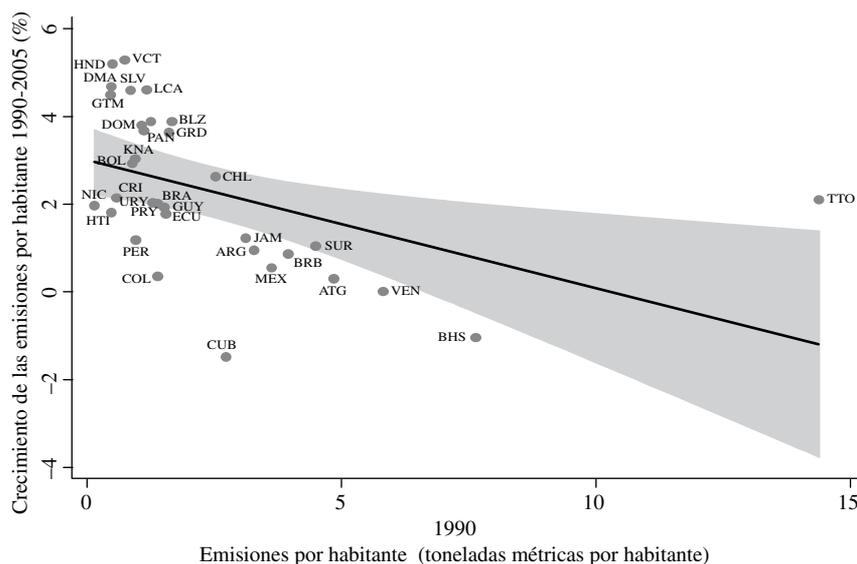


Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Síntesis 2009* (LC/G.2425), Santiago de Chile, noviembre de 2009, con estadísticas de consumo total de energía del Sistema de Información Económica Energética (SIEE) de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).

Notas: i) Los datos del producto interno bruto (PIB) per cápita a precios constantes del año 2000 se obtuvieron de la base de datos de estadísticas e indicadores económicos (BADECON) de la CEPAL. ii) Las estadísticas para los Estados Unidos, la Unión Europea (UE) y China se obtuvieron del Instituto de los Recursos Mundiales, *Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) version 6.0*, Washington, D.C., 2009.

GRÁFICO 13

América Latina y el Caribe: emisiones por habitante y crecimiento de las emisiones por habitante, 1990-2005
(En porcentajes)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Síntesis 2009* (LC/G.2425), Santiago de Chile, noviembre de 2009, con estadísticas de CO₂ obtenidas del Instituto de los Recursos Mundiales, *Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) version 6.0.*, Washington, D.C., 2009.

Nota: i) Los datos de población se obtuvieron de la base de datos de estadísticas e indicadores sociales (BADEINSO) de la CEPAL. ii) El área sombreada representa la desviación estándar. iii) HND: Honduras, VCT: San Vicente y las Granadinas, DMA: Dominica, LCA: Santa Lucía, BLZ: Belice, KNA: Saint Kitts y Nevis, GTM: Guatemala, SLV: El Salvador, PRY: Paraguay, BOL: Est. Plurinacional de Bolivia, CRI: Costa Rica, CUB: Cuba, COL: Colombia, URY: Uruguay, PER: Perú, GUY: Guyana, MEX: México, DOM: República Dominicana, BRA: Brasil, SUR: Suriname, NIC: Nicaragua, BRB: Barbados, ECU: Ecuador, CHL: Chile, ARG: Argentina, PAN: Panamá, GRD: Granada, HTI: Haití, VEN: Rep. Bolivariana de Venezuela, JAM: Jamaica, TTO: Trinidad y Tabago, BHS: Bahamas, ATG: Antigua.

de datos de sección cruzada (ecuación (9)) y de datos panel (ecuación (10)) (Wooldridge, 2001; Baltagi, 2008) respecto del período 1990-2005 para el conjunto de los países de América Latina y el Caribe— indica que las emisiones per cápita en la región en su conjunto aumentarán en las próximas décadas en el contexto de un proceso de convergencia absoluto. Las estimaciones econométricas no rechazan además la hipótesis

nula de la prueba de Hausman (Hausman, 1978) en la ecuación (9), por lo que no se rechaza la especificación de efectos fijos. Más aún, la significancia estadística de las variables ficticias por países refleja que existen diferencias regionales importantes (Romer, 1989; Barro, 1991). Los estadísticos t entre paréntesis son robustos a la posible presencia de heteroscedasticidad (Wooldridge, 2001; Baltagi, 2008).

$$\frac{\log \left[\frac{\left(\left[\left(CO_2n \right]_{i2005} \right) \right)}{\left(\left[\left(CO_2n \right]_{i1990} \right) \right)} \right]}{\left(\left[\left(CO_2n \right]_{i1990} \right) \right)} = 0,40 - 0,15 * \log \left(CO_2n_{i1990} \right) + u_i \quad (8)$$

(9,90) (-3,99)

$$\frac{\log \left[\frac{\left(\left[\left(CO_2n \right]_{it} \right) \right)}{\left(\left[\left(CO_2n \right]_{it-1} \right) \right)} \right]}{\left(\left[\left(CO_2n \right]_{it-1} \right) \right)} = 0,16 - 0,23 * \log \left(CO_2n_{it-1} \right) + u_i \quad x^2(1) = 71,50(0,00) \quad (9)$$

(2,19) (-2,04)

ix. Existe una relación inversa entre la tasa de desacoplamiento de las emisiones y el PIB y la tasa de crecimiento del PIB per cápita (Vivid Economics, 2009). Esto es, los países con un mayor ritmo de crecimiento del PIB per cápita son también los que reducen con mayor intensidad sus emisiones por unidad de PIB (véase el gráfico 14). En este sentido, no es necesariamente inconsistente un alto ritmo de crecimiento económico con la capacidad de reducir las emisiones por unidad de producto. Ello implica que es posible compatibilizar, dentro de ciertos rangos, un crecimiento económico dinámico con una transición a una economía baja en carbono, aunque el ritmo es aún insuficiente para contener las emisiones en términos absolutos (CEPAL, 2009a).

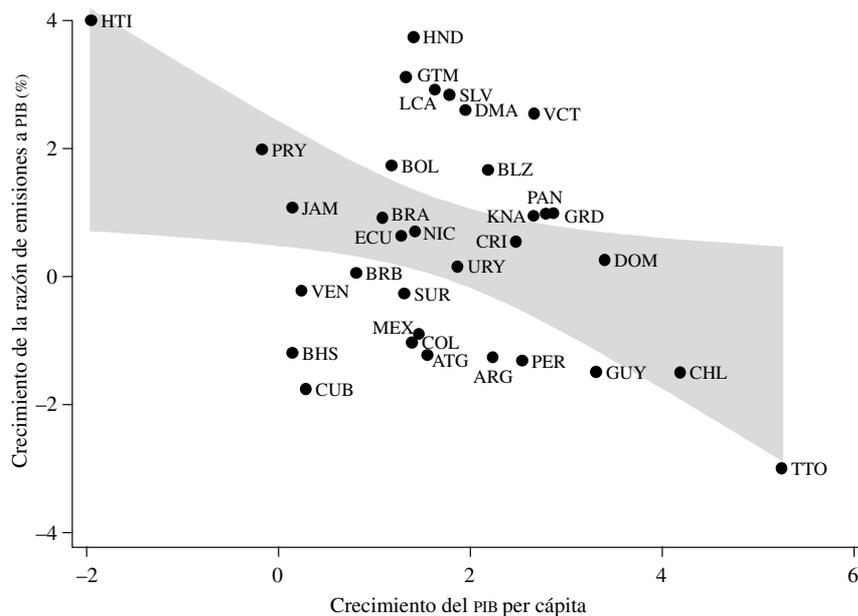
x. Las proyecciones de las emisiones de CO₂ provenientes del consumo de energía y cemento pueden

realizarse sobre la base de la identidad del IPAT.¹⁹ El conjunto de las simulaciones realizadas (Samaniego y Galindo, 2009) en el escenario inercial indica que es altamente probable que las emisiones de GEI, vinculadas al consumo de energía y cemento, continúen aumentando en América Latina y el Caribe. Específicamente, en ALC las emisiones de CO₂ per cápita podrían crecer, en un escenario inercial, a una tasa promedio anual

¹⁹ Estas simulaciones suponen un crecimiento del PIB per cápita tendencial estimado con modelos autorregresivos integrados de medias móviles (ARIMA) y datos sobre el crecimiento poblacional del Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía (CELADE) - División de Población de las Naciones Unidas y suponiendo para cada país su tasa de crecimiento promedio histórica de la intensidad energética y carbónica (CEPAL, 2009a).

GRÁFICO 14

América Latina y el Caribe: crecimiento del PIB y tasa de desacoplamiento de entre las emisiones de CO₂ y el PIB, 1990-2005
(En porcentajes)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Síntesis 2009* (LC/G.2425), Santiago de Chile, noviembre de 2009, con estadísticas de CO₂ obtenidas del Instituto de los Recursos Mundiales, *Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) version 6.0*, Washington, D.C., 2009.

Notas: i) El área sombreada representa la desviación estándar. ii) La tasa de desacoplamiento se define como el inverso de la tasa de crecimiento de la relación entre las emisiones de CO₂ y el PIB, esto es, una disminución (aumento) de esta relación implica un incremento (reducción) en la tasa de desacoplamiento. iii) Los datos del producto interno bruto (PIB) per cápita a precios constantes del año 2000 fueron obtenidos de la base de datos de estadísticas e indicadores económicos (BADECON) de la CEPAL. iv) Los datos de población se obtuvieron de la base de datos de estadísticas e indicadores sociales (BADEINSO) de la CEPAL. v) HND: Honduras, VCT: San Vicente y las Granadinas, DMA: Dominica, LCA: Santa Lucía, BLZ: Belice, KNA: Saint Kitts y Nevis, GTM: Guatemala, SLV: El Salvador, PRY: Paraguay, BOL: Est. Plurinacional de Bolivia, CRI: Costa Rica, CUB: Cuba, COL: Colombia, URY: Uruguay, PER: Perú, GUY: Guyana, MEX: México, DOM: República Dominicana, BRA: Brasil, SUR: Suriname, NIC: Nicaragua, BRB: Barbados, ECU: Ecuador, CHL: Chile, ARG: Argentina, PAN: Panamá, GRD: Granada, HTI: Haití, VEN: Rep. Bolivariana de Venezuela, JAM: Jamaica, TTO: Trinidad y Tabago, BHS: Bahamas, ATG: Antigua.

simple de alrededor del 2%. Ello como consecuencia del proceso de convergencia absoluto en emisiones y de la evolución histórica de las intensidades de energía con respecto al PIB y de las emisiones con relación a la energía en la región.

Estas simulaciones denotan que el crecimiento económico de ALC vendrá acompañado de un aumento de las

emisiones de CO₂ provenientes del consumo de energía y cemento, pero que al mismo tiempo se observará un proceso relativo paulatino de desacoplamiento de las emisiones con respecto a la trayectoria del PIB. Ello puede ser el fundamento de una estrategia de desarrollo en que se combinen mayores niveles de ingreso per cápita con mayor productividad y control o reducción de las emisiones.

VII

Emisiones per cápita e ingreso per cápita: algunos patrones regulares

Las emisiones provenientes del consumo de energía y cemento por unidad del PIB son distintas para cada uno los países de América Latina y el Caribe, aunque en general son menores que la media mundial (véase el gráfico 15). Asimismo, se observa que la respuesta o sensibilidad de la tasa de emisiones respecto del ingreso frente a cambios en el PIB per cápita es distinta según países y tiene comportamientos complejos y no dinámicos (véase el gráfico 16). Estos cambios en las sensibilidades de respuesta entre las emisiones y el PIB y el PIB per cápita pueden relacionarse con diversos factores, tales como los cambios en la composición de la estructura productiva (hipótesis de Linder, 1961), las modificaciones en los precios relativos, los procesos de innovación tecnológica, el desarrollo de economías más eficientes y la imposición de regulaciones más estrictas (Gupta y otros, 1997). Esto puede corresponder, en forma genérica, a algún tipo de curva ambiental de Kuznets (Kuznets, 1955) invertida (Grossman y Krueger, 1995; Torras y Boyce, 1998; Selden y Song, 1994; McConnell, 1997; Rothman y de Bruyn, 1998) o de curva en forma de V, donde el crecimiento económico viene acompañado de mejoras ambientales paulatinas después de un deterioro inicial.²⁰ Así, bajo la hipótesis de Kuznets o de forma de V, la intensidad entre las emisiones y el PIB per cápita aumenta en las primeras etapas del desarrollo económico; posteriormente llega a un punto máximo y después disminuye paulatinamente

(Rothman, 1998; Stern, Common y Barbier, 1996; Ekins, 1997).²¹

La presencia de una relación en forma de V o de la curva de Kuznets invertida puede obtenerse suponiendo, en primer lugar, que las emisiones per cápita son función directa del producto per cápita o que las emisiones per cápita se mantienen constantes de acuerdo con el coeficiente ϕ_1 :

$$EMPC_{it} = \phi_0 + \phi_1 YPC_t + u_t \quad (10)$$

donde $EMPC_t$ son las emisiones per cápita, YPC_t es el producto per cápita y ϕ_1 es el coeficiente asociado a las emisiones. Suponiendo entonces que el coeficiente que relaciona a las emisiones con el ingreso per cápita es también función del ingreso per cápita, se obtiene una función que se define como:

$$\phi_1 = \phi_2 + \phi_3 YPC_t \quad (11)$$

Al sustituir la ecuación (11) en (10) se obtiene:

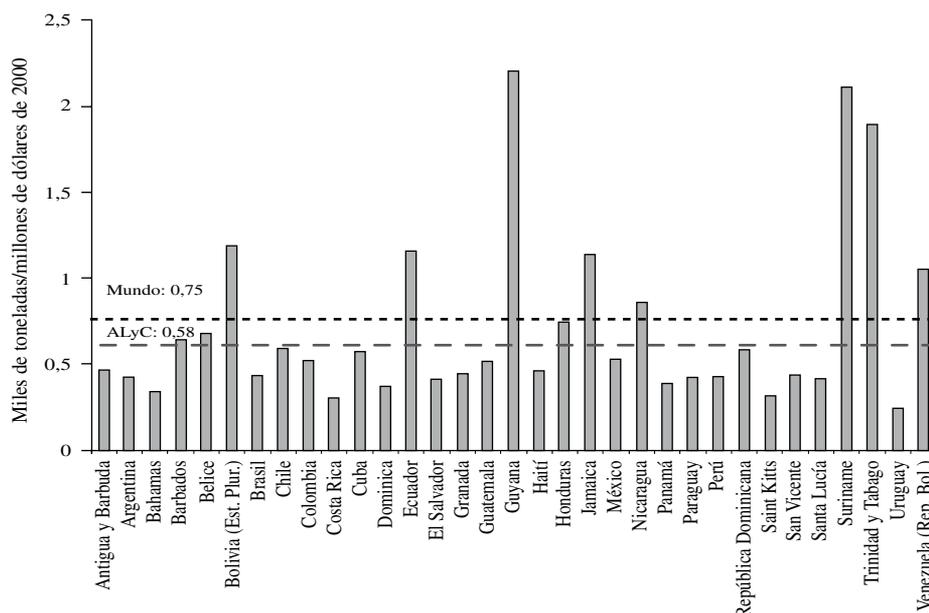
$$EMPC_{it} = \phi_0 + (\phi_2 + \phi_3 YPC_t) YPC_t + u_t = \phi_2 YPC_t + \phi_3 YPC_t^2 + u_t \quad (12)$$

En la ecuación (12) se aprecia que las emisiones per cápita son sensibles, entre otras variables, a un término al cuadrado del ingreso per cápita, lo que genera un efecto no lineal de reducción de las intensidades de emisiones. La curva de Kuznets representa entonces

²⁰ La forma de V se puede derivar, por ejemplo, de un modelo de generaciones sobrepuestas (John y Pecchenino, 1994), de un modelo de optimización (Stokey, 1998) o de un modelo de preferencias del consumidor con límite (Jaeger, 1998).

²¹ Las causas económicas que originan este comportamiento se agrupan, en el contexto de la curva de Kuznets, en tres efectos: de escala, de composición y tecnológico (Rothman, 1998; Stern, Common y Barbier, 1996; Ekins, 1997; Grossman y Krueger, 1995).

GRÁFICO 15

América Latina y el Caribe: emisiones de CO₂ por unidad de PIB, 2005

Fuente: elaborado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) con estadísticas de CO₂ obtenidas del Instituto de los Recursos Mundiales, *Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) version 6.0.*, Washington, D.C., 2009.

Nota: i) Los datos del Producto Interno Bruto (PIB) per cápita a precios constantes del año 2000 fueron obtenidos de la base de datos de estadísticas e indicadores económicos (BADECON) de la CEPAL. ii) Los datos de población se obtuvieron de la base de datos de estadísticas e indicadores sociales (BADEINSO) de la CEPAL.

una forma reducida que refleja procesos en extremo complejos que conducen efectos no lineales.²²

De este modo, inicialmente la intensidad de emisiones per cápita con respecto al PIB per cápita puede estimarse econométricamente en el contexto de una especificación lineal (Ang, 1987; Zilberfarb y Adams, 1981; Shrestha, 2000), para datos panel (Wooldridge, 2001; Baltagi, 2008) como:

$$empc_{it} = \beta_0 + \beta_1 ypc_{it} + u_{it} \quad (13)$$

donde las variables en minúsculas representan el logaritmo natural de las series. La presencia de cambios en la intensidad de emisiones respecto del PIB per cápita a lo largo del tiempo y de efectos no lineales puede incluirse en una forma reducida cuadrática, que puede corresponder a la hipótesis de la curva de Kuznets (Judson, Schmalensee y Stoker, 1999; Destais, Fouquau y Hurlin, 2007):

$$empc_{it} = \beta_0 + \beta_1 ypc_{it} + \beta_2 ypc_{it}^2 + u_{it} \quad (14)$$

De este modo, los efectos no lineales se obtienen con un coeficiente β_2 menor, en términos absolutos, que β_1 y negativo, ya que al aumentar el ingreso per cápita este coeficiente adquiere más relevancia. Este tipo de especificaciones puede suponer que todos los parámetros son iguales o considerar el caso de cambios por país o por tipos de países usando una estimación panel mediante el método de efectos fijos o aleatorios. Sin embargo, este tipo de modelos solo permite incorporar diferencias en el término constante.

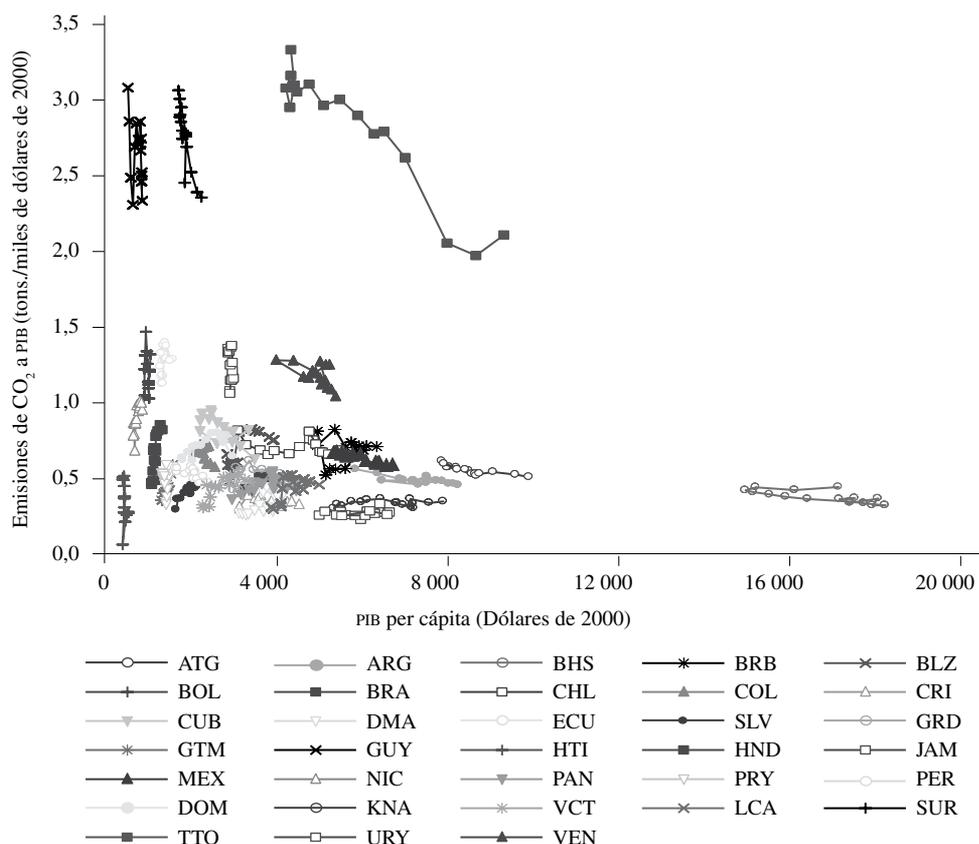
Así, para incorporar los cambios en los parámetros en el tiempo es posible utilizar un modelo de *Panel Smooth Threshold Regression* (PSTR) (González, Teräsvirta y van Dijk, 2005; Granger y Teräsvirta, 1993; Teräsvirta, 1994).²³ En este modelo las sensibilidades de respuesta se modifican al pasar de cierto límite y pueden transitar

²² Así, las variables incluidas son solo proxies, por lo que puede existir un problema de variables omitidas (Torras y Boyce, 1998).

²³ La generalización del modelo está en Destais, Fouquau y Hurlin, 2007.

GRÁFICO 16

América Latina y el Caribe: PIB per cápita y emisiones de CO₂ respecto del PIB



Fuente: elaborado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) con estadísticas de CO₂ obtenidas del Instituto de los Recursos Mundiales, *Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) version 6.0*, Washington, D.C., 2009.

Notas: i) Los datos de PIB per cápita a precios constantes del año 2000 fueron obtenidos de la base de datos de estadísticas e indicadores económicos (BADECON) de la CEPAL. ii) Los datos de población se obtuvieron de la base de datos de estadísticas e indicadores sociales (BADEINSO) de la CEPAL.

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

suavemente a otro régimen (Aslanidis y Xepapadeas, 2006). Este modelo para las emisiones per cápita con solamente dos regímenes y una sola función de transición puede especificarse como (Destais, Fouquau y Hurlin, 2007):

$$empc_{it} = \beta_0 + \beta_1 y_{it} + \beta_2 y_{it} g(y_{it}; \gamma, c) + u_{it} \quad (15)$$

En este caso, la función de transición $g(y_{it}; \gamma, c)$ es continua y acotada por la variable umbral (*threshold variable*) definida por y_{it} ; γ, c son parámetros. El

modelo PSTR para las emisiones de CO₂ por habitante y el ingreso per cápita especifican la función logística de transición (González, Teräsvirta y van Dijk, 2005; Granger y Teräsvirta, 1993; Teräsvirta, 1994) como:

$$g(y_{it}; \gamma, c) = \left[1 + \exp \left(-\gamma \prod_{z=1}^m y_{it} - c_z \right) \right]^{-1} \quad (16)$$

donde el vector $c = (c_1, \dots, c_n)'$ denota a un vector n-dimensional de parámetros de colocación y donde el

parámetro γ es la pendiente de la función de transición que determina la suavidad o velocidad del cambio de régimen en el valor de la función logística. En los casos extremos, el modelo PTRS permite que el cambio de régimen pueda ser abrupto (Hansen, 1999). Esta especificación hace posible identificar dos regímenes, uno para el caso en que la variable de transición es menor al primer umbral o cuando la variable de transición es mayor que el segundo umbral; además existe otro régimen cuando la variable de transición se encuentra entre los dos umbrales. De esta manera, el modelo puede ser interpretado como una curva de Kuznets invertida, donde se espera que para ingresos per cápita bajos la elasticidad sea baja, mientras que en el caso en que el ingreso per cápita aumente la elasticidad se incrementa hasta alcanzar un máximo y, al fin, nuevamente disminuye. Con el método de cálculo se eliminan inicialmente las medias de los efectos individuales (los u_{it}) y después se estima el modelo con mínimos cuadrados no lineales a través de un procedimiento de búsqueda estándar de los parámetros (Aslanidis y Xepapadeas, 2006).²⁴

Las estimaciones realizadas, sintetizadas en la ecuación (17), indican que la elasticidad es baja en el caso en que el ingreso per cápita es menor que el primer umbral (936 dólares [=antilog(6,84)]) y en el caso en que es mayor que el segundo umbral de 3.848 dólares [=antilog(8,24)].²⁵ Entre ambos casos, la elasticidad es mayor (t estadísticos entre paréntesis):

$$CO_2n_{it} = 1,31y_{it} - 0,05y_{it}g(y_{it}, 3,81; 6,84; 8,24) + u_{it} \quad R^2 = 0,62$$

$$(41,46) \quad (-9,84) \quad (1,70) \quad (30,41) \quad (20,44) \quad (17)$$

La dinámica de las elasticidades se resume en el gráfico 17 donde se divide a los países en dos paneles. En el primero, se presentan aquellos países cuya elasticidad ha descendido, lo que supone que se encuentran en un nivel de desarrollo o muy bajo o muy alto en relación con la región. Por ejemplo, se muestra que tanto Argentina como Haití mantienen la elasticidad más baja; sin

embargo, este hecho se debe a que Argentina se encontró por sobre los 3.848 dólares per cápita durante todo el período, mientras que Haití no ha alcanzado los 936 dólares per cápita. Los demás países comienzan con un ingreso per cápita superior a los 936 dólares e inferior a los 3.848 dólares, pero rebasan el segundo umbral en la década de los años sesenta, por lo que la elasticidad, que inicialmente era alta, comienza a descender alcanzando los niveles mínimos hacia los años noventa. Finalmente, Nicaragua supera dos veces el primer umbral, pero no ha logrado rebasar el segundo. En el segundo panel se incorporan aquellos países cuya elasticidad ha aumentado, debido a que se encuentran por sobre el primer umbral, pero por debajo del segundo. Por ejemplo, el Estado Plurinacional de Bolivia y Honduras inician el período muestral con un ingreso per cápita inferior a los 936 dólares y al superarlos la elasticidad se incrementa y se mantiene alta debido a que no han superado los 3.848 dólares. De este modo —y dependiendo del ingreso per cápita inicial— a medida que los países crecen, aumenta la elasticidad de sus emisiones de CO₂ per cápita con respecto al PIB per cápita; sin embargo, al alcanzar cierto grado de desarrollo, esa tendencia se revierte. Ello permite explicar la presencia del proceso de convergencia absoluta en emisiones per cápita y sugiere una explicación a la evolución no lineal de las sensibilidades de respuesta de las emisiones per cápita al ingreso per cápita.

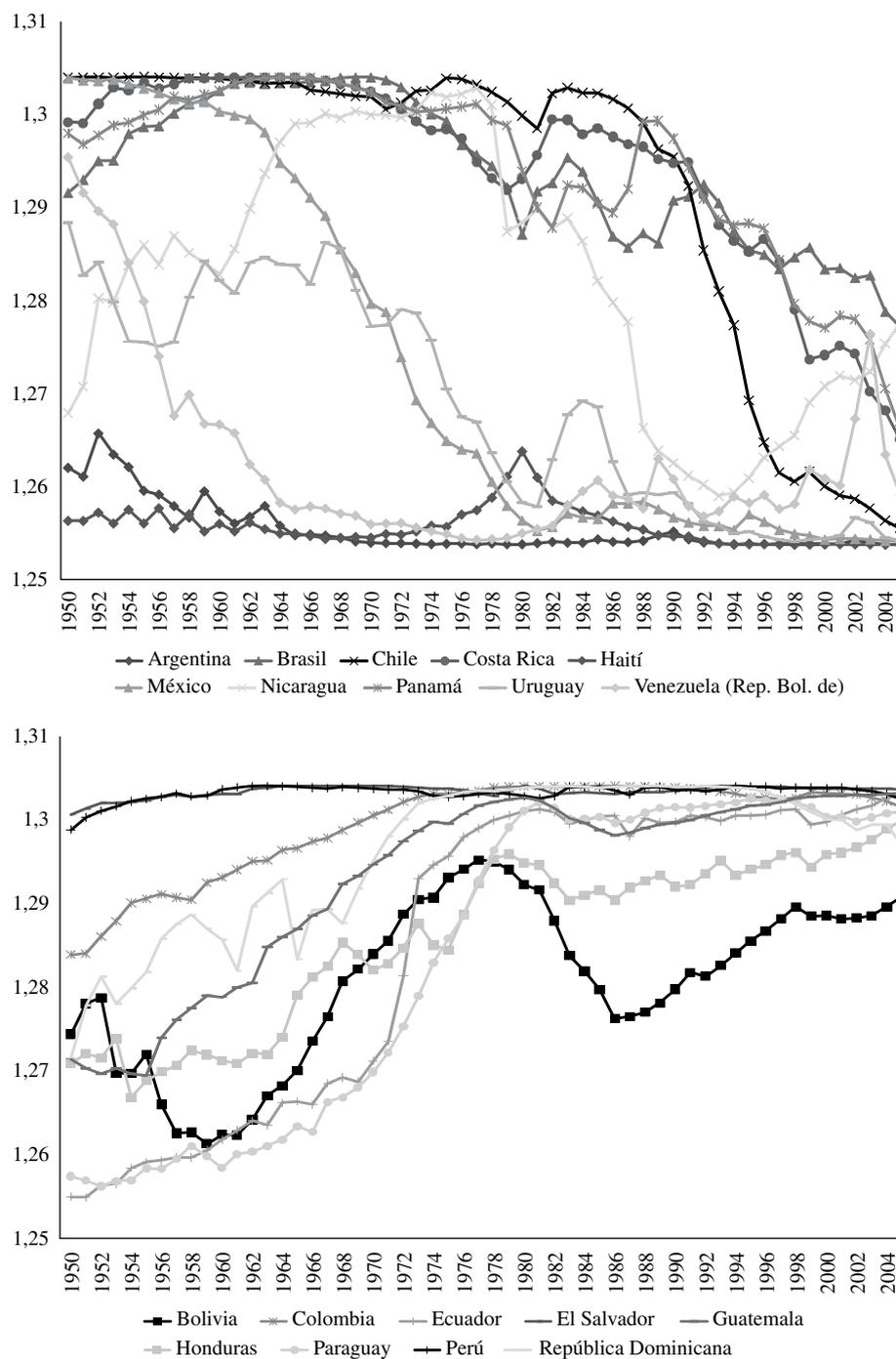
De este modo, el modelo autorregresivo de transición suave (STAR) permite identificar la presencia de un comportamiento no lineal en las sensibilidades de respuesta de las emisiones con respecto al nivel de ingreso per cápita, lo que es consistente con estudios previos en que se sostiene la presencia de una relación en V o la curva de Kuznets invertida (Aslanidis y Xepapadeas, 2006; Grossman y Krueger, 1995; Torras y Boyce, 1998; Selden y Song, 1994; McConnell, 1997; Rothman y de Bruyn, 1998; Rothman, 1998; Stern, Common y Barbier, 1996; Ekins, 1997). Ello permite sugerir que no es incompatible un crecimiento económico simultáneo con un proceso de reducción de emisiones. No obstante ello, debe reconocerse que el ritmo actual de disminución de emisiones es aún insostenible con respecto a cualquier meta razonable que contenga el calentamiento global en menos de 2 °C de aumento de temperatura.

²⁴ Los términos específicos de las estimaciones están en Teräsvirta (1994); González, Teräsvirta y van Dijk (2005); Hansen (1999).

²⁵ Se utiliza el PIB per cápita de la base de datos de estadísticas e indicadores económicos (BADECON) de la CEPAL.

GRÁFICO 17

Centroamérica y América del Sur: elasticidad ingreso per cápita de las emisiones de CO₂ por habitante, 1950-2005



Fuente: elaborado por CEPAL con estadísticas de CO₂ obtenidas del Instituto de los Recursos Mundiales, *Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) version 6.0*, Washington, D.C., 2009.

Notas: i) Los datos del PIB per cápita a precios constantes del año 2000 fueron obtenidos de la base de datos de estadísticas e indicadores económicos (BADECON) de la CEPAL. ii) Los datos de población se obtuvieron de la base de datos de estadísticas e indicadores sociales (BADEINSO) de la CEPAL.

VIII

Conclusiones

El cambio climático es el resultado de la realización de un conjunto de actividades antropogénicas estrechamente relacionadas con las actividades económicas. En este contexto, desde una mirada económica, el clima es un bien público y por tanto el cambio climático es una externalidad negativa global (Stern, 2007). Por consiguiente, la estrategia para solucionarlo y las políticas públicas a aplicar deben tener sólidas bases económicas.

La evidencia de que se dispone muestra que los cambios climáticos observados en ALC tienen repercusiones económicas substantivas en diversas actividades económicas. Sin embargo, estos costos son heterogéneos—incluso con ganancias temporales en algunos casos—, no lineales y con límites específicos que pueden ocasionar pérdidas irreversibles. También se advierte que existe una relación positiva entre la trayectoria de las emisiones per cápita, el consumo de energía per cápita y el ingreso per cápita. Ello es consistente con la evidencia internacional (Stern, 2007) y sugiere que es necesario modificar sustancialmente la estrategia de desarrollo actual para transitar a una senda de desarrollo sostenible.

En este sentido, las proyecciones realizadas permiten sugerir que las emisiones per cápita en la región seguirán aumentando, en un proceso de convergencia absoluto de las emisiones per cápita en ALC, aunque a partir de cierto nivel de ingreso per cápita, este incremento será menor tanto en emisiones por cambio de uso de suelo como en aquellas provenientes del consumo de energía y cemento. Esto es, se observa que existe un paulatino proceso de desacoplamiento de las emisiones de la actividad económica, a partir de cierto nivel de ingreso per cápita. En particular, las estimaciones econométricas

permiten observar que las sensibilidades de respuesta de las emisiones vinculadas al consumo de energía y cemento son bajas a niveles de ingreso per cápita bajos. Después, a partir de cierto límite, aumentan para posteriormente reducirse paulatinamente. Sin embargo, estas reducciones no son suficientes para contener el incremento absoluto de las emisiones.

Del conjunto de estos resultados se desprende que el cambio climático representa una restricción adicional para el crecimiento económico de la región, pero que es posible dentro de ciertos rangos compatibilizar el crecimiento económico con un proceso de transición a una economía baja en carbono. La construcción de esta estrategia es una tarea compleja, donde existe un intenso debate (Stern, 2007; Nordhaus, 2008; Nordhaus y Boyer, 2000; Pearce y otros, 1996; Mendelsohn y Neumann, 1999; Tol, 2002) que tiene consecuencias de política pública significativas e incluye también posiciones políticas y éticas y de política internacional sobre la distribución de los costos por países, al tiempo que pone el énfasis en la adaptación y vulnerabilidad, o en la mitigación y en los mecanismos de cumplimiento y las sanciones respectivas (véase, por ejemplo, *Oxford Economic Review of Economic Policy*, 2008).

La construcción de una estrategia para transitar a una senda de desarrollo baja en carbono no debe entenderse como una opción opuesta al crecimiento económico. Por el contrario, el cambio climático ya representa una restricción adicional a dicho crecimiento. Sin embargo, la transición a una economía baja en carbono es una tarea en extremo compleja que involucra cambios sustantivos en los estilos de desarrollo económico.

Bibliografía

- Aguilar, E. y otros (2005), "Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and Northern South America, 1961-2003", *Journal of Geophysical Research*, vol. 110, N° D23, Washington, D.C., American Geophysical Union.
- Ang, B.W. (1987), "A cross-sectional analysis of energy-output correlation", *Energy Economics*, vol. 9, N° 4, Amsterdam, Elsevier.
- Aslanidis, N. y A. Xepapadeas (2006), "Smooth transition pollution-income paths", *Ecological Economics*, vol. 57, N° 2, Amsterdam, Elsevier, mayo.
- Baltagi, B. (2008), *Econometric Analysis of Panel Data*, Chichester, West Sussex, John Wiley & Sons, junio.
- Barro, R.J. (1991), "Economic growth in a cross section of countries", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 106, N° 2, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press.
- Barro, R.J. y X. Sala-i-Martin (1992), "Convergence", *Journal of Political Economy*, vol. 100, N° 2, Chicago, University of Chicago Press.
- Bernstein, P.L. (1998), *Against the Gods: the Remarkable Story of Risk*, Nueva York, John Wiley & Sons, agosto.
- Blanchard, O.J. y S. Fischer (1989), *Lectures on Macroeconomics*, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press, marzo.
- Bongaarts, J. (1992), "Population growth and global warming", *Population and Development Review*, vol. 18, N° 2, Nueva York, Population Council.

- Bourguignon, F. (2002), "The distributional effects of growth: case studies vs. cross-country regressions", *DELTA Working Papers*, N° 2002-23, Paris, DELTA (École normale supérieure).
- Campbell, H.F. y R. Brown (2003), *Benefit-cost Analysis: Financial and Economic Appraisal Using Spreadsheets*, Cambridge, Cambridge University Press, junio.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2009a), *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Síntesis 2009* (LC/G.2425), Santiago de Chile, noviembre.
- _____ (2009b), *La economía del cambio climático en Chile: síntesis* (LC/W.288), Santiago de Chile, diciembre.
- _____ (2008), *Panorama social de América Latina 2008* (LC/G.2402-P), Santiago de Chile. Publicación de las Naciones Unidas, N° de venta: S.08.II.G.89.
- Clements, M.P. y D.F. Hendry (1999), *Forecasting Non-stationary Economic Time Series*, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press, septiembre.
- Datt, G. y M. Ravallion (1992), "Growth and redistribution components of changes in poverty measures: a decomposition with applications to Brazil and India in the 1980s", *Journal of Development Economics*, vol. 38, N° 2, Amsterdam, Elsevier.
- Destais, G., J. Fouquau y C. Hurlin (2007), "Economic development and energy intensity: a panel data analysis", *The Econometrics of Energy Systems*, Jacques Girod, Regis Bourbonnais y Jan Horst Keppler (comps.), Houndmills, Palgrave Macmillan.
- Dixit, A.K. y B.J. Nalebuff (1993), *Thinking Strategically: The Competitive Edge in Business, Politics, and Everyday Life*, Nueva York, W.W. Norton & Company, Inc., abril.
- Durlauf, S.N., P.A. Johnson y J. Temple (2006), "Growth econometrics", *Handbook of Economic Growth*, vol. 1, Philippe Aghion y Steven N. Durlauf (comps.), Amsterdam, North Holland.
- Ekins, P. (1997), "The Kuznets curve for the environment and economic growth: examining the evidence", *Environment and Planning A*, vol. 29, N° 5, Londres, Pion Ltd.
- Galindo, L.M. (2009), *La economía del cambio climático en México: síntesis*, México, D.F., Secretaría de Hacienda y Crédito Público/Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- González, A., T. Teräsvirta y D. van Dijk (2005), "Panel smooth transition regression models", *Working Paper Series in Economics and Finance*, N° 604, Stockholm School of Economics, agosto.
- Granger, C.W.J. y T. Teräsvirta (1993), *Modelling Nonlinear Economic Relationships*, Nueva York, Oxford University Press, diciembre.
- Grossman, G.M. y A.B. Krueger (1995), "Economic growth and the environment", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 110, N° 2, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press.
- Gupta, S. y otros (1997), *Argument in the Greenhouse: The International Economics of Controlling Global Warming*, Londres, Routledge, marzo.
- Hanley, N. y C.L. Spash (1995), *Cost-benefit Analysis and the Environment*, Londres, Edward Elgar Publishing, abril.
- Hansen, B.E. (1999), "Threshold effects in non-dynamic panels: estimation, testing, and inference", *Journal of Econometrics*, vol. 93, N° 2, Amsterdam, Elsevier, diciembre.
- Hausman, J.A. (1978), "Specification tests in econometrics", *Econometrica*, vol. 46, N° 6, Nueva York, Econometric Society.
- Hepburn, C. y N. Stern (2008), "A new global deal on climate change", *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 24, N° 2, Nueva York, Oxford University Press, junio.
- Instituto de los Recursos Mundiales (2009), *Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) Version 6.0*, Washington, D.C.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) (2007), *Climate Change 2007. The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, Cambridge University Press, septiembre.
- _____ (1996), *Climate Change 1995. The Science of Climate Change: Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, John T. Houghton y otros (comps.), Cambridge, Cambridge University Press, junio.
- Jaeger, W. (1998), "Growth and environmental resources: a theoretical basis for the u-shaped environmental path", Londres, Williams College, inédito.
- Johansson, Per-Olov (1993), *Cost-benefit Analysis of Environmental Change*, Cambridge, Cambridge University Press, agosto.
- John, A y R. Pecchenino (1994), "An overlapping generations model of growth and the environment", *Economic Journal*, vol. 104, N° 427, Londres, Royal Economic Society.
- Judson, R., R. Schmalensee y T. Stoker (1999), "Economic development and the structure of the demand for commercial energy", *Energy Journal*, vol. 20, N° 2, Cleveland, International Association for Energy Economics.
- Kaya, Y. (1990), "Impact of carbon dioxide emission control on GNP growth: interpretation of proposed scenarios", Paris, inédito.
- Kiktev, D. y otros (2003), "Comparison of modeled and observed trends in indices of daily climate extremes", *Journal of Climate*, vol. 16, N° 22, Washington, D.C., American Meteorological Society, noviembre.
- Kuznets, S. (1955), "Economic growth and income inequality", *The American Economic Review*, vol. 45, N° 1, Nashville, Tennessee, American Economic Association.
- Layard, R. y S. Glaister (1994), *Cost-benefit Analysis*, Cambridge, Cambridge University Press, julio.
- Levitt, S.D. y S.J. Dubner (2005), *Freakonomics: a Rogue Economist Explores the Hidden Side of Everything*, Nueva York, Harper Collins, mayo.
- Maddala, G.S. y S. Wu (2000), "Cross-country growth regressions: problems of heterogeneity, stability and interpretation", *Applied Economics*, vol. 32, N° 5, Londres, Taylor & Francis.
- Magrin, G. y otros (2007), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, Cambridge University Press.
- McConnell, K.E. (1997), "Income and the demand for environmental quality", *Environment and Development Economics*, vol. 2, N° 4, Cambridge, Cambridge University Press.
- Mendelsohn, R. y J.E. Neumann (1999), *The Impact of Climate Change on the United States Economy*, Cambridge, Cambridge University Press, febrero.
- Mishan, E.J. y E. Quah (2007), *Cost-benefit Analysis*, Londres, Routledge, abril.
- Murphy, J.M. y otros (2004), "Quantification of modelling uncertainties in a large ensemble of climate change simulations", *Nature*, vol. 430, Nueva York, Nature Publishing Group.
- Nas, T.F. (1996), *Cost-benefit Analysis: Theory and Application*, Thousand Oaks, Sage Publications, febrero.
- Nordhaus, W.D. (2008), *A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies*, New Haven, Yale University Press, junio.
- Nordhaus, W.D. y J. Boyer (2000), *Warming the World: Economic Models of Global Warming*, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press, agosto.
- O'Neill, B. y otros (2003), "Planning for future energy resources", *Science*, vol. 300, N° 5619, Nueva York, American Association for the Advancement of Science.
- Oxford Economic Review of Economic Policy* (2008), vol. 24, N° 2, Oxford, Oxford University Press.
- Pearce, D. y otros (1996), "The social costs of climate change: greenhouse damage and the benefits of control", *Climate Change 1995: Economic and Social Dimensions of Climate Change*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Perman, R. y otros (2003), *Natural Resource and Environmental Economics*, Londres, Addison Wesley, agosto.
- Ramsey, F.P. (1928), "A mathematical theory of saving", *The Economic Journal*, vol. 38, N° 152, Oxford, Blackwell Publishing.

- Romer, P.M. (1989), "Human capital and growth: theory and evidence", *NBER Working Papers*, N° 3173, Cambridge, Massachusetts, National Bureau of Economic Research, noviembre.
- Rothman, D.S. (1998), "Environmental Kuznets curves-real progress or passing the buck?: a case for consumption-based approaches", *Ecological Economics*, vol. 25, N° 2, Amsterdam, Elsevier.
- Rothman, D.S y S.M de Bruyn (1998), "Probing into the environmental Kuznets curve hypothesis", *Ecological Economics*, vol. 25, N° 2, Amsterdam, Elsevier.
- Sala-i-Martin, X. (1996), "The classical approach to convergence analysis", *Economic Journal*, vol. 106, N° 437, Londres, Royal Economic Society.
- Samaniego, J.L. y L.M. Galindo (2009), "Escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero asociados a combustibles fósiles en América Latina: Una aproximación empírica", inédito.
- Selden, T.M. y D. Song (1994), "Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions?", *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 27, N° 2, Amsterdam, Elsevier.
- Sen, A. (1997), *Choice, Welfare and Measurement*, Boston, Harvard University Press, septiembre.
- Shrestha, R.M. (2000), "Estimation of international output-energy relation: effects of alternative output measures", *Energy Economics*, vol. 22, N° 3, Amsterdam, Elsevier.
- Stern, D.I., M.S. Common y E.B. Barbier (1996), "Economic growth and environmental degradation: the environmental Kuznets curve and sustainable development", *World Development*, vol. 24, N° 7, Amsterdam, Elsevier.
- Stern, N. (2007), *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge, Cambridge University Press, enero.
- Stiglitz, J.E. (1983), "The rate of discount for benefit-cost analysis and theory of the second best" [en línea] http://papers.ssrn.com/sol3/JelJour_results.cfm?form_name=journalBrowse&journal_id=1239662&Network=no&SortOrder=ab_title&stype=desc&lim=false
- Stokey, N.L. (1998), "Are there limits to growth?", *International Economic Review*, vol. 39, N° 1, Philadelphia, University of Pennsylvania/Osaka University Institute of Social and Economic Research Association.
- Teräsvirta, T. (1994), "Specification, estimation, and evaluation of smooth transition autoregressive models", *Journal of the American Statistical Association*, vol. 89, N° 425, Alexandria, American Statistical Association.
- Tol, R. (2002), "Estimates of the damage costs of climate change. Part 1: benchmark estimates", *Environmental & Resource Economics*, vol. 21, N° 1, European Association of Environmental and Resource Economists.
- Torras, M. y J.K. Boyce (1998), "Income, inequality, and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets curve", *Ecological Economics*, vol. 25, N° 2, Amsterdam, Elsevier.
- Vincent, L.A. y otros (2005), "Observed trends in indices of daily temperature extremes in South America 1960-2000", *Journal of Climate*, vol. 18, N° 23, Washington, D.C., American Meteorological Society.
- Vivid Economics (2009), *Low Carbon Competitiveness Report*, The Climate Institute/E3G.
- Wooldridge, J.M. (2001), *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press, octubre.
- Yamaji, K. y otros (1991), "An integrated system for co2/energy/gnp analysis: case studies on economic measures for co2 reduction in Japan", documento presentado en el *Workshop on CO2 Reduction and Removal: Measures for the Next Century*.
- Zilberfarb, B. y F.G. Adams (1981), "The energy-gdp relationship in developing countries: empirical evidence and stability tests", *Energy Economics*, vol. 3, N° 4, octubre, Amsterdam, Elsevier.