

# Crecimiento económico y emisiones de CO<sub>2</sub> por combustión de energéticos en México, 2005-2030

Germán Alarco Tosoni\*

Fecha de recepción: 5 de julio de 2005; fecha de aceptación: 30 de enero de 2006.

*Resumen:* Mediante diversos escenarios relativos al desempeño de la economía mexicana e internacional se determina, en el horizonte de simulación, las emisiones de CO<sub>2</sub> a propósito de la combustión de energéticos que podrían tipificarse como línea de base para el diseño e implantación de las políticas que puedan reducirlas. Se proyectan —extrapolándolos— los resultados de las políticas “oficiales” para disminuir estas emisiones y, a partir de diferentes metas, se calculan las brechas que quedarían pendientes por eliminar. El abanico de políticas actualmente implantadas no es suficiente para enfrentar la magnitud del problema, por lo que se requiere impulsar la tecnología nuclear para la generación eléctrica, el uso de biocombustibles que permitan una articulación con el sector agropecuario, intensa utilización de energéticos disponibles, más de renovables, uso eficiente de energía, entre muchas otras políticas.

*Palabras clave:* crecimiento económico mexicano, proyecciones 2030, emisiones CO<sub>2</sub>.

*Abstract:* Within the simulation horizon, through several scenerios related to the performance of the Mexican and international economies, CO<sub>2</sub> emissions derived from energetic combustion are determined; and these could be classified as a base line for the design and implementation of policies that could reduce them. Furthermore, these emissions are projected through an extrapolation process, and the results of “official” policies to diminish them are determined given the existing assortment of goals; hence, the gaps pending for elimination are identified. On the other

---

\* El autor es director de área de la Secretaría de Energía de México, aunque este documento no representa necesariamente la opinión de la institución a la que pertenece. Es maestro en economía egresado del CIDE y profesor de la Universidad Panamericana en la misma ciudad con el siguiente correo electrónico: [galarcot57@hotmail.com](mailto:galarcot57@hotmail.com). El autor reconoce los comentarios de Patricia del Hierro Carrillo y la colaboración de Rafael Hernández Parra en los aspectos estadísticos de este artículo. Asimismo, se agradecen los valiosos comentarios de los dictaminadores anónimos de esta revista, aunque la responsabilidad por su contenido es exclusivamente mía.

hand, the variety of policies implemented nowadays are not enough to face the problem's magnitude; thus requiring the impulse of nuclear technology for power generation, the adoption of bio-fuels which allow an articulation with the agricultural sector, intense utilization of available energetics, more renewables, and the efficient usage of energy amongst many other policies.

*Keywords:* Mexican economic growth, 2030 projections, CO<sub>2</sub> emissions.

*Clasificación JEL:* O21, Q51 y Q56.

## **Introducción**

**L**a combustión de energéticos es responsable de poco más de 61% de las emisiones de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en México y de 46% de los gases de efecto invernadero (GEI) (véase Ruiz y Cruz, 2004) emitidos por el país asociados a la problemática del cambio climático. A pesar de que no se han suscrito acuerdos internacionales que establezcan metas cuantitativas a estas emisiones, existe el compromiso en el Protocolo de Kyoto para actuar en consecuencia, más aún cuando al 2002 México era responsable de 1.5% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> asociadas a la combustión de energéticos.

El objetivo de este documento es proyectar las emisiones mexicanas de CO<sub>2</sub> a partir de la combustión de energéticos. El periodo bajo análisis es 2005-2030, para lo cual es necesario discutir los supuestos correspondientes a las variables básicas, presentar el modelo utilizado y los resultados para el escenario base, manteniendo las cosas como están. Luego de simular las políticas "oficiales" para reducir estas emisiones, se determinan las brechas pendientes de cerrar de conformidad con diferentes metas derivadas de la experiencia internacional. La hipótesis es que el conjunto de políticas en cartera no es suficiente para alcanzar estos estándares internacionales, por lo que se requieren otras políticas complementarias.

En ningún caso se pretende que México establezca metas cuantitativas de emisiones que se aproximen a las acordadas por los países del Anexo 1 que las comprometieron en el Anexo B del Protocolo de Kyoto, ya que este esfuerzo debe ser pactado y cumplido en primer lugar por los países de mayor desarrollo económico, quienes contribuyeron históricamente a la acumulación de esas emisiones, hasta que se llegue a niveles aceptables con el medio ambiente y guarden correspondencia con su participación en el producto y la población mundial.

La intención del artículo es promover la reflexión y la acción, ya que el país no es ajeno a los efectos del cambio climático a nivel global.

En lo formal, el documento tiene cuatro secciones, algunas reflexiones finales y la bibliografía. En la sección I se presentan los elementos básicos para las proyecciones. En la sección II se describe el modelo utilizado y las proyecciones básicas para el horizonte 2005-2030. En la sección III se muestran los diferentes escenarios de metas de emisiones que se podrían establecer para México a partir de la información internacional y nacional. En la sección IV se presentan, en forma sucinta, las políticas básicas para reducir las emisiones, las brechas y los retos pendientes en relación con las emisiones de CO<sub>2</sub>.

En este artículo no se discuten en forma pormenorizada los supuestos que sustenta cada variable macroeconómica, energética, internacional y nacional, ya que esto implicaría un estudio particular en cada caso. No se examina la problemática de la emisión de otros contaminantes que contribuyen a los GEI, ni la aportación de otros gases que contribuyen a la generación de lluvia ácida (GLLA) que también afectan al ambiente en ámbitos locales o regionales. No se evalúa el abanico de nuevas políticas de mercado y otras para reducir emisiones: intercambio, venta de carbono, precios y tarifas ecológicas, topes sectoriales, incentivos fiscales, generación distribuida. No se aborda la problemática de las negociaciones internacionales relativas al cambio climático, ni las asociadas a las metas de emisiones. Los resultados de las políticas básicas para reducir las emisiones entre 2014-2030 son extrapolados a partir de la información contenida en las prospectivas oficiales hasta el 2013 y no se discute si dichos programas son los óptimos.

Es importante señalar que no existen series estadísticas oficiales nacionales de las emisiones de CO<sub>2</sub>, incluidas las generadas por la combustión de energéticos. Al respecto, sólo existe información puntual, para no más de tres años, incluida en la Primera y Segunda<sup>1</sup> Comunicaciones de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, preparadas por el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Semarnat. Se identifican sólo estimaciones nacionales e internacionales, con resultados diferentes, preparadas con base en una metodología común. Esta realidad estadística constituye un límite evidente al diseño, implantación, proyección-simulación y evaluación con base en el uso de modelos. La cuestión metodológica es utilizar

---

<sup>1</sup> La Tercera Comunicación está en proceso de elaboración y debe terminarse para finales de 2005.

las herramientas modelísticas con una configuración estándar y con base en supuestos plenamente transparentes.

El crecimiento real del producto mexicano utilizado en las proyecciones se estima con base en un modelo econométrico simple con la técnica de mínimos cuadrados ordinarios, asociado al producto estadounidense y al precio real del petróleo crudo, mientras que el estadounidense toma en cuenta variables internas y el precio real del petróleo. Debemos señalar que esta especificación es sencilla, y la misma podría dar lugar a un artículo específico para establecer una de las variables necesarias para las simulaciones, rebasando los alcances y dimensión razonable de este documento. Por tal razón, no se realiza un análisis de estabilidad de los parámetros en las regresiones, ni otras pruebas estadísticas más detalladas.

## I. Elementos para las proyecciones

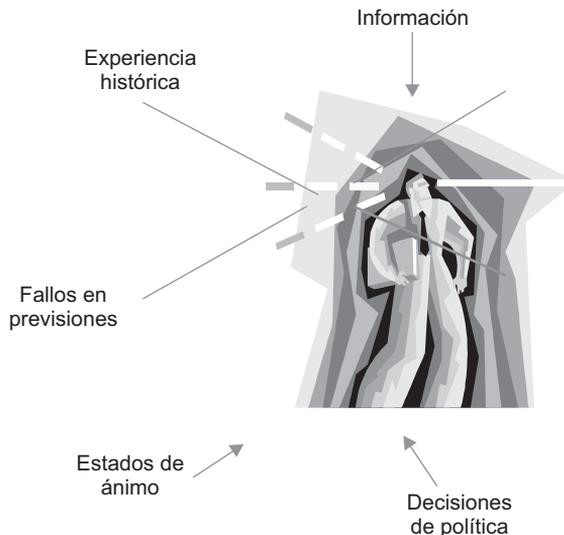
La información básica para las proyecciones puede originarse en fuentes internas (nosotros mismos) o externas (terceros), especialmente de organizaciones internacionales. Vamos a optar por obtenerlas y utilizarlas con base en un criterio mixto, destacando *ex ante* la dificultad para pensar en un horizonte de largo plazo: 25 años, conociendo de antemano que las proyecciones oficiales nacionales incorporadas en las prospectivas por energético se limitan sólo a diez años hacia adelante. Asimismo, la dificultad de visualizar el futuro es mayor cuando no hemos evaluado nuestra capacidad predictiva para conocer si en nuestras previsiones anteriores tendemos a sobre o subestimar la realidad. Tenemos un conocimiento limitado de la nueva información que puede ser útil para hablar sobre el futuro (sólo incorporamos la que conocemos y evaluamos hasta hoy) (véase la figura 1) y debemos procurar la mayor transparencia para que nuestro estado de ánimo y decisiones de política no afecten significativamente los resultados de la proyección.<sup>2</sup>

La información básica para las proyecciones se refiere a:

---

<sup>2</sup> Cuando las proyecciones se realizan en años positivos, las previsiones suelen ser muy optimistas, mientras que si son años negativos suelen ser pesimistas. Asimismo, las decisiones de política suelen influir en las previsiones, por ejemplo, las prospectivas energéticas de la Secretaría de Energía entre 2001-2003 incorporaban altas tasas de crecimiento del producto y por tanto de la demanda de energía. Las realizadas entre 1998-2000 también lo hacían para promover las reformas sectoriales.

## Figura 1. Elementos para desarrollar proyecciones



*Fuente:* Elaboración propia.

- Evolución del precio real de los hidrocarburos
- Evolución de la intensidad energética mexicana
- Crecimiento del PIB real mexicano
- Crecimiento poblacional mexicano
- Variables energéticas nacionales

La determinación de la evolución de los precios reales de los hidrocarburos es extremadamente compleja, ya que involucra mucha incertidumbre de acuerdo con su evolución histórica y a todos los elementos que pueden influirla en el futuro. En las proyecciones de largo plazo al 2030 de la Agencia Internacional de Energía (AIE, 2004c) se establece que el precio regresaría en el 2006 a US\$ 22 por barril a precios del 2000 (US\$ 25 a precios corrientes) para mantenerse a dichos niveles hasta el 2010, elevándose posteriormente hasta U\$ 26 por barril en el 2020 y a US\$ 29 por barril en el 2030 (AIE, 2004c, pp. 47-48). Para la AIE los precios actuales no son sostenibles, por lo que deben reducirse entre 2004-2006 para después incrementarse de acuerdo con la evolución de los costos marginales de los productores no miembros de la OPEP. Esta agencia también plantea un escenario de precios elevados del petróleo

en US\$ 35 por barril a precios del 2000 que se mantendría constante en todo el periodo bajo análisis (AIE, 2004c, pp. 122-127). Obviamente con este escenario se contraería la demanda global de hidrocarburos, se promoverían más intensamente las energías renovables y aumentaría la participación de los países no miembros de la OPEP en la producción mundial de petróleo crudo.

El Departamento de Energía (DE) de Estados Unidos de América plantea tres escenarios de precios del petróleo crudo con niveles reducidos respecto a las evidencias recientes: referencia, alto y bajo. En el nivel de referencia, el precio del petróleo llega a US\$ 27 por barril a precios del 2002 en el 2025 (US\$ 51 por barril a precios corrientes). En el bajo se alcanza US\$ 17 por barril para 2005 y de ahí se mantiene constante hasta el 2025, mientras que en el alto llega hasta US\$ 34 por barril en el 2013 para convertirse en alrededor de US\$ 35 por barril hacia el 2025 (AIE-DOE, 2004, p. 29). Es interesante anotar que las proyecciones internacionales para el petróleo crudo más elevadas corresponden a la Comisión Europea, que plantea US\$ 27.7 por barril al 2010 a precios del 2000, US\$ 33.4 por barril al 2020 y de US\$ 40.3 al 2030 (AIE, 2004c, pp. 528-529) (US\$ 73 por barril a precios corrientes). El Fondo Monetario Internacional (FMI), en línea con lo señalado por la AIE, plantea que los precios en el 2006 decrezcan 5.9 y 3% anual en el periodo 2007-2010 (FMI, 2005, p. 275). Nuestros escenarios de precios, menos optimistas que los anteriores, se presentan en la sección relativa a las estimaciones del PIB mexicano. Sin embargo, éstos no contemplan un análisis de los elementos portadores de futuro (factores estructurales o coyunturales detonantes de comportamientos específicos) de naturaleza nacional e internacional.<sup>3</sup>

La intensidad energética, entendida como el cociente del consumo nacional de energía entre el PIB, tendría entre el 2002-2030 una tendencia decreciente como resultado de las mejoras en cuanto a ahorro y uso eficiente de energía y la implantación de nuevas tecnologías. La AIE estima que globalmente ésta sería de -1.5% anual, siendo en los países de la OCDE de -1.2%, en las economías en transición de -2.2% y en los países en vías de desarrollo de -1.6% anual en comparación al -0.9% observado entre 1971-2002 (AIE, 2004c, pp. 62-63). En el escenario alternativo, el DE contempla que la intensidad energética decrezca -1.8%

---

<sup>3</sup> Alonso y Pernudi (2005) anuncian sin analizar toda una serie de elementos portadores del futuro por décadas hasta el 2030.

anual. La AIE-DOE contempla tasas de reducción en la intensidad energética menores de  $-1.2\%$  anual entre 2001-2025, inferior al  $-1.4\%$  observado entre 1970-2001. En el caso de los países en desarrollo, plantea en cambio  $-1.8\%$  anual (AIE-DOE, 2004, p. 5). La información mexicana de la Secretaría de Energía (Sener), obtenida a partir del balance nacional de energía, nos muestra que ésta decrecería entre  $-0.6$  y  $-1.1\%$  anual como promedio de lo ocurrido entre 1980-2003 y 1990-2003 respectivamente (calculado a partir de Sener, 2004a). En nuestras proyecciones consideramos una tasa de  $-1.1\%$  anual que corresponde a la observada de 1990 a la fecha.

En cuanto al crecimiento del PIB real mexicano, la AIE supone una tasa de  $3.7\%$  promedio anual entre 2002-2020,  $3\%$  entre 2020-2030 y un promedio de  $3.5\%$  entre 2002-2030 (AIE, 2004c, p. 44). El DE de Estados Unidos establece tres escenarios: referencia, alto y bajo con tasas promedio de crecimiento de  $3.9\%$  anual entre 2001-2025, con tasas diferenciadas entre 2005-2010 de  $3.6$  y de  $4.4\%$  entre 2010-2025. Los escenarios alto y bajo muestran tasas del  $4.3$  y  $3.3\%$ , respectivamente (DE-EUA, 2004, pp. 166, 184 y 200). El FMI sólo tiene estimaciones para México correspondientes a los años 2005 y 2006 con tasas de  $3.7$  y  $3.3\%$  anual. En el mediano plazo, 2007-2010, las tasas propuestas son similares a las establecidas en el periodo 1987-2005 (FMI, 2005, pp. 211 y 275). Frente a estas tasas de crecimiento propuestas a nivel internacional, el procedimiento alternativo que vamos a utilizar consiste en estimar y proyectar directamente lo que podría ocurrir con el PIB real de Estados Unidos y México a partir de construir un pequeño modelo econométrico estimado con mínimos cuadrados ordinarios, con variables macroeconómicas y sectoriales, considerando la información estadística entre 1930-2004 y cuyo detalle se muestra en el Anexo 1 de este documento.

Se pretende que el PIB real estadounidense sea explicado, con la mayor simplicidad posible, por algunos de los diferentes componentes de la demanda agregada y afectado negativamente por los precios reales de los energéticos. La mejor ecuación seleccionada del PIB estadounidense se establece en función de la política fiscal, la política monetaria, el precio real del petróleo crudo, su anterior desempeño histórico y una variable *dummy* asociada a episodios de caída notable del producto no vinculados a las variables explicativas anteriores. En el cuadro 1 se muestra que la bondad de ajuste ( $R^2$ ) es bastante aceptable, los parámetros tienen el signo adecuado e individualmente y en conjunto son significativamente diferentes de cero al  $95\%$  de confianza.

**Cuadro 1. Mejores regresiones del PIB mexicano y estadounidense en el largo plazo**

<i>Variante dependiente</i>	<i>Variantes independientes</i>										<i>Núm. de obs.</i>
LPIBEUA	Constante	LIF	TIR	VOIL	Dummy	LPIBEUA(-1)	R <sup>2</sup>	F-statistic	D.W.		Núm. de obs.
Parámetros	0.12591	0.12427	-0.00436	-0.00018	-0.07597	0.99122	0.999	14 914.93	1.62559		74
Prueba <i>t</i>	(3.853)	(6.410)	(-5.694)	(-0.432)	(-9.487)	(246.847)					
PIBMX	Constante	PIBEUA	OIL				R <sup>2</sup>	F-statistic	D.W.		Núm. de obs.
Parámetros	-828 736.4	791.381	17 263.49				0.992	4 397.616	0.47191		75
Prueba <i>t</i>	(-16.638)	(79.436)	(9.686)								

*Fuente:* Elaboración propia con base en BEA, BP, Fed Reserve System e INEGI.

En concreto, la política fiscal es capturada a través del logaritmo del impulso fiscal que se obtiene del cociente de uno más la tasa de crecimiento del consumo e inversión pública entre uno más la tasa de crecimiento del PIB real para cada año. Cuando el cociente antes del logaritmo es mayor a uno, se está implantando una política fiscal expansiva, y cuando es menor a uno ésta no se aplica. En el caso de la política monetaria, se utiliza la tasa de interés real de los fondos federales determinada por la Reserva Federal (FED) de Estados Unidos (antes de 1955 son de la Reserva Federal de Nueva York), siendo que si dichos valores son elevados se está aplicando una política monetaria contractiva y si son reducidos o negativos la política monetaria es expansiva. La variable *dummy* para los periodos críticos mencionada en el párrafo anterior asume valores unitarios en los años 1931, 1932, 1933, 1938, 1945, 1946, 1947, 1949, 1954, 1958, 1974, 1975, 1982 y 1991.

Mientras que la mejor regresión del PIB real estadounidense es una función doble logarítmica de una variable explicativa, la ecuación del PIB real mexicano es totalmente lineal por permitir sus mejores bondades de ajuste. El PIB real mexicano se explicaría positivamente por la evolución del producto estadounidense y el precio real del petróleo crudo con una elevada bondad de ajuste, signos adecuados teóricamente y parámetros significativamente diferentes de cero.

Es importante comentar que el parámetro del precio real del petróleo crudo (OIL) para México tiene el valor positivo esperado y a través de la prueba estadística *t* se observa que es significativamente diferente de cero. En el caso estadounidense se seleccionó la variación porcentual del precio real del crudo (VOIL), que refleja un valor aceptable para el parámetro, pero que no pasa la prueba *t* al 90% de confianza. Sin embargo, hemos optado por seguir trabajando con esta variable para captar que los incrementos en los precios afectan negativamente al producto, reconociendo que dicha relación es poco significativa. Asimismo, es importante señalar que la variable *dummy* que capta periodos de crisis en Estados Unidos tiene el signo negativo esperado y es significativamente diferente de cero.

En el cuadro 2 se presentan diferentes tasas de crecimiento promedio anual estimadas para el PIB real de Estados Unidos y México en el periodo 2005-2030. Éstas corresponden a las estimaciones puntuales y a los valores resultantes de aplicar los intervalos superior e inferior al 95% de confianza. Se plantean dos conjuntos de escenarios: con y sin crisis en Estados Unidos no asociadas a las variables exógenas de las ecuaciones antes señaladas en igual número a lo ocurrido en los

**Cuadro 2.** Tasas de crecimiento promedio anual del PIB real  
Estados Unidos y México, 2005-2030 (porcentaje)

Escenarios	México	México	México	EUA	EUA	EUA
	puntual	intervalo mayor	intervalo menor	puntual	intervalo mayor	intervalo menor
<i>Sin episodios de crisis</i>						
* Política monetaria y fiscal 25 años anteriores						
* Precio real del petróleo nivel 2005	3.055	3.353	2.745	3.049	3.256	2.844
* Política monetaria y fiscal 25 años anteriores						
* Incremento del precio real del petróleo 1.5% anual a partir de 2006	3.120	3.414	2.816	3.036	3.242	2.830
* Política monetaria y fiscal 25 años anteriores						
* Caída precio del petróleo 2% anual 2006 en adelante	2.999	3.302	2.685	3.061	3.267	2.856
<i>Con episodios de crisis: 2010 y 2020</i>						
* Política monetaria y fiscal 25 años anteriores						
* Precio real del petróleo nivel 2005	2.506	2.816	2.183	2.502	2.707	2.297
* Política monetaria y fiscal 25 años anteriores						
* Incremento del precio real del petróleo 1.5% anual a partir de 2006	2.583	2.887	2.266	2.488	2.693	2.284
* Política monetaria y fiscal 25 años anteriores						
* Caída precio del petróleo 2% anual 2006 en adelante	2.438	2.753	2.108	2.514	2.719	2.309

Fuente: Elaboración propia con base en BEA, BP, FED Reserve System e INEGI.

pasados 25 años (dos que se establecen aleatoriamente en 2010 y 2020).<sup>4</sup> Asimismo, en todos los casos se supone que la política fiscal y monetaria tendría valores promedio simples similares a lo ocurrido en los últimos 25 años: ligeramente expansiva en cuanto a la política fiscal y ligeramente contractiva en cuanto a la política monetaria. La variable que incorpora la mayor incertidumbre es la relativa al precio real del petróleo crudo, donde suponemos tres alternativas: que el precio real alcanzado en 2005 se mantenga a lo largo del periodo 2006-2025 (US\$ 46.9 por barril spot WTI a precios de 2003); un incremento de 1.5% anual similar al crecimiento observado en los últimos 35-40 años<sup>5</sup> (US\$ 68 por barril spot WTI a precios del 2003 para el 2030) y una caída de 2% anual para todo el periodo (US\$ 28.3 por barril spot WTI a precios del 2003 en 2030).

A menores precios reales del petróleo crudo se favorece el crecimiento de Estados Unidos, mientras que si éstos son mayores se favorece marginalmente el crecimiento de México.<sup>6</sup> Por otra parte, se observa que las tasas de crecimiento promedio anual para México sin crisis adicional en Estados Unidos estaría alrededor de 3% anual para cualquiera de las tres alternativas de precios reales del petróleo crudo, con un valor máximo probable de 3.4% y un mínimo de 2.7%. En el caso que se produjeran crisis adicionales en Estados Unidos el valor puntual de la tasa de crecimiento estaría alrededor de 2.5% anual, con un valor máximo de 2.9% y un mínimo de 2.2%. Ante todos estos resultados, vamos a optar por los estimados elaborados por nosotros, mismos que inducen a seleccionar una tasa de crecimiento real del PIB mexicano de 3% anual.

Esta tasa de crecimiento se aproxima a la histórica observada de las últimas décadas, reconociendo que es conservadora. Asimismo, la reducida dispersión del intervalo de crecimiento para los diferentes escenarios de los precios reales del petróleo crudo reflejarían que las modificaciones en esta variable no afectarían sensiblemente nuestras proyecciones.

---

<sup>4</sup> Estas fechas son totalmente aleatorias y no reflejan análisis alguno. Los dos coeficientes 1 de la variable *dummy* podrían colocarse en otros años y el efecto sobre las tasas de crecimiento promedio anual 2005-2030 es muy poco significativo.

<sup>5</sup> Si se toma en cuenta lo ocurrido con el precio real del petróleo crudo entre 45-65 años atrás, hasta el 2004 el promedio de la tasa de crecimiento anual es de alrededor de 2 por ciento.

<sup>6</sup> En Alarco (2006) se exploran detalladamente los efectos de un incremento de los precios del petróleo crudo sobre las exportaciones petroleras y no petroleras mexicanas (que se colocan principalmente en Estados Unidos).

En el caso de las proyecciones poblacionales, se considera la información de la AIE (2004a) para 2002. En el 2003 y 2004 se asume una tasa de crecimiento anual de 1.58% similar a la utilizada por el INEGI. Del 2005 al 2010 la tasa utilizada sería de 1.4%, del 2011 al 2020 de 1.2% anual y del 2021 al 2030 de 1% anual. Estas tasas son superiores a las presentadas por el Consejo Nacional de Población (Conapo) en 2002, donde en la última década proyectada la tasa de crecimiento fluctuaría entre 0.4-0.7% anual. La AIE considera para México tasas similares a las de Conapo, con un promedio anual de 1% entre 2002-2030, pero que no tienen correspondencia con los valores observados en estos últimos diez años (AIE, 2004c, p. 45).

El modelo incorpora un conjunto de otras variables cuyos valores es necesario definir. Se consideran los factores de emisión establecidos por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (PICC) de las Naciones Unidas y asumidos por la AIE. En el caso del carbón se asume el de tipo bituminoso de las principales áreas de producción nacionales. Las fracciones de carbón oxidados son similares a las establecidas por el PICC y la AIE.<sup>7</sup> No se evalúa la posibilidad de instalar sistemas tecnológicos internos para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que este estudio es de carácter general y no evalúa tal tipo de opciones. Se consideran como constantes para todo el periodo de simulación los factores de eficiencia y factores de planta para la generación de energía eléctrica observados en el 2002 y 2003 (Sener, 2004). Con excepción de la información relativa al sector eléctrico, los energéticos utilizados para la generación eléctrica y emisiones de CO<sub>2</sub> de ese sector,<sup>8</sup> la concerniente a las eficiencias energéticas nacionales, intensidades energéticas y emisiones totales de CO<sub>2</sub> corresponden a la AIE, con el propósito de facilitar las comparaciones internacionales.

No se consideran cambios en los precios relativos de los diferentes energéticos entre sí, ni con respecto al índice de precios al consumidor, ni a los precios al productor, por lo que no se evalúan efectos precios en las cantidades ofertadas y demandadas de energía. Tampoco hay variación real del poder de compra del peso mexicano en relación con las otras monedas extranjeras. La elasticidad de la demanda de energía respecto al PIB real es unitaria, aunque ésta es afectada por la intensidad energética. En las proyecciones no se analizan los recursos nece-

---

<sup>7</sup> La diferencia de 100% menos 98% para el carbón, 99% para el petróleo y productos petrolíferos y 99.5% para el caso del gas natural.

<sup>8</sup> La diferencia entre nuestros estimados y los de la Agencia Internacional de Energía son menores a 0.5% en virtud de que la Secretaría de Energía mexicana cuenta con información más actualizada.

sarios (inversión) para llevar a cabo la ampliación de la capacidad instalada de generación eléctrica en sus diferentes modalidades tecnológicas, y por tanto los costos que implicaría la sustitución de una tecnología por otra para reducir las emisiones al ambiente. No se evalúa cuánto cuesta la reducción de emisiones y cuánto estamos dispuestos a pagar y solicitar a otros países para mitigar esta problemática. No se determina cuál es el mejor conjunto de tecnologías que permite minimizar costos sujeto a la restricción ambiental y garantizando la seguridad en el abastecimiento. Ésta es una actividad imprescindible, pero que por su importancia y magnitud debe ser abordada más adelante en otro estudio específico.

## II. Modelo y resultados básicos

El modelo de proyección utilizado es el denominado MOEEMA-3 del tipo *top-down*,<sup>9</sup> ya que parte de las estimaciones del producto (PIB) para determinar las necesidades de expansión del sector eléctrico y de los otros subsectores energéticos. Es un modelo matemático, que parte de identidades e incorpora variables, coeficientes y parámetros derivados de la realidad y estimados con métodos econométricos. No se trata de un modelo de optimización. Recientemente lo utilizamos para establecer escenarios de expansión del sector eléctrico al 2015 con modificaciones en la estructura de distribución del ingreso (Alarco, 2005b, pp. 145-169). Se trata de un modelo recursivo desarrollado en una plataforma Excel, que consta de seis bloques: macroeconómico, capacidad y generación bruta de electricidad, determinación de insumos energéticos del sector eléctrico, estimación del consumo nacional de energía, determinación de CO<sub>2</sub>, e inversión y costos del sector eléctrico. Las principales características de cada bloque se comentan a continuación.

- Macroeconómico, mediante el cual se determina el PIB de conformidad a los componentes exógenos de la demanda agregada y del multiplicador del gasto que considera la propensión a consumir de los propietarios de los bienes de producción, de los asalariados,<sup>10</sup> sus participaciones respectivas en el ingreso-pro-

---

<sup>9</sup> Ibararán (2004) presenta una breve discusión sobre los diferentes modelos mexicanos relativos al sector energético y cómo se realizan las simulaciones en éstos.

<sup>10</sup> Al suponer que los asalariados consumen todo el ingreso recibido (propensión a consumir unitaria), la propensión a consumir de los propietarios de los medios de producción se obtiene residualmente del consumo privado de los no asalariados y del ingreso-producto recibido por éstos.

ducto nacional y la propensión a importar. Éste es un bloque inscrito en la corriente postkeynesiana-kaleckiana.

- Capacidad y generación bruta de electricidad, que incluye el detalle de todas las tecnologías actuales para la generación eléctrica, partiendo de la capacidad instalada y determinando la generación eléctrica con los factores de planta, eficiencias y otras características técnico-operativas actuales.
- Determinación de los insumos energéticos necesarios para la operación del sistema eléctrico de acuerdo con la capacidad instalada de las tecnologías en uso y de la generación bruta por tipo de tecnología y total. Aquí se distingue entre la generación a cargo de CFE, LFC y de los PIE.
- Determinación del consumo nacional de energía a nivel nacional, distinguiendo entre los sectores energéticos (eléctrico) y el resto de las actividades económicas. En este bloque, el consumo nacional de energía está determinado por la demanda (PIB) y las intensidades energéticas observadas, suponiendo que la oferta se adapta a la demanda.
- Determinación de las emisiones de CO<sub>2</sub>, siendo muy detallado en las relativas a los consumos de energéticos para la generación del sector eléctrico, mientras que las otras emisiones se determinan a partir del PIB, intensidades energéticas agregadas e intensidades de emisiones observadas en la realidad.
- Inversión y costos de generación del sector eléctrico, mediante el cual con estándares internacionales y algunos locales se determina la inversión neta y costos de generación asociados a cada ejercicio de simulación. También se determina el componente nacional de la inversión en generación eléctrica a partir de los parámetros establecidos en CFE-COPAR 2003.

En la figura 2 se muestra la estructura general del modelo vinculando los bloques y principales variables consideradas. En términos generales, los ejercicios de simulación se inician a partir de la determinación del producto (PIB). Luego se calculan tanto las necesidades de generación de energía del sector eléctrico como el consumo nacional de energía de los otros sectores no eléctricos. Con los requerimientos de generación se calculan las necesidades de ampliación de la capacidad instalada de generación. Posteriormente, definida esta capacidad de generación y satisfecha la demanda de energía eléctrica, se dimensionan las necesidades de insumos energéticos del sector eléctrico. Luego de



**Cuadro 3.** Resultados básicos, escenario pronosis, 2005-2030

Años	Consumo nacional de energía (mtoe)	Generación bruta de energía eléctrica (GWh)	Total emisiones (mton CO <sub>2</sub> )	Emisiones per cápita (ton CO <sub>2</sub> /hab)	Emisiones por unidad de producto (ton CO <sub>2</sub> /millón US\$ 1995 ppp)
2005	169 642	219 080	394 862	3.757	441.8
2006	172 809	225 653	403 657	3.788	438.4
2007	176 035	232 422	412 659	3.819	435.2
2008	179 322	239 395	421 872	3.850	431.9
2009	182 670	246 577	431 304	3.882	428.7
2010	186 080	253 974	440 958	3.914	425.5
2011	189 555	261 593	450 840	3.954	422.4
2012	193 094	269 441	460 956	3.995	419.3
2013	196 699	277 524	471 312	4.037	416.2
2014	200 371	285 850	481 914	4.078	413.2
2015	204 112	294 426	492 768	4.121	410.2
2016	207 923	303 258	503 880	4.164	407.2
2017	211 805	312 356	515 257	4.207	404.3
2018	215 759	321 727	526 906	4.251	401.4
2019	219 787	331 379	538 832	4.296	398.5
2020	223 891	341 320	551 045	4.341	395.7
2021	228 071	351 560	563 550	4.396	392.9
2022	232 329	362 106	576 354	4.451	390.1
2023	236 666	372 970	589 467	4.508	387.4
2024	241 085	384 159	602 894	4.565	384.7
2025	245 586	395 683	616 646	4.622	382.0
2026	250 171	407 554	630 728	4.681	379.3
2027	254 842	419 781	645 151	4.741	376.7
2028	259 600	432 374	659 922	4.801	374.1
2029	264 446	445 345	675 051	4.863	371.5
2030	269 383	458 706	690 547	4.925	369.0
TCPA (%)					
2005-2030	1.9	3.0	2.3	1.1	-0.6

*Fuente:* Elaboración propia con base en MOEEMA-3.

bles de emisiones, requeriría duplicar los precios de la energía cada diez años (Galindo, 2004, p. 347).

Considerando todos los supuestos presentados en la primera sección de este artículo, que la intensidad energética y de emisiones del sector eléctrico se mantiene constante: 2003, pero que las intensidades energéticas del resto de los sectores productivos decrece anualmente a una tasa de  $-1.1\%$  anual, en el cuadro 3 se muestran los resultados

para las principales variables tales como: la generación bruta de electricidad, consumo nacional de energía, emisiones totales de CO<sub>2</sub>, intensidades de emisiones per cápita e intensidades de emisiones por unidad de producto.

La generación bruta de electricidad crecería en el periodo 2005-2025 a la misma tasa de 3% que el PIB real. El consumo nacional de energía, como resultado de la reducción en la intensidad energética, sólo crecería a una tasa de 1.9% anual, mientras que las emisiones de CO<sub>2</sub> tendrían una tasa intermedia de 2.3% anual, manteniendo en el sector eléctrico la intensidad energética y de emisiones del año base. Esta tasa sería superior a la observada en el periodo 1990-2002: 1.9%, pero un poco más de la mitad de la registrada entre 1971-2002: 4.4%. Las emisiones per cápita de CO<sub>2</sub> crecerían a 1.1% anual, mientras que las emisiones por unidad de producto decrecerían a 0.6% anualmente.<sup>12</sup>

Nuestros resultados son ligeramente inferiores a los obtenidos por la AIE y el DE, ya que las previsiones del PIB real son menores a las establecidas por dichas agencias (véase el cuadro 4). Sin embargo, debemos señalar que los escenarios internacionales no son explícitos en relación con la mayoría de los otros supuestos asumidos, aunque incorporan modificaciones a lo largo del tiempo en las diferentes tecnologías para la generación de energía eléctrica. Por ejemplo, consideran información no oficial relativa a la ampliación de la capacidad en las plantas de ciclo combinado que utilizan gas natural, mayor uso de energías renovables, adiciones marginales en hidroenergía, mantenimiento de la capacidad nuclear actual<sup>13</sup> y reducción de las plantas que utilizan combustóleo.

**Cuadro 4.** Comparación de estimaciones por emisiones de CO<sub>2</sub> de energéticos, 2000-2030 (mton CO<sub>2</sub>)

<i>Proyecciones</i>	2002	2010	2015	2020	2025	2030
AIE	359 000	444 000	n.d.	570 000	n.d.	702 000
DE-EUA						
Referencia base 2001	352 000	433 000	492 000	565 000	687 000	n.d.
Propias	365 150	440 958	492 768	551 045	616 646	690 547

*Fuente:* Elaboración propia con base en DE-EU (2004c) y MOEEMA-3. n.d.: No disponible.

<sup>12</sup> Debemos señalar que la mayor parte de la información básica se presenta en miles de toneladas métricas (mton) o de petróleo crudo equivalente (mtoc).

<sup>13</sup> El DE considera un crecimiento de 1.1% anual entre 2000-2025 en la generación eléctrica nuclear.

Otros autores con escenarios al 2010 muestran diferentes resultados en cuanto a las emisiones de CO<sub>2</sub>. Quintanilla (2004, p. 403) presenta para dicho año resultados que fluctúan entre los 464.2 y los 630.9 millones de toneladas, dependiendo de diferentes alternativas de crecimiento económico y restricciones tecnológicas. Masera y Sheinbaum (2004, p. 359) para el escenario línea base plantean emisiones totales entre 805.6 y 960.3 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, y las relativas a la combustión de energéticos (alrededor de 60%) podrían estimarse entre 483.4 y 576.2 millones de toneladas.

### **III. Metas de emisiones**

En esta sección se establecen topes para las emisiones de CO<sub>2</sub> de conformidad con los acuerdos internacionales suscritos o en virtud del comportamiento de esta variable por parte de México y otros grupos de países. Al respecto, si bien México suscribió el Protocolo de Kyoto, no está sujeto a metas cuantitativas para la reducción de emisiones, como ocurre con los países del Anexo 1 que se comprometieron a reducir individual o conjuntamente las emisiones en al menos 5% en los niveles de 1990 para el periodo 2008-2012 (Naciones Unidas, 1997, p. 4). Estos 31 países representan 44.2% del total de las emisiones de CO<sub>2</sub> en 1990 (DE, 2004, pp. 137-160) y tienen metas de reducción diferenciadas por país, destacando los mayores compromisos de los miembros de la Unión Europea (-8%), mantener niveles similares de emisiones en el caso de la Federación Rusa, Nueva Zelanda y Ucrania y los menores compromisos de Islandia (10%), Australia (8%) y Noruega (1%) (Naciones Unidas, 1997, p. 31).

Con los estimados de emisiones de CO<sub>2</sub> por combustión de energéticos de la Agencia Internacional de Energía, resulta evidente que a lo largo de los años México contribuye cada vez más a las emisiones de GEI. México generó a inicios de la década de 1970 cerca de 0.7% de las emisiones internacionales, mientras que en el 2002 su aportación fue de 1.5% del total mundial (véase el cuadro 5). Si se evalúa la contribución mexicana en términos de algunos grupos de países, tales como los de la OCDE, o de los subconjuntos de la OCDE América del Norte y Europa, las conclusiones son similares.

Sin embargo, debemos señalar que la tasa de crecimiento entre estas participaciones son decrecientes, ya que la mayor tasa se observa en

**Cuadro 5.** Participación de México en las emisiones de CO<sub>2</sub> internacionales (porcentaje)

<i>Región</i>	<i>1971</i>	<i>1980</i>	<i>1990</i>	<i>2002</i>
OCDE América del norte	2.06	4.01	5.25	5.58
OCDE Europa	2.65	5.12	7.4	9.2
OCDE total	1.04	1.99	2.65	2.91
Mundiales	0.69	1.18	1.41	1.52

*Fuente:* Elaboración propia con base en AIE (2004b).

**Cuadro 6.** Crecimiento de emisiones de CO<sub>2</sub> por combustión de energéticos, 1971-2002 (TCPA porcentaje)

<i>País/región</i>	<i>1971-1980</i>	<i>1980-1990</i>	<i>1990-2002</i>	<i>1971-2002</i>
México	9.08	3.21	1.88	4.36
OCDE América del norte	1.28	0.47	1.37	1.05
OCDE Europa	1.37	-0.52	0.05	0.25
OCDE Total	1.47	0.32	1.08	0.95
Mundiales	2.78	1.37	1.27	1.74

*Fuente:* Elaboración propia con base en AIE (2004b).

la década de 1970,<sup>14</sup> para reducirse progresivamente en la década de 1980 y de ahí a la de 1990 e inicios del nuevo siglo.

La mayor participación de México en las emisiones de CO<sub>2</sub> tiene su correlativo en las mayores tasas de crecimiento promedio anual respecto de los promedios internacionales que aquí se presentan en el cuadro 6. Si bien la tasa de crecimiento anual mexicana para todo el periodo es alta, llama la atención su tendencia decreciente en las décadas de 1980 y 1990, para ser ahora, 2002, sólo medio punto porcentual superior a la tasa promedio internacional. También es importante resaltar que desde la década de 1990 la tasa de crecimiento de los países europeos miembros de la OCDE se está acercando a cero.

Con la información anterior parecería evidente la necesidad de que México realice un esfuerzo importante en reducir la tasa de crecimiento de sus emisiones de CO<sub>2</sub> en la medida que su participación a nivel internacional es creciente. Sin embargo, no debemos olvidar que esta actividad debe ser realizada por todos los países, que implica mayores

<sup>14</sup> En este periodo, México se convierte en un importante productor de hidrocarburos a nivel internacional.

costos que pueden redundar negativamente en las tasa de crecimiento económico y por tanto en el nivel de ingreso de la población. No se puede exigir a un país subdesarrollado un esfuerzo tal que paralice su crecimiento económico.

La magnitud del esfuerzo para mitigar las emisiones debe establecerse en función de la contribución acumulada de las mismas a través del tiempo. De esta forma, el mayor reto correspondería a quienes generaron en el pasado y presente mayores emisiones, que corresponde a los que tienen ahora mayores ingresos y, por tanto, pueden asumir mayores costos en el remedio del problema.

En una posición intermedia, que refleja también una situación de equidad, la contribución máxima en la mitigación de emisiones de cada país podría asociarse al producto generado o a su población con respecto al total mundial. En la citada dirección estamos determinando el cociente de la participación de las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por México, entre la participación de México en la producción<sup>15</sup> y la población total.

Cuando estos cocientes son mayores que uno, implicarían que la contribución de México a las emisiones de CO<sub>2</sub> son mayores que proporcionales a su participación en la producción y población mundial. En ese caso, a México le correspondería un gran esfuerzo para frenar las emisiones, conjuntamente con las de otros países que tienen valores mayores que uno. Por el contrario, si estos cocientes son menores que uno, la contribución de México a las emisiones es menor que su participación en el producto y población mundial. El esfuerzo en la reducción de emisiones le correspondería en primera instancia a los países que tienen coeficientes mayores que uno.

En los cuadros 7 y 8 se observa que todos los coeficientes, con excepción de la comparación de México respecto de los países de la OCDE Europa en el 2002, son menores que uno, lo que implicaría que la contribución de México a las emisiones mundiales está por debajo de su participación en términos de la población y producto mundial.

Sin tomar en consideración lo anterior, vamos a establecer tres metas asociadas al desempeño internacional de las emisiones de CO<sub>2</sub> del periodo 1990-2002 (véase el cuadro 9). La meta máxima se asociaría a que México tenga en el periodo 2005-2030 una tasa de crecimiento cero en las emisiones totales por la combustión de energéticos y que se aproxima al 0.05% de crecimiento anual en las emisiones observado

---

<sup>15</sup> Toma en consideración el PIB real con base 1995 corregido por paridad de poder adquisitivo determinado por la OCDE y asumido por la AIE.

**Cuadro 7.** Coeficientes de participación relativa en la emisión de CO<sub>2</sub>/GDP, PPP

<i>Región</i>	<i>1971</i>	<i>1990</i>	<i>2002</i>
OCDE América del norte	0.293	0.585	0.739
OCDE Europa	0.395	0.835	1.143
OCDE Total	0.354	0.729	0.901
Mundiales	0.353	0.627	0.805

*Fuente:* Elaboración propia con base en AIE (2004b).

**Cuadro 8.** Coeficientes de participación relativa en la emisión de CO<sub>2</sub>/población

<i>Región</i>	<i>1971</i>	<i>1990</i>	<i>2002</i>
OCDE América del norte	0.11	0.23	0.23
OCDE Europa	0.23	0.44	0.48
OCDE Total	0.18	0.33	0.33
Mundiales	0.51	0.89	0.94

*Fuente:* Elaboración propia con base en AIE (2004b).

para los países de la OCDE Europa en el periodo bajo análisis. La meta intermedia se vincularía a que México tuviera una tasa de crecimiento de las emisiones de 1% anual, cercana a 1.08% anual de todos los países de la OCDE. El escenario promedio internacional plantearía una tasa de crecimiento máximo de las emisiones de 1.2% anual, cercano al 1.27% mundial observado de 1990-2002.<sup>16</sup> Los valores de estas metas máximas en miles de toneladas de CO<sub>2</sub> se muestran en el cuadro 9.

#### IV. Políticas básicas para reducir emisiones: brechas y retos

Las políticas oficiales básicas para reducir emisiones de CO<sub>2</sub> se refieren principalmente a:

- Ampliación de la participación de las energías renovables
- Programas para el ahorro y uso eficiente de la energía
- Programa de sustitución de energéticos del sector eléctrico
- Intensificación de la cogeneración de energía

<sup>16</sup> En todos los casos, las tasas propuestas para México son inferiores a las observadas, para eliminar el efecto que tiene este país al elevar los promedios internacionales.

**Cuadro 9.** Metas de emisiones 2005-2030 de acuerdo con estándares internacionales (mton CO<sub>2</sub>)

<i>Años</i>	<i>Máxima</i>	<i>Intermedia</i>	<i>Promedio internacional</i>
2002H	365 150	365 150	365 150
2003	369 989	369 989	369 989
2004	386 269	386 269	386 269
2005	386 269	390 131	390 904
2006	386 269	394 033	395 595
2007	386 269	397 973	400 342
2008	386 269	401 953	405 146
2009	386 269	405 972	410 008
2010	386 269	410 032	414 928
2011	386 269	414 132	419 907
2012	386 269	418 274	424 946
2013	386 269	422 456	430 045
2014	386 269	426 681	435 206
2015	386 269	430 948	440 428
2016	386 269	435 257	445 713
2017	386 269	439 610	451 062
2018	386 269	444 006	456 475
2019	386 269	448 446	461 952
2020	386 269	452 930	467 496
2021	386 269	457 460	473 106
2022	386 269	462 034	478 783
2023	386 269	466 655	484 528
2024	386 269	471 321	490 343
2025	386 269	476 034	496 227
2026	386 269	480 795	502 182
2027	386 269	485 603	508 208
2028	386 269	490 459	514 306
2029	386 269	495 363	520 478
2030	386 269	500 317	526 724

*Fuente:* Elaboración propia con base en información propia y el MOEEMA-3. *Nota:* La información del año 2002 es observada (H), la del 2003 y 2004, estimadas.

El mecanismo más tradicional para la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> consiste en la incorporación de energías renovables, tanto para atender las necesidades de ampliación de la capacidad instalada del sector eléctrico como para sustituir la capacidad actual vinculada al uso de hidrocarburos. La perspectiva del sector eléctrico 2004-2013 incorpora un programa de ampliación en la capacidad instalada de ge-

neración a partir de la energía hidráulica y eólica, omitiendo lo relativo a la energía geotérmica. También soslaya la expansión de las fuentes renovables a cargo del sector privado, en especial de la energía solar y eólica.

En esta sección se considera la ampliación del portafolio de energías renovables que tiene, con base en la información oficial programada. No incluye los proyectos en proceso de evaluación de prefactibilidad, factibilidad y de diseño. La prospectiva del sector eléctrico contempla la instalación de nuevas centrales hidroeléctricas durante el periodo 2004-2013 por 3 185 MW de capacidad (Sener, 2004b, p. 84). En el ejercicio que realizamos a continuación, suponemos que toda esta capacidad de generación hidroeléctrica sustituiría a un número equivalente a la mitad —por diferencias en los factores de planta de ambas tecnologías— de la capacidad de generación de las plantas de generación de vapor que utilizan combustóleo de acuerdo con el calendario oficial.<sup>17</sup> Para el periodo 2014-2030, suponemos una tasa de crecimiento equivalente a la mitad de la proyectada para el periodo 2004-2013: 9.9% anual.<sup>18</sup>

En cuanto a la energía eólica, en la prospectiva del sector eléctrico 2004-2013 (Sener, 2004b, p. 85) se plantea la expansión total de 406 MW de capacidad en el proyecto La Venta II, Oaxaca, en los años 2006, 2010, 2011 y 2013. Al igual que en el caso de la energía hidráulica, estamos planteando la sustitución de esta tecnología en lugar de las plantas de vapor que utilizan combustóleo. Si bien existen proyectos geotérmicos bajo estudio en la CFE para los estados de Baja California, Jalisco y Puebla (Sener, 2004b, p. 85), no se ha programado oficialmente expansión alguna en los mismos para el periodo 2004-2013. Las fuentes renovables a cargo del sector privado no se incorporan en las proyecciones de los documentos oficiales de la Secretaría de Energía.

Los programas para el ahorro y uso eficiente de energía tienden ante todo a reducir la demanda de energía eléctrica y, por tanto, las necesidades de expansión del sistema de generación eléctrica. Sólo en casos específicos reducen la demanda de otros energéticos secundarios. Nuestras simulaciones consideran las proyecciones oficiales hasta el 2013 y de ahí una tasa de crecimiento equivalente a la mitad de la anterior hasta el año 2030.<sup>19</sup> Los subprogramas que reducirían las

---

<sup>17</sup> En el caso de las sujetas a estudio las distribuimos aleatoriamente.

<sup>18</sup> Esto asociado a la menor tasa de crecimiento del PIB real.

<sup>19</sup> Se considera que la tasa de crecimiento proyectada entre 2005-2013: 7.7% anual se extrapola a la mitad: 3.9% anual para el periodo 2014-2030.

necesidades de ampliación del sector eléctrico son: aplicación de las normas oficiales mexicanas (Nom), programas en instalaciones, sector agropecuario, horario de verano, incentivos del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (Fide), sector doméstico e inmuebles de la administración pública federal (APF).

El tercer programa se refiere a la sustitución de energéticos en el sector eléctrico que consta de dos componentes: la sustitución de las plantas de vapor que utilizan combustóleo por gas natural, donde el gobierno mexicano está programando eliminar una capacidad de generación por 3 819 MW y, en segundo término, a fincar la expansión del sistema eléctrico en la ampliación de la capacidad de las plantas de ciclo combinado que utilizan gas natural en lugar de combustóleo y otros energéticos más contaminantes. En este último caso, vamos a suponer como ahorros la diferencia de las emisiones entre ampliar la capacidad instalada de combustóleo respecto a gas natural por 12 757 MW. No asumiremos supuesto alguno en relación con la capacidad instalada que todavía continúa libre ni que se pudiera intensificar para el periodo 2014-2030, más de lo realizado hasta el 2013.

El cuarto programa se refiere a la promoción de la cogeneración. Ésta se define como la producción de energía eléctrica conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria o ambas; la producción directa o indirecta de energía eléctrica a partir de energía térmica no aprovechada en los procesos productivos; o la producción directa o indirecta de energía eléctrica utilizando combustibles producidos en los procesos productivos (Sener, 2004b, pp. 91-92). En 1995, la Comisión Nacional para el Ahorro de la Energía (Conae) elaboró un estudio sobre el Potencial nacional de cogeneración (Conae, 1995), con el fin de determinar el potencial teórico de la cogeneración aprovechable en los sectores industrial, comercial y petroquímico de Pemex. Posteriormente, en 1997 se adicionó el potencial de cogeneración que representa Pemex Refinación. Con base en este estudio, se estimó que el potencial teórico nacional de cogeneración se ubica entre 8 360 y 15 670 MW, dependiendo de la forma en que se obtenga la energía útil para el proceso de cada industria o comercio. De éste, la Conae determina un potencial económicamente rentable, que oscila entre los 3 000 y los 5 500 MW (Jáuregui, 2004, p. 11-13).

Jáuregui (2004, p. 13) muestra una estimación que él denomina como de alta probabilidad para el desarrollo de estos sistemas al año 2013, tomando como base los permisos de cogeneración otorgados por la Comisión Reguladora de Energía (CRE) hasta junio del 2004. Para

el periodo 2014-2030 se supone la mitad de la tasa de crecimiento que la proyectada entre 2005-2013: 4.7% anual. Este autor presenta la estimación del ahorro de gas natural resultado de este ejercicio. Se contempla que para finales de 2013, estén instalados alrededor de 2 909 MW en sistemas de cogeneración, con lo que se generarían alrededor de 16 337 GWh/año y se ahorraría el equivalente a 236 mmpcd de gas natural que implicarían menores emisiones de CO<sub>2</sub> entre 622 y 1 266 miles de toneladas anuales.

En el cuadro 10 se observan las estimaciones de reducción de las emisiones de los cuatro programas antes mencionados que totalizan 64 332 y 111 321 miles de toneladas de CO<sub>2</sub> en el 2013 y 2030, respectivamente. En orden de importancia, las políticas que permiten mayores emisiones evitadas son las de ahorro y uso eficiente de energía, la sustitución de energéticos y el programa hidroeléctrico, seguidos por el de cogeneración de energía y el eólico. En el primer año de la proyección, todas estas políticas permitirían generar ahorros por 20 176 miles de toneladas de CO<sub>2</sub>, de los cuales 75% se explicaría por los programas de ahorro y uso eficiente de la energía. En virtud de los elevados resultados en los ahorros de emisiones por los programas de ahorro y uso eficiente de energía, establecemos también otro escenario donde sólo se obtiene la mitad de los ahorros propuestos por los ejecutores de estas últimas políticas.

La evaluación de la capacidad de estas políticas para eliminar la diferencia entre el escenario base de emisiones de CO<sub>2</sub>, mostrado en la sección II de este documento, y las metas de emisiones máximas (parámetros europeos sin crecimiento), intermedias (promedio de los países de la OCDE con crecimiento de 1% anual) y promedio internacional (1.2% de crecimiento anual) de la sección III del artículo se presentan en el cuadro 11. Los programas oficiales actuales no permitirían alcanzar las metas de crecimiento cero en las emisiones, con excepción del primer año en el caso que sólo se logre ahorrar la mitad de las emisiones de los programas de ahorro y uso eficiente de energía. Las políticas para el futuro previstas actualmente sólo permitirían hacer frente a la mitad de las brechas hasta el 2016 en el caso de las metas de emisiones intermedias y hasta el 2018 en el caso de los promedios de emisiones internacionales. Cuando sólo se logran la mitad de los ahorros de los programas de ahorro y uso eficiente de la energía, las políticas sólo permiten cubrir las metas hasta el 2013, en el caso intermedio, y 2015 en las metas promedio internacional.

**Cuadro 10.** Resultado de políticas “oficiales” para reducir emisiones de CO<sub>2</sub>, 2005-2030 (mton CO<sub>2</sub>)

Años	Energías renovables	Ahorro y uso eficiente de energía	Retiro		Cogeneración energía eléctrica	Total
			combustóleo y adición combinado	ciclo		
2005	1 484	15 556	2 514		622	20 176
2006	1 644	16 935	6 568		654	25 801
2007	2 831	18 348	8 672		654	30 505
2008	2 831	19 819	11 169		654	34 473
2009	2 831	21 356	14 869		654	39 710
2010	2 991	22 957	18 788		654	45 390
2011	4 577	24 595	22 245	1 110		52 527
2012	5 528	26 269	24 518	1 266		57 581
2013	5 688	28 114	29 264	1 266		64 332
2014	6 189	29 196	29 264	1 324		65 974
2015	6 740	30 320	29 264	1 386		67 711
2016	7 346	31 488	29 264	1 450		69 548
2017	8 012	32 700	29 264	1 518		71 494
2018	8 744	33 959	29 264	1 589		73 556
2019	9 549	35 266	29 264	1 662		75 742
2020	10 433	36 624	29 264	1 740		78 061
2021	11 406	38 034	29 264	1 821		80 525
2022	12 475	39 499	29 264	1 905		83 143
2023	13 650	41 019	29 264	1 994		85 927
2024	14 942	42 598	29 264	2 087		88 891
2025	16 362	44 239	29 264	2 184		92 048
2026	17 923	45 942	29 264	2 285		95 414
2027	19 640	47 710	29 264	2 391		99 006
2028	21 526	49 547	29 264	2 503		102 840
2029	23 600	51 455	29 264	2 619		106 938
2030	25 880	53 436	29 264	2 741		111 321
<i>Total</i>	<i>264 822</i>	<i>876 983</i>	<i>636 095</i>	<i>40 733</i>		<i>1 818 633</i>

*Fuente:* Elaboración propia con base en Sener (2004b) y MOEEMA-3.

En la figura 3 se muestran las brechas acumuladas 2005-2030 en miles de toneladas de CO<sub>2</sub> que habría que reducir a través de otras políticas complementarias a las previstas actualmente. Con tasas de crecimiento del producto del 3, 3.5, 4, 4.5 y 5% promedio anual, para el periodo bajo análisis, no es posible cumplir plenamente con algunos de los tres estándares internacionales que hemos establecido. Cuando el crecimiento promedio anual es de 2.5%, podríamos cumplir, con las

**Cuadro 11.** Brechas pendientes por reducir de emisiones de CO<sub>2</sub>, 2005-2030 (mton CO<sub>2</sub>)

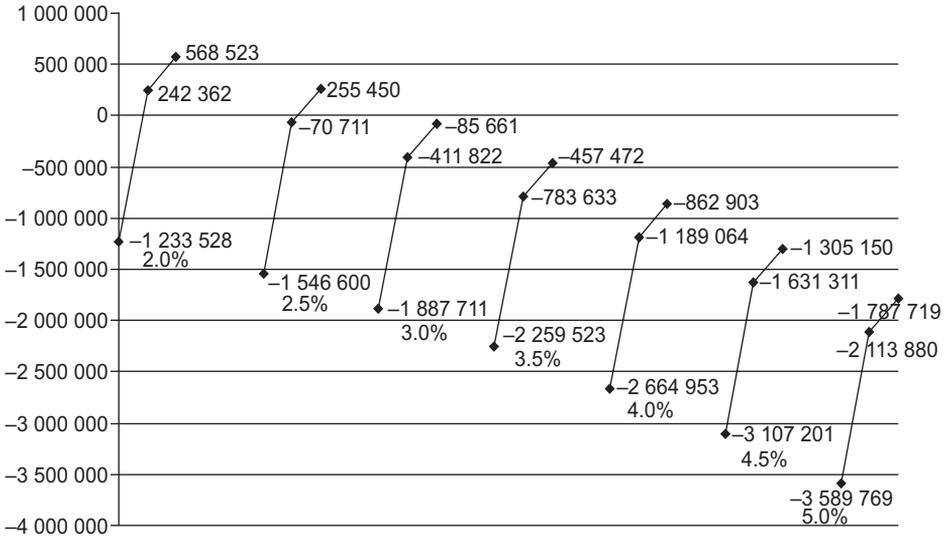
Año	Políticas "oficiales"			Efectividad media de los programas para ahorro y uso eficiente de la energía		
	Con meta máxima	Con meta intermedia	Con meta promedio internacional	Con meta máxima	Con meta intermedia	Con meta promedio internacional
	2005	-11 582	-15 445	-16 218	-3 804	-7 667
2006	-8 413	-16 177	-17 739	55	-7 709	-9 271
2007	-4 115	-15 819	-18 188	5 059	-6 645	-9 014
2008	1 131	-14 553	-17 746	11 041	-4 644	-7 837
2009	5 325	-14 379	-18 414	16 003	-3 701	-7 736
2010	9 299	-14 465	-19 361	20 777	-2 986	-7 882
2011	12 044	-15 820	-21 594	24 341	-3 522	-9 297
2012	17 107	-14 898	-21 571	30 241	-1 764	-8 436
2013	20 712	-15 476	-23 065	34 769	-1 419	-9 008
2014	29 671	-10 741	-19 266	44 269	3 857	-4 668
2015	38 788	-5 891	-15 371	53 948	9 269	-211
2016	48 063	-926	-11 382	63 807	14 818	4 362
2017	57 494	4 153	-7 299	73 844	20 503	9 051
2018	67 081	9 344	-3 125	84 061	26 324	13 855
2019	76 822	14 645	1 139	94 455	32 278	18 772
2020	86 715	20 053	5 488	105 027	38 365	23 800
2021	96 756	25 565	9 919	115 773	44 582	28 936
2022	106 943	31 177	14 429	126 692	50 927	34 178
2023	117 271	36 885	19 011	137 780	57 394	39 521
2024	127 735	42 682	23 661	149 034	63 981	44 960
2025	138 328	48 563	28 370	160 448	70 682	50 490
2026	149 045	54 519	33 132	172 016	77 490	56 103
2027	159 877	60 543	37 938	183 732	84 398	61 793
2028	170 813	66 623	42 776	195 587	91 397	67 549
2029	181 844	72 750	47 635	207 572	98 477	73 362
2030	192 957	78 909	52 502	219 675	105 627	79 220
<i>Total</i>	<i>1 887 711</i>	<i>411 821</i>	<i>85 661</i>	<i>2 326 202</i>	<i>850 312</i>	<i>524 152</i>

*Fuente:* Elaboración propia con base en MOEEMA-3. *Nota:* Los números positivos son brechas, mientras que los negativos son superávit.

políticas previstas,<sup>20</sup> el estándar promedio internacional (1.2% de crecimiento en las emisiones). Si se implantan las políticas previstas y el crecimiento mexicano es de 2% promedio anual, se podría obtener una tasa promedio de crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> de 1% anual. Con

<sup>20</sup> Suponemos alcanzar el 100% de los ahorros propuestos en los programas de ahorro y uso eficiente de la energía.

**Figura 3.** Grado de cumplimiento de las metas por reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> (mton CO<sub>2</sub> acumuladas, 2005-2030)



Fuente: Elaboración propia con base en MOEEMA-3.

el portafolio actual de políticas para reducir emisiones, es imposible alcanzar una tasa de crecimiento cero en las emisiones de CO<sub>2</sub> por combustión de energéticos similar al estándar europeo.

La insuficiencia de las políticas “oficiales” para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> es clara, ya que permanecen importantes brechas por cubrir, más aún si se acelera el crecimiento económico. En primer lugar, se deben aprovechar, para transformarlos en una realidad, todos los estudios de diseño, pre o factibilidad relativos a tecnologías que reduzcan emisiones. La prospectiva del sector eléctrico nos señala un potencial hidroeléctrico por ampliar de 6 754 MW y un geotérmico de 200 MW (Sener, 2004b, pp. 84-85). En los balances nacionales de energía 2002 y 2003 de la Secretaría de Energía se publicaron documentos de investigación relativos al inventario nacional de energías renovables y al potencial de capacidad y generación de energía eólica, geotérmica y minihidráulica en México que pueden ser útiles para dimensionar el potencial global por tecnología y para identificar proyectos específicos. Las energías renovables privadas, especialmente solar y eólica, han mostrado en los últimos años un significativo crecimiento superior a 20% anual, pero faltan apoyos que se podrían concretar si se promulga e implanta adecuadamente la Iniciativa de Ley para el Aprovecha-

miento de las Fuentes Renovables de Energía propuesta a la Cámara de Diputados el 19 de abril de 2005.<sup>21</sup>

Los crecientes problemas en relación con los hidrocarburos y en especial con el gas natural, el mejor desempeño, los menores costos de operación y montos de inversión cada vez menores en el caso de la energía nuclear están conduciendo a considerarla como la opción energética global para el siglo XXI (Colvin, 2004, pp. 1, 3). La industria nuclear estadounidense prevé en su plan al 2020 instalar 50 000 MW de nueva capacidad nuclear como un factor crítico para evitar el incremento de los GEI (Colvin, 2004, p. 5). Otros países como Brasil, China, Corea del Sur e India están intensificando acciones en cuanto a sus programas de generación eléctrica a partir de la energía nuclear.

A nivel nacional, Gómez (2004, pp. 1, 9) y el autor (Alarco, 2005a, p. 43) plantean la necesidad de retomar el programa nuclear para la generación eléctrica. Gómez señala que la opción nuclear es real por su accesibilidad, disponibilidad, aceptabilidad y competitividad, frente a los precios elevados y volátiles de los hidrocarburos, especialmente del gas natural.<sup>22</sup> Alarco plantea que sustituir plantas de ciclo combinado por seis plantas nucleares ( $2 \times 953$  MW) entre el 2010 y el 2015 implicarían en ese periodo casi 116.6 millones de toneladas menos de CO<sub>2</sub>, una mayor inversión de US\$ 10 292 millones, menores costos de generación eléctrica acumulados por US\$ 2 490 millones y un mayor componente nacional de la inversión por US\$ 7 249 millones (Alarco, 2005a, p. 39).

El desarrollo intenso de los biocombustibles no sólo permite reducir emisiones de CO<sub>2</sub> y de otros gases, sino que promueve la articulación del sector energético con el agropecuario al exigir, como en la mayoría de las entidades de Estados Unidos, una participación de 10 o 15% de estas fuentes en las gasolinas convencionales (E90 o E85, respectivamente), o el uso de biodiesel a partir de biomasa (véase Gielen y Unander, 2005). Las posibilidades de venta de menores emisiones de carbono a cargo de comunidades rurales es otra opción de vinculación entre estos sectores. La mejora del manejo forestal a través de intensos programas de reforestación y agroforestería es una alternativa interesante para potenciar la captura de emisiones y que puede ser negociada a nivel internacional.

---

<sup>21</sup> Iniciativa de Ley propuesta por el diputado Cuahtémoc Ochoa F., documento 19-4-2005, p. 11.

<sup>22</sup> Con fecha 8 de diciembre de 2005, se publicó que la CFE prevé en su programa de expansión del sector eléctrico al 2014 la necesidad de repotenciar el uso de la energía nuclear (periódico *Reforma*).

No vamos a realizar un recuento de proponentes y políticas para reducir y capturar emisiones de CO<sub>2</sub> ya que la lista es muy numerosa. Simplemente comentaremos que el diseño e implantación de programas sectoriales para reducir las intensidades energéticas es un campo todavía virgen, incluido el sector transporte. El potencial de aprovechamiento energético de residuos industriales y de biomasa es amplio y existe todo un conjunto de mecanismos de mercado como la venta e intercambio de emisiones que recién se inicia.

### **Algunas reflexiones finales**

Los efectos del cambio climático como resultado de los GEI pueden ser todavía para algunos, no la mayoría, una cuestión científica bajo discusión. Sin embargo, los efectos de la elevación de temperaturas, la destrucción de áreas boscosas-agrícolas y ganaderas, el derretimiento de las capas de hielo de los polos y glaciares, el aumento del nivel del mar, la erosión de costas, el cambio en el régimen de lluvias, la desertificación, los cambios bruscos en el clima y en las condiciones atmosféricas que pueden afectar a la flora, fauna y a la vida humana son un asunto actual que, además, genera preocupación general.

Aun cuando México no ha comprometido metas cuantitativas específicas en relación con las emisiones de GEI, no puede ser ajeno, en la medida de sus posibilidades, a la reducción y captura de éstas. De acuerdo con este artículo, queda claro que las políticas “oficiales” no son suficientes para hacer frente a las emisiones de uno de los gases que hemos analizado. Las emisiones de CO<sub>2</sub> por combustión de energéticos no pueden ser acotadas, cuando el promedio de la tasa de crecimiento económico es de 3% anual, a metas relativas a alcanzar el crecimiento promedio internacional en las emisiones: 1.2% anual, menos al promedio de los países miembros de la OCDE: 1% de crecimiento anual o de los europeos: 0% anual.

Sólo se podrían alcanzar tasas de crecimiento en las emisiones de CO<sub>2</sub> por la combustión de energéticos de 1.2% y 1% de crecimiento promedio anual si se implantan, siendo plenamente efectivas, todas las políticas “oficiales” y el crecimiento de la economía mexicana fuera en el periodo 2005-2030 menor a 3% y más cercano a 2% anual. Obviamente, estas tasas de crecimiento constituyen una premisa no deseable. Cuando el crecimiento económico es mayor a 3% anual, ensayándose aquí tasas de 3.5, 4, 4.5 y 5% promedio anual, obviamente no se

puede cumplir con las propuestas de crecimiento en las emisiones de acuerdo con estándares internacionales. La alternativa de mantenerlas constantes a lo largo de todo el periodo bajo análisis parece ser una meta inalcanzable.

Las políticas en curso destinadas a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> por la combustión de energéticos son insuficientes y en tal dirección resulta imprescindible profundizar algunas de éstas como la incorporación de más energías renovables y multiplicar la nucleoeenergía, sustituyendo parcialmente la equivocada política de expansión de capacidad de generación eléctrica con plantas de ciclo combinado que utilizan gas natural y atendiendo las demandas del futuro. El abanico de opciones tecnológicas es muy grande. Se trata de evaluar cuál es el conjunto ideal de tecnologías que permite minimizar los costos de la energía para las familias y el aparato productivo, satisfaciendo las metas de emisiones al menor costo e inversiones directas e indirectas (análisis integral del sector energético) en un horizonte de mediano-largo plazo, aprovechando la dotación de recursos energéticos existentes. Esta actividad es imperiosa, pero no corresponde a los alcances de este documento.

## Referencias bibliográficas

AIE, véase International Energy Agency.

Alarco, G. (2005a), "Inversión necesaria para la reducción de emisiones con crecimiento y redistribución del ingreso 2005-2015", presentación en el Taller de Modelación Económica y ambiental México-Estados Unidos, Centro Mario Molina, Ciudad de México, 11-12 de julio.

——— (2005b), "Escenarios de expansión eléctrica para México 2005-2015 con redistribución del ingreso y emisiones de CO<sub>2</sub>", *Problemas del Desarrollo*, vol. 36, núm. 142, julio-septiembre, pp. 145-169.

——— (2006), "Crecimiento económico y evolución del precio del petróleo crudo en México 1975-2004", *Comercio Exterior*, Bancomext, vol. 56, núm. 9, octubre (en prensa).

Alonso, A. y M. Pernudi (2005), *Penetración de las fuentes renovables de energía en México. Grupo de enfoque para determinar los parámetros exógenos del modelo de simulación LEAP*, Analítica Consultores, México.

Colvin, J. (2004), "Nuclear Energy: The Global Choice for the 21<sup>st</sup> Cen-

- turey”, documento presentado en el 19<sup>th</sup> World Energy Congress, World Energy Council, Sydney, Australia, 5-9 de septiembre.
- Consejo Mundial de Energía (2004), *Reflexiones sobre la dinámica de los mercados de petróleo y gas natural*, febrero.
- Departamento de Energía, véase Energy Information Administration. Energy Information Administration, U.S. Department of Energy (EIA-DOE) (2004), *International energy outlook 2004*, abril.
- ExxonMobil (2004a), *Economic and Energy Outlook through 2020*, disponible en: [www.exxonmobil.com](http://www.exxonmobil.com)
- (2004b), *The Outlook for Energy: A 2030 View*, presentación PPT, disponible en: [www.exxonmobil.com](http://www.exxonmobil.com)
- Fardoust, S. y A. Dhareshwar (1990), *Long Term Outlook for the World Economy*, Working Paper 372, The World Bank, International Economics Department.
- Fondo Monetario Internacional (FMI), véase International Monetary Fund (IMF).
- Galindo, L.M. (2004), “El cambio climático global y la economía mexicana”, en Julia Martínez y Adrián Fernández (comps.), *Cambio climático: una visión desde México*, México, Semarnat-INE, pp. 338-352.
- Gielen, D. y F. Unander (2005), *Alternative Fuels: An Energy Technology Perspective*, Working Paper, IEA/ETO.
- Gómez, A. (2004), “Nuclear Energy, An Option to Diversify the Production of Electricity in Mexico”, documento presentado en el 19<sup>th</sup> World Energy Congress, World Energy Council, Sydney, Australia, 5-9 de septiembre.
- Heil, M. y Q. Wodon (1999), *Future Inequality in Carbon Dioxide Emissions and the Projected Impact of Abatement Proposals*, Working Paper 2084, The World Bank.
- Ibarrarán, M.E. (2004), “Modelación del impacto económico de la mitigación de emisiones de GEI”, en Julia Martínez y Adrián Fernández (comps.), *Cambio climático: una visión desde México*, México, Semarnat-INE, pp. 456-466.
- International Energy Agency (2000), *Energy Balances of OECD Countries, 1997-1998*, OECD.
- (2004a), *Key World Energy Statistics from the IEA*, OECD.
- (2004b), *CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion, Highlights 1971-2002*, OECD.
- (2004c), *World Energy Outlook 2004*, París, OECD/IEA.
- International Monetary Fund (2005), *World Economic Outlook April 2005*, IMF, disponible en [www.imf.org](http://www.imf.org).

- Jáuregui, I. (2004), *Ahorro de energía y energía renovable*, documento inédito.
- Kobayashi, K. (2004), “Forecasting Supply and Demand up to 2030”, presentación de la International Energy Agency.
- Martínez, J. y A. Fernández (comps.) (2004), *Cambio climático: una visión desde México*, Semarnat-INE, México.
- Masera, O. y C. Sheinbaum (2004), “Mitigación de emisiones de carbono y prioridades de desarrollo nacional”, en Julia Martínez y Adrián Fernández (comps.), *Cambio climático: una visión desde México*, México, Semarnat-INE, pp. 355-368.
- Naciones Unidas (1997), *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*, disponible en <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
- Quintanilla, J. (2004), “Escenarios de emisiones futuras en el sistema energético mexicano”, en Julia Martínez y Adrián Fernández (comps.), *Cambio climático: una visión desde México*, México, Semarnat-INE, pp. 391-410.
- Ruiz, L. y X. Cruz (2004), “Los gases de efecto invernadero y sus emisiones en México”, en Julia Martínez y Adrián Fernández (comps.), *Cambio climático: una visión desde México*, México, Semarnat-INE, pp. 109-121.
- Secretaría de Energía (2004a), *Balance nacional de energía 2003*, Sener, México.
- (2004b), *Prospectiva del sector eléctrico, 2004-2013*, Sener, México.
- (2004c), *Prospectiva del mercado de gas natural, 2004-2013*, Sener, México.
- Van Hulst, N. (2004), “Oil and Gas Investment Outlook”, *BEA Workshop Oil & Gas Market Outlook*, Londres, febrero.

**Anexo 1.** Anexo estadístico para las regresiones del producto interno bruto, Estados Unidos y México, 1930-2004

<i>Año</i>	<i>PIBMX</i>	<i>PIBEUA</i>	<i>OIL</i>	<i>VOIL</i>	<i>IF</i>	<i>TIR</i>	<i>Dummy</i>
1929	305 560	865.2	13.73	–	–	–	–
1930	285 523	790.7	13.20	–0.534	1.206	6.975	0
1931	295 541	739.9	7.91	–5.289	1.114	13.915	1
1932	251 711	643.7	11.80	3.889	1.110	16.574	1
1933	279 261	635.5	9.57	–2.222	0.978	5.385	1
1934	298 046	704.2	13.82	4.242	1.018	–3.846	0
1935	320 587	766.9	13.08	–0.737	0.943	–0.471	0
1936	346 885	866.6	14.54	1.464	1.033	0.324	0
1937	358 156	911.1	15.19	0.652	0.911	–2.860	0
1938	363 165	879.7	14.84	–0.353	1.116	4.088	1
1939	383 202	950.7	13.58	–1.261	1.006	1.930	0
1940	388 211	1 034.1	13.45	–0.128	0.945	–0.107	0
1941	425 780	1 211.1	14.32	0.865	1.420	–5.333	0
1942	450 826	1 435.4	13.49	–0.823	1.986	–6.321	0
1943	467 105	1 670.9	12.83	–0.662	1.278	–4.156	0
1944	504 674	1 806.5	12.73	–0.107	1.041	–1.336	0
1945	520 954	1 786.3	10.79	–1.934	0.883	–1.607	1
1946	554 766	1 589.4	10.61	–0.182	0.387	–9.810	1
1947	574 803	1 574.5	15.73	5.118	0.858	–9.920	1
1948	597 344	1 643.2	15.28	–0.449	1.028	–4.062	0
1949	631 156	1 634.6	13.80	–1.474	1.125	1.686	1
1950	692 518	1 777.3	13.13	–0.673	0.921	0.496	0
1951	746 367	1 915.0	12.17	–0.962	1.267	–5.068	0
1952	776 422	1 988.3	11.90	–0.267	1.159	0.043	0
1953	778 926	2 079.5	13.33	1.432	1.024	0.736	0
1954	856 569	2 065.4	13.27	–0.064	0.938	0.643	1
1955	929 201	2 212.8	13.32	0.053	0.899	0.010	0
1956	993 068	2 255.8	13.12	–0.203	0.981	–0.708	0
1957	1 068 206	2 301.1	12.47	–0.652	1.024	–0.203	0
1958	1 124 569	2 279.2	13.30	0.833	1.042	–0.710	1
1959	1 158 371	2 441.3	13.20	–0.107	0.965	2.051	0
1960	1 252 293	2 501.8	11.86	–1.336	0.977	1.789	0
1961	1 306 383	2 560.0	11.12	–0.737	1.026	0.817	0
1962	1 364 631	2 715.2	10.99	–0.128	1.001	1.328	0
1963	1 467 553	2 834.0	10.86	–0.139	0.983	2.098	0
1964	1 629 151	2 998.6	10.72	–0.139	0.966	1.937	0
1965	1 729 324	3 191.1	10.55	–0.171	0.968	2.203	0
1966	1 834 746	3 399.1	10.23	–0.321	1.021	2.198	0
1967	1 942 169	3 484.6	9.96	–0.267	1.050	1.093	0
1968	2 125 185	3 652.7	9.56	–0.395	0.984	1.337	0
1969	2 197 837	3 765.4	9.07	–0.491	0.968	3.097	0
1970	2 340 751	3 771.9	8.56	–0.513	0.974	1.783	0
1971	2 428 821	3 898.6	10.23	1.667	0.946	–0.318	0

### Anexo 1 (conclusión). Anexo estadístico para las regresiones del producto interno bruto, Estados Unidos y México, 1930-2004

<i>Año</i>	<i>PIBMX</i>	<i>PIBEUA</i>	<i>OIL</i>	<i>VOIL</i>	<i>IF</i>	<i>TIR</i>	<i>Dummy</i>
1972	2 628 684	4 105.0	10.96	0.737	0.943	0.094	0
1973	2 835 328	4 341.5	13.68	2.714	0.942	2.994	0
1974	2 999 120	4 319.6	43.38	29.703	1.030	1.354	1
1975	3 171 404	4 311.2	39.59	-3.793	1.025	-3.301	1
1976	3 311 499	4 540.9	40.17	0.588	0.954	-0.689	0
1977	3 423 780	4 750.5	40.53	0.353	0.966	-0.766	0
1978	3 730 446	5 015.0	38.51	-2.019	0.975	0.850	0
1979	4 092 231	5 173.4	76.40	37.888	0.988	2.692	0
1980	4 470 077	5 161.7	79.99	3.590	1.022	3.923	0
1981	4 862 219	5 291.7	69.59	-10.396	0.984	6.395	0
1982	4 831 689	5 189.3	60.72	-8.868	1.038	5.787	1
1983	4 628 937	5 423.8	53.30	-7.426	0.992	4.938	0
1984	4 796 050	5 813.6	49.78	-3.515	0.964	6.241	0
1985	4 920 430	6 053.7	47.18	-2.596	1.027	4.907	0
1986	4 735 721	6 263.6	24.14	-23.047	1.025	4.499	0
1987	4 823 604	6 475.1	29.83	5.695	0.991	3.824	0
1988	4 883 679	6 742.7	23.27	-6.560	0.973	4.020	0
1989	5 088 710	6 981.4	27.02	3.750	0.991	5.229	0
1990	5 346 622	7 112.5	33.54	6.518	1.013	4.082	0
1991	5 572 369	7 100.5	27.11	-6.432	1.013	2.119	1
1992	5 774 572	7 336.6	25.41	-1.699	0.973	1.194	0
1993	5 887 206	7 532.7	21.74	-3.665	0.965	0.694	0
1994	6 147 145	7 835.5	19.84	-1.902	0.961	2.041	0
1995	5 768 051	8 031.7	20.75	0.908	0.981	3.707	0
1996	6 065 297	8 328.9	24.43	3.676	0.974	3.341	0
1997	6 476 037	8 703.5	22.14	-2.287	0.975	3.735	0
1998	6 801 806	9 066.9	14.80	-7.340	0.978	4.194	0
1999	7 057 340	9 470.3	20.16	5.364	0.994	3.472	0
2000	7 522 488	9 817.0	30.96	10.802	0.985	3.975	0
2001	7 520 018	9 890.7	25.75	-5.219	1.026	1.446	0
2002	7 578 069	10 074.8	25.77	0.024	1.025	0.017	0
2003	7 687 126	10 381.3	28.83	3.061	0.997	-0.689	0
2004	8 022 285	10 841.9	37.49	8.660	0.976	-0.747	0

*Fuentes:* Bureau of Economic Analysis BEA, BP Statistical Review of World Energy 2004 e INEGI. *PIBMX:* Producto interno bruto de México, miles de pesos a precios de 1993. *PIBEUA:* Producto interno bruto de Estados Unidos, billones de dólares a precios de 2002. *OIL:* Precios reales del petróleo crudo a precios de 2003. *VOIL:* Variación absoluta del precio real del petróleo. *IF:* Impulso fiscal en Estados Unidos, como el cociente de la tasa de crecimiento del consumo e inversión pública entre la tasa de crecimiento del PIB real para cada año. *TIR:* Tasa de interés real, se utiliza la tasa de los fondos federales FED y el deflactor del PIB estadounidense. *Dummy:* Captura los periodos de crisis en Estados Unidos.