

PRODUCCIÓN CONJUNTA DE BIENES Y EMISIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO: UNA EVALUACIÓN EMPÍRICA CON APLICACIÓN AL CASO DE MÉXICO

ADALMIR MARQUETTI*
GABRIEL MENDOZA PICHARDO**

El presente capítulo es una continuación del análisis que iniciamos hace unos años sobre la relación de la producción de un “producto bueno” (el producto interno bruto) y la generación, como un subproducto inevitable, de un “producto malo” (los gases de efecto invernadero, aquí ejemplificado con el principal de ellos, el dióxido de carbono).¹ En este trabajo nos seguimos concentrando en la importancia de la producción de un “producto malo” durante la producción del “producto bueno”. La novedad con respecto a los dos trabajos citados es que se trabaja con la base de datos *Extended Penn World Tables 6.0* (EPWT v. 6.0), compilada por Adalmir Marquetti, quien ha actualizado el periodo de los datos al año 2014 y ha incorporado una variable de consumo de energía, lo que permite actualizar el análisis al periodo 1980-2014 para un conjunto amplio de países y añadir el insumo energía a los insumos trabajo y capital en la producción conjunta de los productos bueno y malo. La incorporación del insumo “energía” fue una de las líneas de trabajo futuro que sugerimos en los artículos citados.

Como habíamos señalado, al producir y consumir bienes y servicios útiles, las sociedades humanas generan subproductos no deseados, diversos contaminantes que resultan de los residuos de materias primas y de pro-

* Departamento de Economía, PUCRS, Brasil.

** Facultad de Economía, UNAM. El coautor contó con el apoyo del proyecto IN306915 “Patrones de cambio técnico en la etapa del capitalismo global (1980-2014)” PAPIIT-DGAPA-UNAM.

¹ Marquetti, Adalmir y Gabriel Mendoza Pichardo, “Patrones de crecimiento y cambio técnico en la producción de un producto bueno y otro malo”, *Investigación Económica*, vol. LXXII, núm. 284, abril-junio, 2013, pp. 57-82 y Marquetti, Adalmir y Gabriel Mendoza Pichardo, “Producción de bienes y emisión de dióxido de carbono (CO₂)”, Calva, José Luis (coordinador), *Análisis estratégico para el desarrollo*, vol. 14. *Cambio climático y políticas de desarrollo sustentable*, Juan Pablos Editor, Primera Edición, 2012, pp. 97-110.

ductos de uso final, del desecho de todo tipo de empaques y contenedores y de la generación de diversos gases producidos durante la quema de combustibles y en los procesos de fermentación. La actividad humana genera una serie de gases, de origen antropogénico como el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso, que producen el llamado efecto invernadero y el calentamiento del planeta. El dióxido de carbono (CO_2), generado por la quema de combustibles fósiles, es el principal causante del efecto invernadero² y constituye el producto malo de nuestro análisis.

Nuestro objetivo es el de establecer las regularidades de la evolución de los productos bueno y malo, del movimiento de sus productividades y de la intensidad en el uso de los insumos de la producción durante el periodo de estudio. Seguimos la tradición iniciada por Nicholas Kaldor a mediados del siglo XX,³ quien argumentaba que la teoría debería explicar las regularidades del crecimiento económico, añadiendo ahora a esas regularidades las de la producción del “producto malo”. Cabe señalar que mientras algunas de las regularidades postuladas por Kaldor para el “producto bueno” se sostienen teórica y empíricamente durante periodos largos de tiempo, especialmente para los países desarrollados, otras de ellas están en contradicción con la evolución de las economías en periodos y países específicos y/o concuerdan con los desarrollos de Carlos Marx, especialmente con su modelo de cambio técnico sesgado.⁴

El análisis aquí realizado es una contribución al entendimiento de las complejas causas del efecto negativo de las actividades humanas sobre el medio ambiente. Estudios detallados de la evolución de las emisiones por países deberán tomar en cuenta la evolución de sus estructuras económicas, con datos más desglosados de los insumos utilizados y los productos buenos y malos producidos, y de sus relaciones comerciales, para determinar importaciones y exportaciones de emisiones.⁵

² Stern, Nicholas. *El informe Stern: la verdad del cambio climático*, Editorial Paidós, España, 2007. En inglés puede consultarse en Stern, N. et al. 2006. *The Stern Review of the Economics of Climate Change* en <http://www.hm-treasury.gov.uk>.

³ Kaldor, Nicholas. “Capital Accumulation and Economic Growth” en Lutz, Friedrich. *The theory of capital*, London: Macmillan, 1961, pp. 177-222.

⁴ Duncan Foley y Thomas Michl usan la expresión “cambio técnico sesgado” para caracterizar el tipo de crecimiento económico que produce el modelo de Marx. Ver Foley, Duncan K. y Thomas R. Michl. *Growth and Distribution*. Harvard University Press, Cambridge, MA, 1999. Más abajo definimos este cambio técnico.

⁵ Dos trabajos recientes, que utilizan enfoques distintos al nuestro concluyen que el crecimiento económico ha sido la principal causa del aumento de las emisiones de CO_2 , con el cambio técnico jugando un papel contrarrestante. Véase de Vries, Gaaitzen J. y Benno Ferrarini. “What Accounts for the Growth of Carbon Dioxide Emissions in Advanced and Emerging Economies? The Role of Consumption, Technology and Global Supply Chain Participation”. *Ecological Economics* 132 (2017), pp. 213–223. Zhang, Xing-Ping, JingZhang y Qin-LiangTan. “De-

El trabajo está organizado del siguiente modo. En la sección I reelaboramos el modelo elemental de producción: a partir de los insumos trabajo, capital y energía, a los que se considera homogéneos, se producen los productos bueno (el Producto Interno Bruto, PIB) y el producto malo (el dióxido de carbono, CO_2). El modelo corresponde al tipo de modelos de producción conjunta. Estos modelos son ampliamente conocidos en la literatura económica, y ya han sido utilizados para analizar la producción simultánea de productos buenos y de productos dañinos para el medio ambiente⁶ Para el “producto malo” el proceso económico no fija un precio (positivo o negativo) para su productor, pero el conjunto de la sociedad debe hacer frente a las consecuencias del mismo. El gas carbónico derivado de la quema de combustibles fósiles para la energía y el corte y la quema de bosques representan cerca de cuatro tercios de los gases de efecto invernadero. La magnitud de las emisiones y el lento proceso de eliminación hacen que la concentración de CO_2 en la atmósfera aumente de manera rápida. Aunque el modelo resultante simplifica enormemente el proceso económico, creemos que es útil para observar tendencias agregadas de las economías reales.

En la sección II aplicamos el modelo utilizando los datos disponibles en las EPWT v. 6.0. Después de presentar las características de la base de datos, procedemos a hacer un análisis de la producción mundial del producto bueno (el PIB) y del malo (las emisiones de CO_2) y la relación entre ambos, centrándonos en los principales productores. Utilizamos los periodos más amplios para observar tendencias de largo plazo. La generación de emisiones de CO_2 ocurre dentro de un país, pero éstas tienden a dispersarse en todo el planeta. Por ello es importante investigar la producción mundial de CO_2 . Los cambios en la delimitación política en el mundo (debido principalmente al colapso de los países socialistas y a los procesos de emancipación de las colonias) dificultan la tarea. Después analizamos con detalle los valores absolutos y las relaciones del modelo producción conjunta de los 84 países para los cuales existen los datos necesarios en las EPWT v. 6.0 en los años 1980 y 2014 con el fin de mostrar las regularidades de la producción de productos buenos y malos. El periodo 1980-2014 resulta relevante pues cubre el periodo de dominio económico, político e ideológico del neoliberalismo, de las crecientes preocupaciones intelectuales y sociales sobre los efectos de

composing the change of CO_2 emissions: A joint production theoretical approach” *Energy Policy* 58 (2013) pp. 329–336.

⁶ Ver Kurz, H. (2006). “Goods and bads: Sundry observations on joint production, waste disposal, and renewable and exhaustible resource.” en *Progress in Industrial Ecology: An International Journal*, 3, 4, 280-301 y Baumgärtner, Stefan, Harald Dyckhoff, Malte Faber, John Proops y Johannes Schiller, “The concept of joint production and ecological economics”, *Ecological Economics* 36 (2001), pp. 365–372.

las actividades humanas sobre el medio ambiente, y de las respuestas y acciones de los gobiernos alrededor del mundo. La sección concluye ejemplificando el modelo de producción conjunta con los datos de México. En la sección III presentamos nuestras conclusiones y reflexiones finales sobre el problema de la emisión de contaminantes en el contexto del crecimiento económico.

UN MODELO DE PRODUCCIÓN Y CAMBIO TÉCNICO

Nuestro modelo supone que el sistema económico tiene un proceso de producción único con rendimientos constantes a escala (un aumento igual de los tres insumos del que consta produce un incremento de la misma magnitud de los dos productos considerados). Formalmente se produce un “producto bueno” (el producto interno bruto, PIB), al que denotamos con X , y un “producto malo” (CO_2), B , mediante la utilización de capital físico, K , energía, E , y trabajo, N . El PIB incluye la depreciación (D) del capital y excluye los insumos intermedios de la producción.⁷ Se asume que la principal fuente de contaminación proviene del uso de insumos específicos como petróleo, carbón y otros químicos para producir el PIB. El capital se deprecia cada año a la tasa d , de modo que la depreciación incluida en el PIB es igual a dK .

De este modo, el proceso de producción completo implica introducir trabajo, capital y energía y recuperar dos productos, uno “bueno” y uno “malo”, y capital depreciado. El proceso que aparece en el cuadro 1 incluye entonces tres insumos y dos productos.

CUADRO 1
EL PROCESO DE PRODUCCIÓN (INSUMO-PRODUCTO)

<i>Insumos</i>			<i>Productos</i>		
Capital	Energía	Trabajo	Bueno	Malo	Capital
K	E	N	X	B	$K-D$

Definimos la técnica de producción en función de una unidad de trabajo. Esto es, dividimos cada una de las columnas del cuadro 1 entre la cantidad

⁷ Cabe recordar que en el sistema de cuentas nacionales el PIB puede verse de tres formas: como los bienes y servicios producidos excluidos los insumos intermedios; como el ingreso de los factores de la producción: salario para los trabajadores y ganancias (brutas, incluida la depreciación) para los capitalistas y; como el gasto de los agentes privados y del gobierno en bienes de consumo final y en formación de capital (incluida la depreciación).

de trabajo N , lo que nos genera la relación capital-trabajo (o intensidad del capital respecto al trabajo), k , la relación energía-trabajo (o intensidad de la energía respecto al trabajo), e , la relación “producto bueno”-trabajo (o productividad del trabajo), x , y la relación “producto malo”-trabajo (o las emisiones de CO_2 por unidad de trabajo), b . Dado que $D=dK$, podemos definir una técnica de producción mediante los parámetros técnicos del proceso de producción k, e, x, b y d . El proceso de producción intensivo, en términos de unidades de trabajo, aparece en el cuadro 2.

CUADRO 2
LOS COEFICIENTES DE INSUMO-PRODUCTO

Insumos			Productos		
Capital	Energía	Trabajo	Bueno	Malo	Capital
k	e	l	x	b	$(1-d)k$

Adicionalmente es útil definir otras relaciones en términos del capital, de la energía y del producto bueno. En general, hablaremos de productividad de cada uno de los insumos en el caso del producto bueno y de emisiones (de CO_2) por insumo en el caso del producto malo. La productividad del capital, p , es igual a la relación producto bueno-capital (X/K) y la productividad de la energía, s , es igual a la relación producto bueno-energía (X/E). Para el producto malo definimos las emisiones por unidad de capital, a , (B/K), y las emisiones por unidad de energía, m , iguales a la relación emisiones-energía (B/E). Dos relaciones adicionales que serán útiles son la relación entre el capital y la energía, u (K/E) y la relación del producto malo con el producto bueno, o (B/X).

El proceso de acumulación de capital, la conversión de las ganancias en capital mediante la inversión de capital, hacen crecer absolutamente el “producto bueno” (que es consumido o invertido) y el “producto malo”, que se dispersa y acumula en la atmosfera hasta el punto que actualmente está generando problemas de salud, cambio climático y costos económicos. Simultáneamente, la acumulación de capital conlleva un cambio técnico que modifica los parámetros técnicos x, k, e, b y d , así como también p, s, a, m, u y o .

Denotamos la tasa de crecimiento de la variable x como g_x , es decir, el cambio absoluto de la variable x en el año de estudio en relación al año previo dividido entre el valor de la variable en el año previo. Podemos distinguir cuatro tipos de cambio técnico relevantes en términos de las tasas de crecimiento de la productividad del trabajo y de la productividad del capital: cambio técnico puro ahorrador de trabajo ($g_x > 0$), conocido en la literatu-

ra como cambio técnico neutral de Harrod. Cambio técnico puro ahorrador de capital ($g_p > 0$) o cambio técnico neutral de Solow. Cambio técnico ahorrador de trabajo y de capital ($g_x = g_p > 0$) o cambio técnico neutral de Hicks. Finalmente, hay un cambio técnico que combina el aumento de la productividad del trabajo ($g_x > 0$) con un mayor uso del capital ($g_p < 0$) al que, como ya dijimos, Foley y Michl denominan cambio técnico sesgado de Marx. Cabe señalar que pueden establecerse varias relaciones entre la relación entre los productos, la productividad de los insumos y sus tasas de crecimiento del tipo: $x = (X/N) = (X/B)(B/N) = b/o$ y $g_x = g_b - g_o$.

EL MODELO DE PRODUCCIÓN DE LOS PRODUCTOS “BUENO” Y “MALO” EN LA ECONOMÍA ACTUAL

Fuentes y bases de datos

La fuente de todos nuestros datos son las *Extended Penn World Tables (EPWT6.0)*⁸ que Adalmir Marquetti organizó utilizando la *Penn World Table*⁹ y complementó con otras fuentes. En el caso de las emisiones de CO₂, la fuente original es la base de datos de Boden y Marland.¹⁰ Para la variable energía los datos están tomados del Banco Mundial.¹¹ La EPWT tiene la ventaja de presentar datos homogéneos para un gran número de países para los años 1967-2014. No obstante, debe considerarse que en aras de la homogeneidad y disponibilidad la forma en que se generaron algunas de las variables de la EPWT está sujeta a críticas, algunas señaladas en la documentación respectiva.

Las variables monetarias absolutas, el producto interno bruto, X , el acervo de capital fijo estandarizado, calculado por Marquetti mediante el método de inventarios perpetuos a partir de las participaciones de la inversión en el PIB

⁸ Extended Penn World Tables, EPWT, Version 6.0, May 2017. Disponible con los autores en su dirección electrónica. Las EPWT constan de dos partes un documento en Word con la definición y notas metodológicas de construcción de cada variable y un archivo Excel con los datos.

⁹ Feenstra, Robert C., Robert Inklaar and Marcel P. Timmer (2015), “The Next Generation of the Penn World Table” *American Economic Review*, 105(10), 3150-3182, available for download at www.ggdnc.net/pwt.

¹⁰ Boden, A., G. Marland, y R. Andres. 2015. Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO₂ Emissions. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. doi 10.3334/CDIAC/00001_V2015 Available on: http://cdiac.ornl.gov/trends/emis/tre_coun.html, Downloaded: 4/15/2017.

¹¹ World Bank. (2017). World Bank Open Data. Washington: The World Bank. Available in: <http://data.worldbank.org>. Downloaded: 03/5/2017. Los datos originales los suministra la Agencia Internacional de la Energía (International Energy Agency, IEA).

consignadas en la PWT , K , y la depreciación estimada, D , están denominadas en dólares de 2011 a la paridad del poder de compra (PPC). El número de trabajadores, N , también calculados a partir de los datos de la PWT , es el número de personas ocupadas. La energía, E , está en términos de kilogramos de petróleo equivalente. Las emisiones de CO_2 , B , representan kilogramos de carbón. A partir de X , B , K , E y N se generan las variables por unidad de trabajo x , k , e y b (véase cuadro 2) y las variables adicionales $p=X/K$, $a=B/K$, $s=X/E$, $m=B/E$, $u=K/E$, y $o=B/X$.¹²

La economía mundial

La gráfica 1 muestra las tasas de crecimiento para la producción mundial de CO_2 (Boden y Marland, *op. cit.*), líneas punteadas, y del PIB (Conference Board, 2017¹³), líneas continuas, para el periodo 1951-2014. Las líneas gruesas muestran las tasas medias de crecimiento de nueve años, mientras que las líneas finas muestran las tasas anuales. Para el PIB no se consideró la información de los países que formaban la Unión Soviética. La tasa de crecimiento de la producción de CO_2 fue superior a la del PIB entre los años 1950 y principios de la década de 1970. Fue en la segunda mitad de los años 1970 que el producto bueno comenzó a crecer a tasas superiores al producto malo. Entre 1980 y 2014, las emisiones de CO_2 se expandieron a una tasa de 1.8% al año. Por su parte, el PIB aumentó en un 2.6% al año.

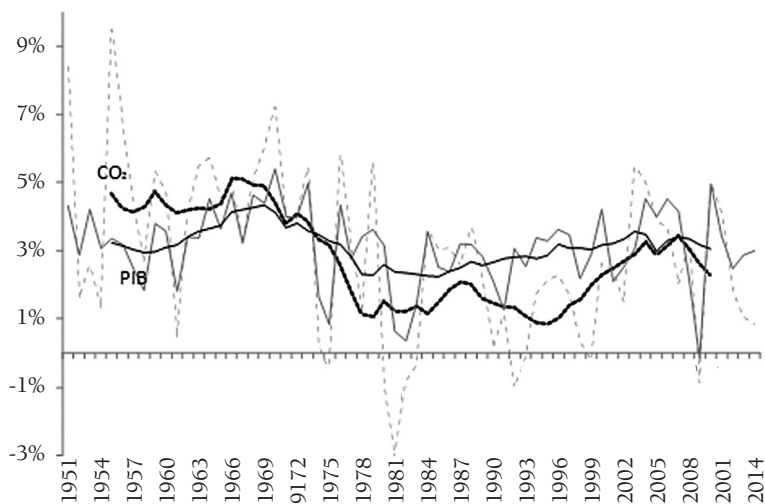
El cuadro 3 presenta la participación en las emisiones totales de CO_2 y el lugar en la producción del “producto bueno” de los principales países productores de CO_2 en 1980 y 2014 (el total de países considerados es de 163). También consigna las tasas de crecimiento del producto malo entre 1980 y 2014. China se tornó el país con mayores emisiones, siendo responsable de 28.5% del total de CO_2 generado en 2014, con Estados Unidos pasando a la segunda posición. India también tuvo una gran expansión en sus emisiones, pasando a ocupar la tercera posición en la clasificación de emisiones de CO_2 . Es asombroso que los tres países más contaminantes fueron responsables del 49.2% de la generación de CO_2 en 2014, prácticamente la mitad de la producción mundial.

Las emisiones absolutas de CO_2 se incrementaron para la gran mayoría de los emisores grandes. La excepción son algunos países europeos (Reino Unido, Italia y Francia). Otros países desarrollados como Estados Unidos, Canadá y Japón, aumentaron en menos de un 30% sus emisiones entre 1980

¹² En este trabajo no haremos mención de la depreciación del capital ni de la tasa de depreciación D y d .

¹³ Conference Board. (2017) The Conference Board Total Economy Database. Disponible en: <https://www.conference-board.org/data/economydatabase/index.cfm?id=27762>.

GRÁFICA 1
LAS TASAS DE CRECIMIENTO DEL PIB Y DEL CO₂, 1951-2014



FUENTE: Extended Penn World Tables, EPWT, Version 6.0, May 2017.

CUADRO 3
PARTICIPACIÓN, LUGAR Y AUMENTO DE LAS EMISIONES DE CO₂ Y LUGAR EN EL PIB
DE LOS PRINCIPALES PAÍSES EMISORES EN 1980 Y 2014 (PORCENTAJES)

País	Lugar en B	Porcentaje en B, %	Lugar en X	Lugar en B	Porcentaje en B, %	Lugar en X	Aumento en B, %
	1980			2014			
China	2	7.5	3	1.0	28.5	1	601.5
Estados Unidos	1	24.3	1	2.0	14.5	2	11.2
India	8	1.6	9	3.0	6.2	3	612.8
Rusia	N.D.	N.D.	N.D.	4.0	4.7	6	
Japón	3	4.9	2	5.0	3.4	4	28.1
Alemania	N.D.	N.D.	4	6.0	2.0	5	
Irán	18	0.6	34	7.0	1.8	18	437.2
Arabia Saudita	N.D.	N.D.	N.D.	8.0	1.7	17	
Corea del Sur	17	0.7	22	9.0	1.6	13	335.4
Canadá	6	2.3	11	10.0	1.5	14	21.2
Brasil	14	1.0	10	11.0	1.5	7	183.2
África del Sur	10	1.2	18	12.0	1.4	29	114.4

CUADRO 3 (CONTINUACIÓN)

País	Lugar en B	Porcentaje en B, %	Lugar en X	Lugar en B	Porcentaje en B, %	Lugar en X	Aumento en B, %
	1980			2014			
México	9	1.4	8	13.0	1.3	12	78.9
Indonesia	20	0.5	14	14.0	1.3	10	389.7
Reino Unido	4	3.0	6	15.0	1.2	9	-27.5
Australia	11	1.1	16	16.0	1.0	19	63.7
Turquía	23	0.4	15	17.0	1.0	15	356.7
Italia	7	2.0	7	18.0	0.9	11	-17.6
Tailandia	34	0.2	28	19.0	0.9	24	687.9
Francia	5	2.6	5	20.0	0.8	8	-40.0
Los demás países	44.7			23.0			

Nota: N.D. información no disponible.

FUENTE: Extended Penn World Tables, EPWT, Version 6.0, May 2017.

y 2014. En varios países en desarrollo (encabezados por Tailandia, India, China y otros países asiáticos), las emisiones entre 1980 y 2014 se multiplicaron por un factor de entre cuatro y siete.

El cuadro 4 muestra la posición y el aumento porcentual de la utilización de los insumos productivos entre 1980 y 2014 en los mayores países productores de CO₂ (el total de países considerados sigue siendo de 163). China ocupó la primera posición en el empleo de los tres insumos en 2014, con un crecimiento del 2064,7% en su acervo de capital fijo entre 1980 y 2014. Estados Unidos poseía el segundo mayor acervo de capital y utilizaba la segunda mayor cantidad de energía en 2014. La India pasó a ocupar la tercera posición en términos del acervo de capital y del empleo de energía. La India tuvo una expansión del 752% en el acervo de capital entre 1980 y 2014. La posición de los países en lo que se refiere al número de trabajadores refleja el tamaño de la población.

La acumulación de capital fue más acentuada en los países en desarrollo de Asia. Éstos tuvieron los mayores aumentos del acervo de capital fijo, mientras que los países desarrollados y Sudáfrica fueron los que presentaron los menores crecimientos. También los países asiáticos tuvieron el mayor aumento del empleo de energía. Sin embargo, la correlación entre el aumento del uso de la energía y del acervo de capital fijo fue de 0.6. Los países en desarrollo, independientemente de su ubicación geográfica, fueron los que tuvieron

un mayor aumento en la utilización del trabajo. Por otro lado, los países desarrollados y China tuvieron los menores crecimientos en el uso de este insumo.

CUADRO 4
LUGAR Y AUMENTO DE LA UTILIZACIÓN DE INSUMO EN 1980 Y 2014
POR LOS MAYORES PAÍSES PRODUCTORES DE CO₂

País	Lugar en K	Lugar en E	Lugar en N	Lugar en K	Lugar en E	Lugar en N	Aumento en K, %	Aumento en E, %	Aumento en N, %
	2014			1980					
China	1	1	1	7	2	1	2 564.7	414	66.6
Estados Unidos	2	2	3	1	1	3	140.8	21.7	44
India	3	3	2	8	5	2	752	312.3	135.4
Rusia	13	4	6	N.D.	N.D.	N.D.			
Japón	4	5	7	2	4	4	90.8	28.8	11.1
Alemania	5	6	14	3	3	7	63.2	-14.5	10.1
Irán	17	11	26	16	23	27	314.7	522.9	167.7
Arabia Saudita	16	13	46	N.D.	N.D.	N.D.			
Corea del Sur	10	9	21	25	21	20	1 069.7	557.7	94.5
Canadá	14	8	28	10	8	24	184.1	46.5	68.1
Brasil	7	7	5	12	10	6	385.6	166.3	113
Sudáfrica	30	15	30	19	15	29	109.5	124.1	123.7
México	15	14	12	9	11	15	173	97.6	149.3
Indonesia	11	12	4	31	17	5	1 561.4	303.3	118.4
Reino Unido	9	15	17	5	6	9	121.9	-9.8	24.1
Australia	18	20	44	13	12	33	206.5	81	97.4
Turquía	19	21	22	14	25	19	175.9	286.5	76.1
Italia	8	17	25	6	9	13	144.2	10.5	10.2
Tailandia	20	18	15	33	30	11	651.4	512.5	71.4
Francia	6	10	20	4	7	10	91	26.3	19.8

Nota: N.D. información no disponible.

FUENTE: Extended Penn World Tables, EPWT, Version 6.0, May 2017.

El cuadro 5 consigna datos del número de trabajadores, de la emisión por trabajador (b), de la productividad del trabajo (x) y de la relación de las emisiones de CO_2 y el PIB (o) en el caso de los tres países con más emisiones en 2014. Las emisiones totales de China e India y su aumento se explican en parte por el tamaño y crecimiento de su población trabajadora, en especial en la India. Pero en los dos países, sobre todo en China, el factor más importante fue que las emisiones por trabajador crecieron de manera notable entre 1980 y 2014.¹⁴ Sin embargo, una expansión aún mayor de la productividad del trabajo logró reducir la relación entre las emisiones y el PIB en el periodo 1980-2014 (el cambio relativo fue mayor en la India, que además partió de un nivel menor). Estados Unidos es un caso notable por sus niveles elevados de emisión de CO_2 y PIB por trabajador. En ese país, el incremento pequeño de las emisiones absolutas se debe al incremento del número de trabajadores entre 1980 y 2014, mientras que la disminución de las emisiones por trabajador, no logró revertir el efecto del crecimiento del número de trabajadores. Sin embargo, en Estados Unidos hay una reducción notable de la relación producto malo-producto bueno.

Análisis de la evolución de la producción conjunta 1980-2014 en 84 países

La relación positiva entre el PIB y la emisión de dióxido de carbono que se observa en el cuadro 3 es una regularidad presente en el conjunto de las economías del mundo. En la gráfica 2, aparecen las coordenadas PIB- CO_2 en escala logarítmica de cada uno de los 84 países con datos en 1980 y 2014 en las *EPWT6.0*. También se muestran las líneas de tendencia de cada uno de los años (calculadas mediante la técnica “regresión ponderada localmente”¹⁵). Un país con un PIB más grande comparado con un país de un PIB menor tendrá generalmente una emisión de CO_2 mayor. Dos tendencias son importantes: las emisiones por unidad de PIB han disminuido y su crecimiento al incrementarse el PIB entre países es ligeramente mayor al de éste, pero también hay una mejora en el periodo. En la gráfica 2, tanto los puntos como la línea de la regresión local de 2014 tienden a estar por debajo de los correspondientes puntos y línea de 1980, aunque el aumento abso-

¹⁴ Dado que $B=bN$, para valores discretos $g_B = g_b + g_N + g_b g_N$. Del mismo modo, dado $o=B/X=b/x$, $g_o = (g_b - g_x)/(1 + g_x)$.

¹⁵ La regresión local estima la función para cada valor x en el espacio dimensional empleando mínimos cuadrados ponderados tomando un subconjunto de observaciones cercanas a x . Las regresiones locales de las gráficas que comparan dos variables en esta sección se corrieron con las 84 observaciones. En algunas de ellas, generalmente para los valores extremos ello produce cambios de tendencia abruptos.

CUADRO 5
 PRODUCCIÓN RELATIVA DEL PRODUCTO MALO Y EL BUENO
 (LOS TRES PAÍSES PRINCIPALES)

<i>Variables</i>	<i>Año</i>	<i>China</i>	<i>Estados Unidos</i>	<i>India</i>
N (millones de trabajadores)	1980	479	103	217
	2014	798	148	510
	Aumento %	66.6	44	135.4
b (Kg. de carbón por trabajador)	1980	835	12 490	395
	2014	3 515	9 651	1 196
	Aumento %	321	-22.7	202.8
x (dólares por trabajador)	1980	3 220	65 208	3 762
	2014	21 464	111 799	13 839
	Aumento %	566.6	71.4	267.9
o (Kg. de carbón por dólar a PPC 2011)	1980	0.259	0.1915	0.105
	2014	0.164	0.0863	0.086
	Aumento %	-36.8	-54.9	-17.7

FUENTE: Extended Penn World Tables, EPWT, Version 6.0, May 2017.

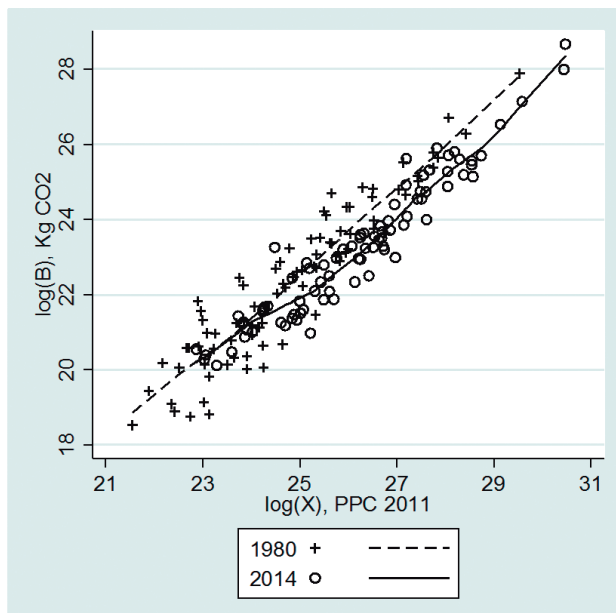
luto del PIB y de las emisiones desplaza los puntos y la línea de 2014 a la derecha y arriba con respecto a los de 1980.¹⁶ Adicionalmente, la elasticidad de respuesta de la emisión de CO₂ ante un cambio del PIB era de 1.137 y 1.031 en 1980 y 2014, respectivamente.¹⁷

La gráfica 3 combina las gráficas de los logaritmos del PIB con cada uno de los tres insumos (renglón superior) y de las emisiones de CO₂ con estos mismos insumos (renglón inferior) para los 84 países en los años 1984 y 2014. Al igual que para el PIB y las emisiones, los mayores insumos absolutos en 2014 en relación a 1980 aparecen como un corrimiento a la derecha de los puntos y la línea de 2014 respecto a los correspondientes a 1980. Las

¹⁶ En todas las gráficas mantenemos el mismo tipo de símbolos y líneas, de las respectivas regresiones locales, para los años 1984 y 2014 de la gráfica 2: signos de más y línea de guiones para 1980 y círculos y línea continua para 2014.

¹⁷ La elasticidad es la relación entre las tasas de crecimiento de CO₂ y del PIB. La elasticidad referida aquí es la β_x de la regresión $\ln B_i = \alpha + \beta_x \ln X_i$, donde $i=1, 2, \dots, 84$ denota a los países en cada año. Tanto el coeficiente β_x como α fueron significativos al 1%. La disminución de la elasticidad también se observa respecto a los datos que consignamos en nuestros artículos citados en la nota 2. La elasticidad PIB de las emisiones fue de 1.19 y 1.08 en 1973 y 2008, respectivamente, aunque en esos trabajos el número de países considerados no es el mismo.

GRÁFICA 2
 PIB Y EMISIONES DE CO₂ EN 84 PAÍSES EN 1980 Y 2014



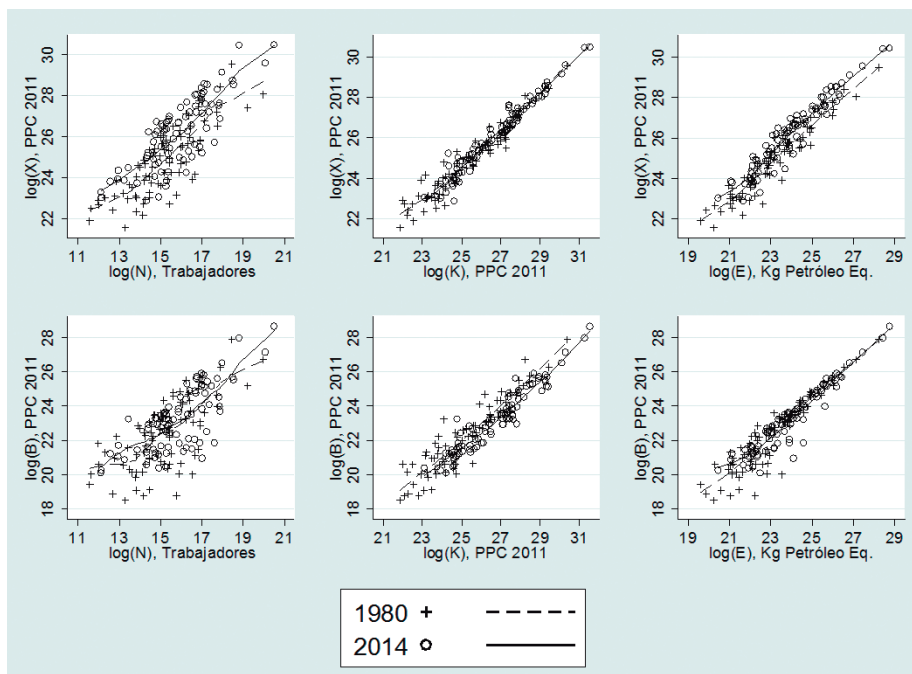
FUENTE: Extended Penn World Tables, EPWT, Version 6.0, May 2017.

relaciones para el conjunto de países de los tres insumos con el PIB y las emisiones son todas positivas. Pero hay resultados particulares que destacar. La mayor dispersión se presenta en las relaciones del PIB y las emisiones con el trabajo. Se observa una mejora en la relación PIB-trabajo y en la relación PIB-energía entre 1980 y 2014. El capital tiende a mantener la misma relación con el PIB.

Por lo que toca a las emisiones, mientras hay un empeoramiento en las emisiones con respecto al trabajo en los extremos izquierdo y derecho (las emisiones en 2014 aumentan en el panel inferior izquierdo de la gráfica), en la parte media hay una tendencia a la constancia, aunque debe tenerse en cuenta la elevada dispersión. Las emisiones con respecto al capital y a la energía presentan una correlación más fuerte. Entre 1980 y 2014 hubo una disminución clara de las emisiones respecto al capital. Mientras que las emisiones con respecto a la energía se mantuvieron prácticamente constantes entre 1980 y 2014, lo cual debe ser una característica de las emisiones con respecto al insumo energía.

Pasamos al análisis de las variables de la producción intensiva. En la gráfica 4 aparecen los percentiles de las productividades y de las emisiones

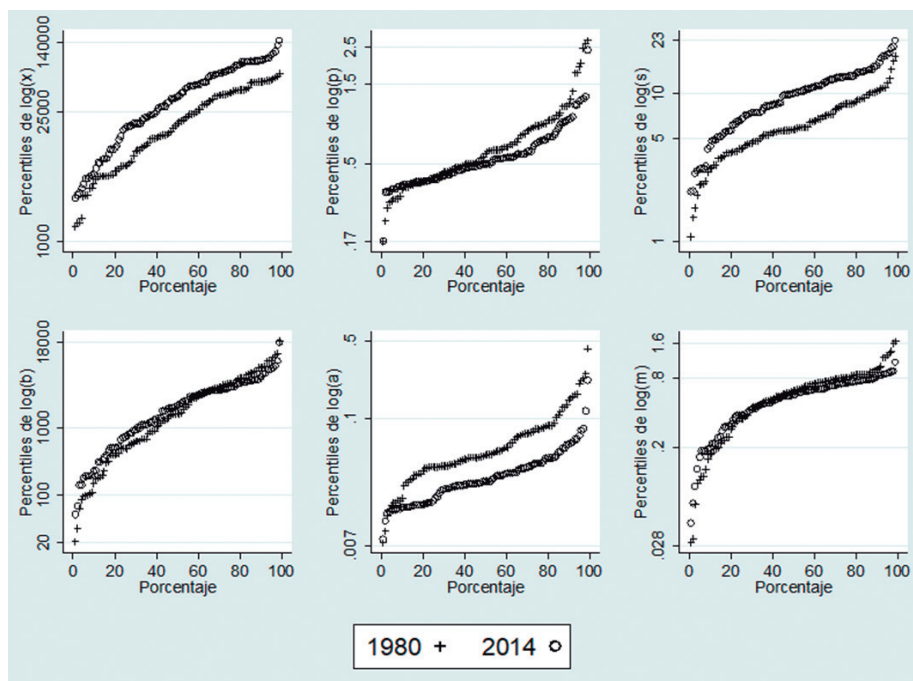
GRÁFICA 3
RELACIÓN DE LOS INSUMOS CON EL PIB Y LAS EMISIONES DE CO₂



FUENTE: Extended Penn World Tables, EPWT, Version 6.0, May 2017.

para cada insumo (x , p , s , b , a y m) en 1980 y en 2014, y en la gráfica 5 aparece la relación entre cada una de las productividades con respecto a las emisiones de CO₂ normalizadas con el insumo correspondiente. En la gráfica 5 se observa una mejora general en la relación entre la productividad del PIB y las emisiones por insumo entre 1980 y 2014 (a lo largo de los países, los valores y la línea de 1980 están por encima de los valores de 2014). Las razones de la mejora son distintas y pueden deducirse de las gráficas 3 y 4. En el primer y el tercer panel del primer renglón de la gráfica 4 puede verse que el producto por trabajador y el producto por unidad de energía se incrementaron claramente en 2014 respecto a 1980 a lo largo de los países (con la excepción del extremo inferior en el caso de la productividad del trabajo y los dos extremos en el caso de la productividad de la energía), mientras que las emisiones por trabajador y las emisiones por unidad de energía (primer y tercer panel del segundo renglón) tendieron a mantenerse constantes, especialmente para la energía. Por su parte, la productividad del capital tendió a mantenerse constante o ligeramente decreció, mientras que disminuyeron las emisiones por unidad de capital de manera sensible.

GRÁFICA 4
 PERCENTILES DE LAS PRODUCTIVIDADES Y EMISIONES DE CO₂
 POR INSUMO EN 1980 Y 2014

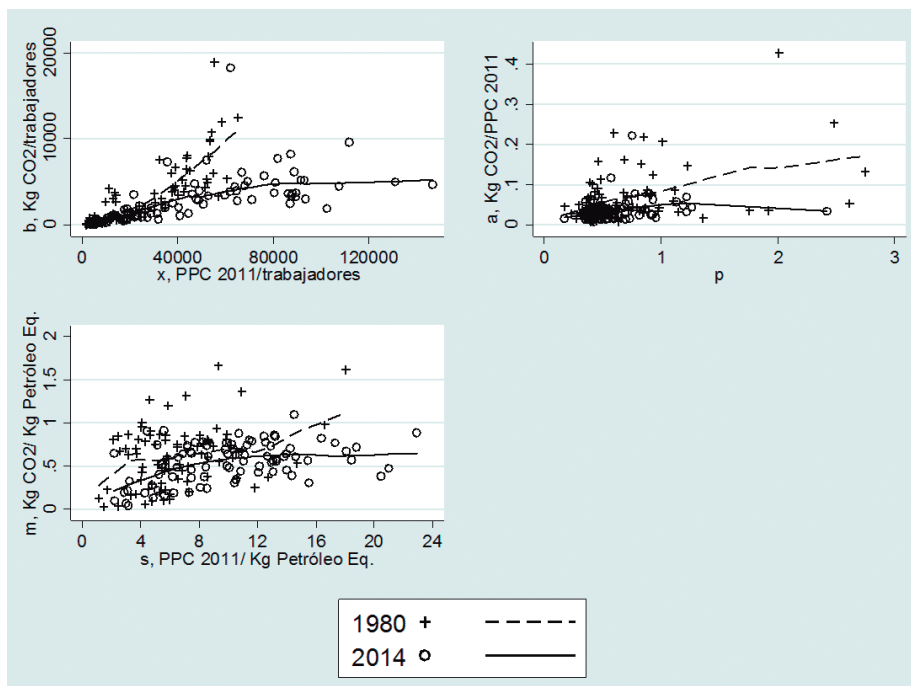


FUENTE: Extended Penn World Tables, EPWT, Version 6.0, May 2017.

En el cuadro 6 aparecen los cálculos de las elasticidades insumo del PIB y de las emisiones.¹⁸ Para el PIB todas las elasticidades son positivas y significativas al 1%. La producción del PIB se expande con el mayor empleo de los tres insumos. La elasticidad del capital es la más elevada y aumentó entre 1980 y 2014 de 0.567 a 0.667. La de la energía de alrededor de 0.195 se mantuvo constante. La elasticidad del trabajo disminuyó entre 1980 y 2014 de 0.204 a 0.148. En el caso de las emisiones, la producción del CO₂ crece con el aumento del empleo de capital y de energía y se mantiene constante con la mayor utilización del insumo trabajo. La elasticidad del producto malo en relación al capital pasa de 0.415 a 0.546 de 1980 a 2014. La de la energía disminuyó de 0.971 a 0.563 en los mismos años (si bien el nivel de generación de emisiones por unidad de energía en cada país tendió a no modi-

¹⁸ Las regresiones son $\ln P_t = \alpha + \beta_{NP} \ln N_t + \beta_{KP} \ln K_t + \beta_{EP} \ln E_t$, donde P es igual al PIB y a las emisiones de CO₂ y los coeficientes β_{NP} , β_{KP} y β_{EP} son las elasticidades trabajo, capital y energía de P . En las cuatro regresiones el intercepto al origen es significativo.

GRÁFICA 5
RELACION DE LAS PRODUCTIVIDADES POR INSUMO CON LAS EMISIONES DE CO₂
POR INSUMO, 1980-2014



FUENTE: Extended Penn World Tables, EPWT, Version 6.0, May 2017.

ficarse entre 1980 y 2014, la tasa de cambio entre los valores de los países si disminuyó, lo que se observa también en la gráfica 4¹⁹). Finalmente, la elasticidad del trabajo es negativa en 1980 y no es estadísticamente diferente de cero en 2014. De esta manera, en 2014 era posible aumentar la producción del producto bueno con la producción del producto malo constante, expandida solamente la utilización del insumo trabajo, manteniendo constantes el empleo de los insumos capital y energía.

También es posible analizar el tipo de cambio técnico en las 84 economías en el periodo 1984-2014. La gráfica 6 presenta los percentiles de la intensidad del capital y la energía respecto al trabajo, k y e , y del capital con respecto a la energía, u . Se observa que entre 1980 y 2014 hubo un aumento de la intensidad del capital, tanto con respecto al trabajo como con respecto a la energía entre 1980 y 2014 a lo largo de los países, mientras que la inten-

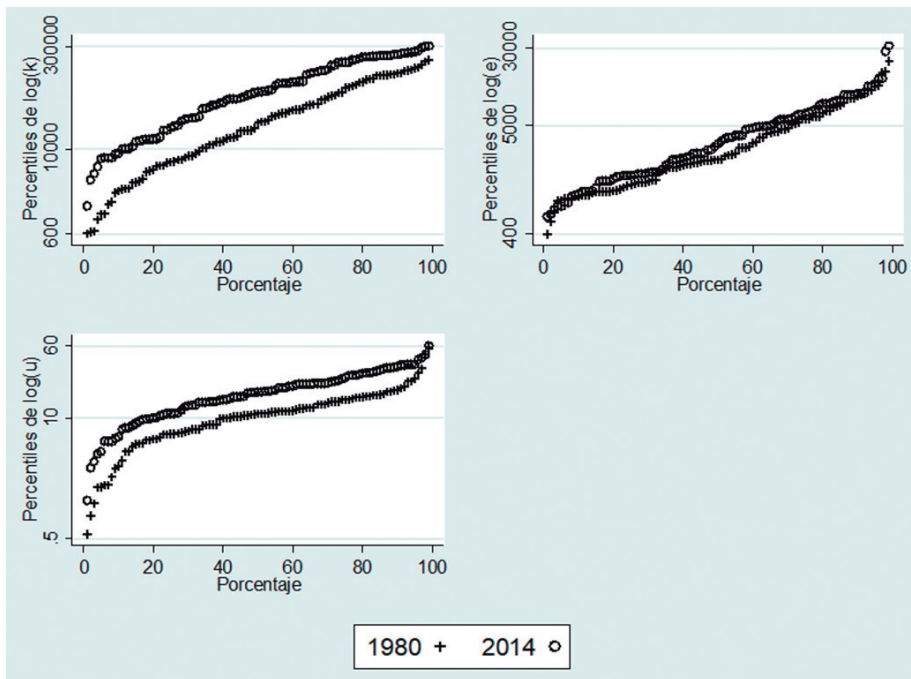
¹⁹ Las regresiones con las observaciones ponderadas con la población de cada país muestran las mismas tendencias.

CUADRO 6
REGRESIONES DE LOS PRODUCTOS Y LOS INSUMOS, 1980 Y 2014
(BETAS, PROBABILIDAD Y R2)

	<i>Trabajo</i>		<i>Capital</i>		<i>Energía</i>		<i>R</i> ²	
	β_N		β_K		<i>Prob.</i>	β_E	<i>Prob.</i>	<i>R</i> ²
PIB								
1980	0.2041	0	0.5671	0	0	0.1973	0	0.974
2014	0.148	0	0.6697	0	0	0.1943	0	0.976
Emisiones								
1980	-0.361	0	0.4146	0	0	0.9714	0	0.927
2014	-0.0688	0.25	0.5462	0	0	0.5636	0	0.942

Fuente: Extended Penn World Tables, EPWT, Version 6.0, May 2017.

GRÁFICA 6
PERCENTILES DE LA INTENSIDAD DE LOS INSUMOS, 1980 Y 2014



FUENTE: Extended Penn World Tables, EPWT, Version 6.0, May 2017.

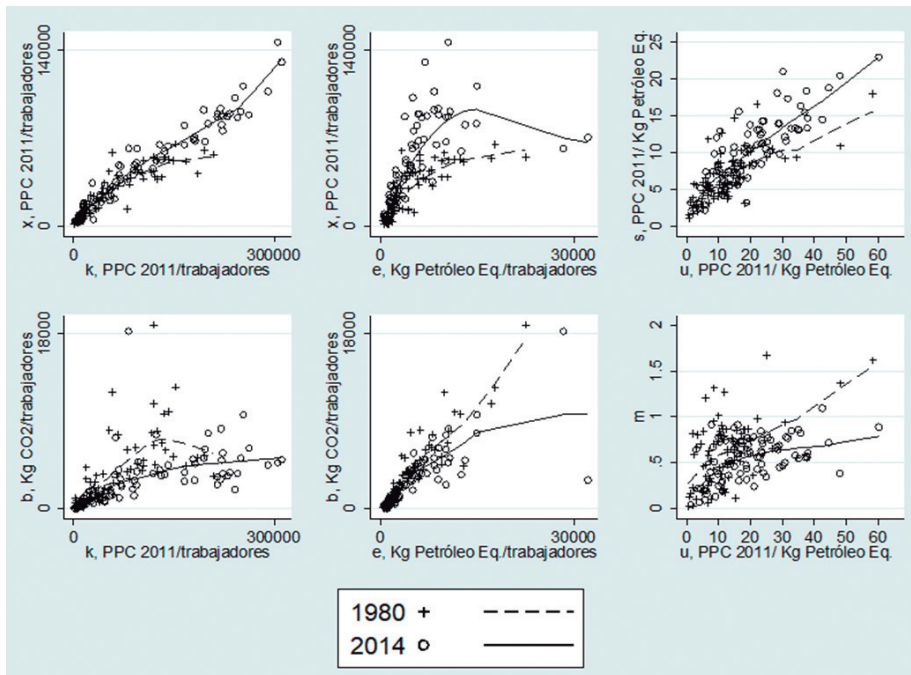
sidad de la energía respecto al trabajo se elevó muy poco a lo largo de los países sólo en algunos tramos.

La gráfica 7 muestra la relación entre la intensidad de los insumos respecto al trabajo, k y e , y la productividad del trabajo y las emisiones por unidad de trabajo, x y b (paneles de las dos primeras columnas) y la relación de la intensidad del capital respecto a la energía y la productividad de la energía y las emisiones por unidad de energía, u , s y m (paneles de la tercera columna) en 1980 y 2014. Las intensidades del capital con respecto al trabajo y con respecto a la energía están relacionadas directamente con las respectivas productividades del trabajo y de la energía. La relación entre la intensidad de la energía respecto al trabajo y la productividad del trabajo también es directa, aunque mucho más difusa debido a valores extremos en el caso de la intensidad de la energía. Las dos productividades (trabajo y energía) mejoraron entre los dos años para las tres intensidades entre 1980 y 2014 en dos sentidos: los símbolos y la línea de 2014 están arriba de los correspondientes a 1980 y se observa un incremento de la pendiente de las líneas de las regresiones locales de 2014 en relación a las de 1980 (excepto para valores extremos altos de la intensidad de la energía respecto al trabajo).

En el caso de las emisiones por unidad de trabajo y por unidad de energía las tendencias son también favorables. Las emisiones por unidad de trabajo y de energía se han reducido en 2014 respecto a 1980, considerando tanto el capital y la energía por trabajador como el capital por unidad de energía. Adicionalmente, las líneas de las regresiones locales en 2014 muestran una pendiente decreciente clara, tendencia que no aparece en 1980 en el caso de las relaciones entre la intensidad de la energía respecto al trabajo con el producto por trabajador y la intensidad del capital respecto a la energía con el producto por unidad de energía. La forma de u invertida de la regresión local de 1980 de la relación entre la intensidad del capital respecto al trabajo con la productividad del trabajo, probablemente se debe a los valores extremos altos (a la derecha) de la intensidad del capital sin correlato con las emisiones por unidad de trabajo.

En la gráfica 8 aparece la comparación entre las productividades y las emisiones del capital y de la energía con la productividad y las emisiones del trabajo (primeras dos columnas), y de la productividad y las emisiones del capital con la productividad y las emisiones de la energía (tercera columna). En el caso de las productividades, comparando los dos años, se comprueba el movimiento ascendente de la productividad del trabajo y de la productividad de la energía y el estancamiento, con un pequeño declive de la productividad del capital. Se observa también que la productividad del capital mantiene una relación inversa con las productividades del trabajo y de la energía (excepto para algunos valores extremos pequeños, a

GRÁFICA 7
RELACIÓN ENTRE LA INTENSIDAD DE LOS INSUMOS
Y LAS PRODUCTIVIDADES Y EMISIONES POR INSUMO, 1980 Y 2014



FUENTE: Extended Penn World Tables, EPWT, Version 6.0, May 2017.

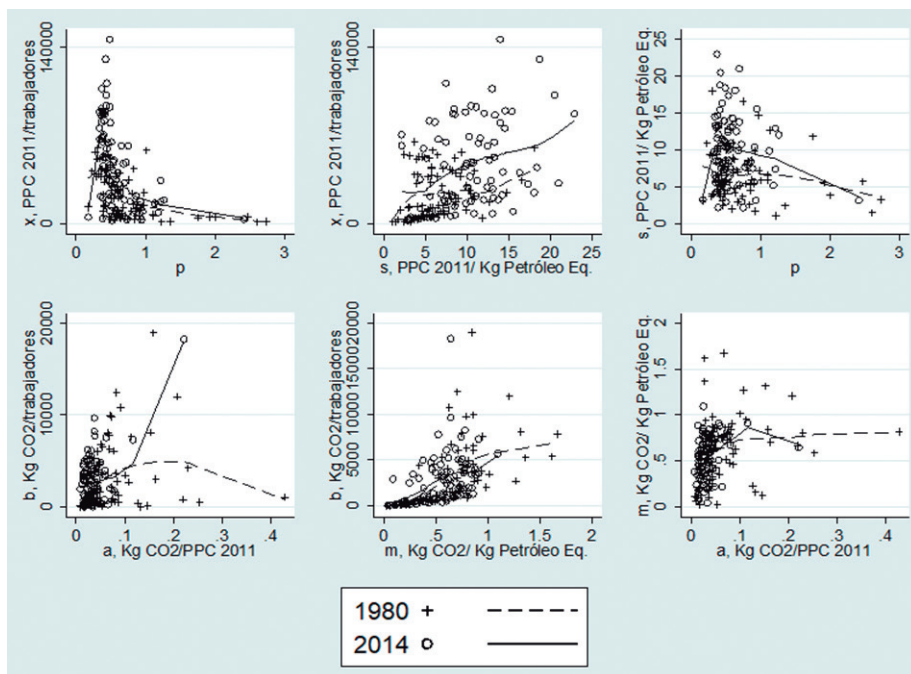
la izquierda, de la productividad del capital asociados con bajas productividades del trabajo y de la energía), mientras que las productividades de la energía y del trabajo tienen una relación directa.

En el caso de las emisiones por insumo se observa una relación positiva tanto de las emisiones por unidad de capital y de las emisiones por unidad de energía con las emisiones por unidad de trabajo, como entre las emisiones por unidad de capital y las emisiones por unidad de energía. Pese a la distorsión de valores extremos, puede observarse que mientras las emisiones por unidad de capital disminuyeron a lo largo de los países entre 1980 y 2014, las del trabajo y la energía tendieron a mantenerse. Otro resultado relevante es el de la pendiente pronunciada, casi vertical, de la relación entre las emisiones por unidad de capital y las emisiones por unidad de energía, a valores bajos de ambas.

En la gráfica 9 aparece la evolución de los percentiles de las emisiones por unidad de PIB, *o*, en 1980 y 2014 a lo largo de los países, y en la gráfica 10 las emisiones por unidad de PIB en relación a las productividades del trabajo,

GRÁFICA 8

RELACIÓN ENTRE PRODUCTIVIDADES Y EMISIONES POR INSUMO, 1980 Y 2014

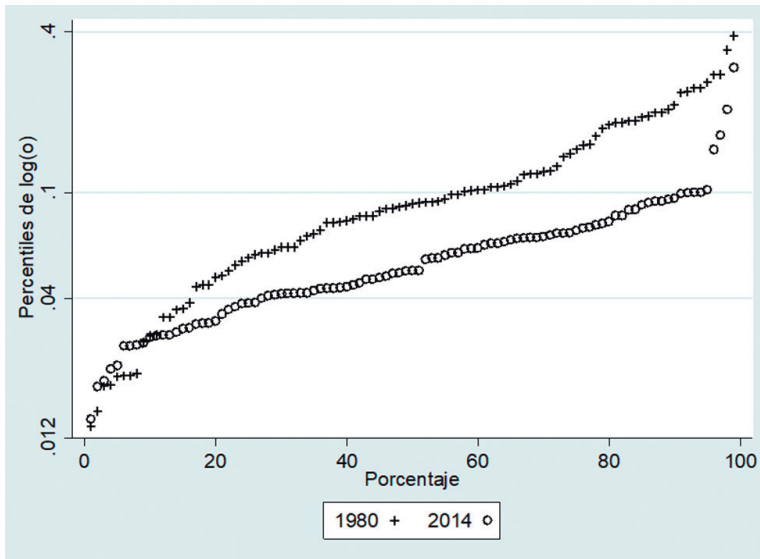


FUENTE: Extended Penn World Tables, EPWT, Version 6.0, May 2017.

del capital y de la energía en 1980 y 2014 (x , p y s). En general, las emisiones por unidad de PIB disminuyeron a lo largo de los países entre 1980 y 2014, la excepción fueron los extremos de la distribución (los porcentos más bajos y más altos). La relación entre la emisión por unidad de producto respecto a la productividad del trabajo, además de mejorar, cambió entre 1980 y 2014, pues en el primer año y para valores bajos del PIB por trabajador en 2014 era directa, y a medida que la productividad del trabajo se incrementa la pendiente disminuye y se torna negativa.

Por su parte, la relación entre las emisiones por unidad de producto y el PIB por unidad de capital han mejorado entre 1980 y 2014, aunque están relacionadas de manera inversa, sin cambios notables en su pendiente, lo que hace que las emisiones por unidad de producto se incrementen con la tendencia de la productividad del capital a disminuir, por supuesto a partir de un nivel más bajo en 2014 respecto a 1980. Finalmente, las emisiones por unidad de producto están relacionadas también de manera inversa con el PIB por unidad de energía. Con excepción de algunas observaciones medias, la relación ha mejorado y ha mejorado también la pendiente, por lo que

GRÁFICA 9
 EVOLUCIÓN DE LA RELACIÓN DE LAS EMISIONES
 POR UNIDAD DE PIB, 1980-2014



FUENTE: Extended Penn World Tables, EPWT, Version 6.0, May 2017.

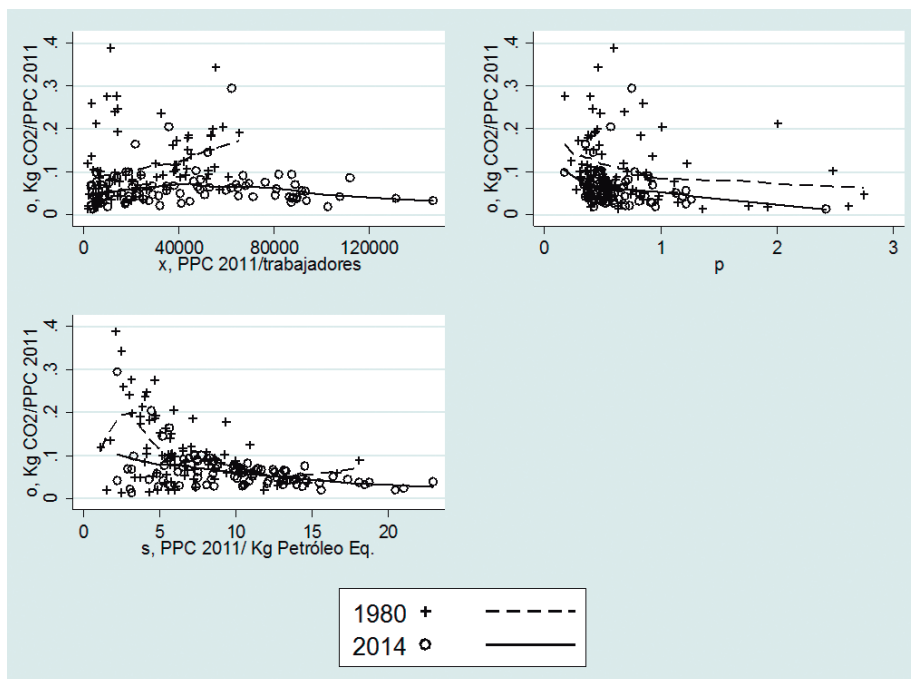
la relación emisiones-producto mejora con el hecho de que simultáneamente ha aumentado la productividad de la energía y se han reducido las emisiones por unidad de producto a lo largo de los países entre 1980 y 2014.

La evolución de México

En el cuadro 7 se presentan el modelo de producción conjunta con los datos de México de las EPWT6.0 en 1980 y 2014. En 2014, 51 millones de trabajadores con un capital de tres billones 657 mil millones de dólares (constantes a la paridad de poder de compra de 2011) y un consumo de energía de 188 mil millones de kilos de petróleo equivalente, generaron un producto de un billón 945 mil millones de dólares y emitieron 131 mil millones de kilos de carbón equivalente. Es de notar que las expansiones de los productos bueno y malo y de la energía fueron menores que la del número de trabajadores entre 1980 y 2014. Sólo el capital se expandió a una tasa mayor.

En 2014, un trabajador equipado con 71 mil dólares de capital y 3.6 toneladas de petróleo equivalente, generó un PIB de 37.8 miles de dólares y emitió 2.5 toneladas de dióxido de carbono. La productividad trabajo de ambos productos disminuyó en relación a 1980. Adicionalmente, en 2014, los pro-

GRÁFICA 10
RELACIÓN ENTRE LAS PRODUCTIVIDADES DEL TRABAJO
DEL CAPITAL Y DE LA ENERGÍA CON LAS EMISIONES
POR UNIDAD DE PRODUCTO



FUENTE: Extended Penn World Tables, EPWT, Version 6.0, May 2017.

ductos bueno y malo por unidad de capital disminuyeron en relación a 1980. Para el producto bueno, la evolución conjunta de las productividades del trabajo y del capital muestra una evolución aberrante en términos del cambio técnico de la economía mexicana, mientras que las emisiones por unidad de trabajo y de capital tuvieron una mejora significativa (aunque en el contexto de emisiones absolutas crecientes). En el caso de la energía se observa un movimiento en la dirección adecuada, pues aumenta la relación PIB-energía y disminuye la relación CO₂-energía. En consonancia con esto, las intensidades de la energía con respecto al trabajo y al capital (los parámetros e y l/u) disminuyeron durante el periodo.

La gráfica 11 muestra el comportamiento de las productividades de los insumos trabajo, capital y energía en el periodo 1971-2014. Haciendo abstracción de los movimientos cíclicos, la productividad del trabajo alcanzó su nivel más alto a principios de los años 1980, punto en el cual hubo una caída pronunciada hasta el final de los noventa y la recuperación subsecuente no

CUADRO 7
MÉXICO: VALORES DE LAS VARIABLES DEL MODELO
DE PRODUCCIÓN CONJUNTA, 1980-2014

	1980	2014	Tasa de crecimiento promedio anual (porcentaje)
Absolutos (millones de dólares PPC de 2011, millones de trabajadores, millones de kg. de CO₂ y millones de kg. de petróleo equivalente)			
X = PIB	828 710.1	1 945 966	134.82
B = Emisiones de CO ₂	73 208	130 971	78.9
N = Trabajadores	20.6	51.4	149.3
K = Acervo de Capital	1 339 648	3 657 049	172.99
E = Energía	95 114.4	187 979.5	97.64
Productividad del trabajo y emisiones por trabajador			
x = X/N	40 184	37 850	-5.81
b = B/N	3 550	2 547	-28.25
Productividad del capital y emisiones por unidad de capital			
p = X/K	0.6186	0.5321	-13.98
a = B/K	0.0546	0.0358	-34.43
Productividad de la energía y emisiones por unidad de energía			
s = X/E	8.71	10.35	18.83
m = B/E	0.7697	0.6967	-9.48
Insumos en términos del trabajo			
k = K/N	64 959	71 131	9.5
e = E/N	4 612	3 656	-20.73
Insumos en términos de la energía			
u = K/E	14.08	19.45	38.14
Relación entre los productos			
o = B/X	0.0883	0.0673	-23.78

FUENTE: Extended Penn World Tables, EPWT, Version 6.0, May 2017.

ha alcanzado los niveles de principios de los 1980. Con algunas diferencias, la productividad del capital y de la energía mantienen una tendencia a la baja desde principios de los 1970 y su repunte también ocurre al final de los años noventa, con la tendencia a crecer de la productividad de la energía más marcada y consistente, pues la productividad del capital se estanca desde mediados de los años 2000.

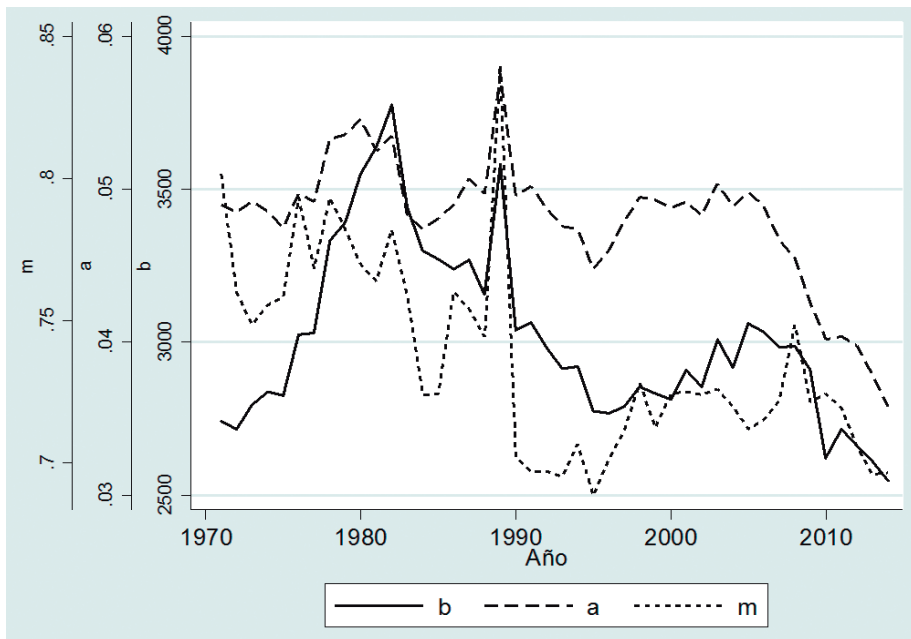
GRÁFICA 11
MÉXICO: EVOLUCIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD
DEL TRABAJO (x), DEL CAPITAL (p) Y DE LA ENERGÍA (s)



FUENTE: Extended Penn World Tables, EPWT, Version 6.0, May 2017.

La gráfica 12 muestra las emisiones de CO₂ para cada uno de los insumos en el mismo periodo 1971-2014. Sin considerar el pico que ocurre a fines de los 1980 para las tres emisiones, destaca la caída de las emisiones por unidad de trabajo y de capital desde principios de la década de los 1980, mientras que la disminución de las emisiones por unidad de energía comenzó a mediados de los 1970. El retorno al crecimiento a mediados de la década de los noventa generó un estancamiento y aumento en las emisiones por insumo. Esto se revirtió en la década de los 2000, primero para el capital, después para el trabajo y al final para la energía. El resultado ha sido una mejora de la relación entre el PIB y el CO₂ producidos por la economía mexicana desde principios de los años 1990 (véase gráfica 13).

GRÁFICA 12
 MÉXICO: EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES POR INSUMO
 DE TRABAJO (B), DE CAPITAL (A) Y DE ENERGÍA (M)



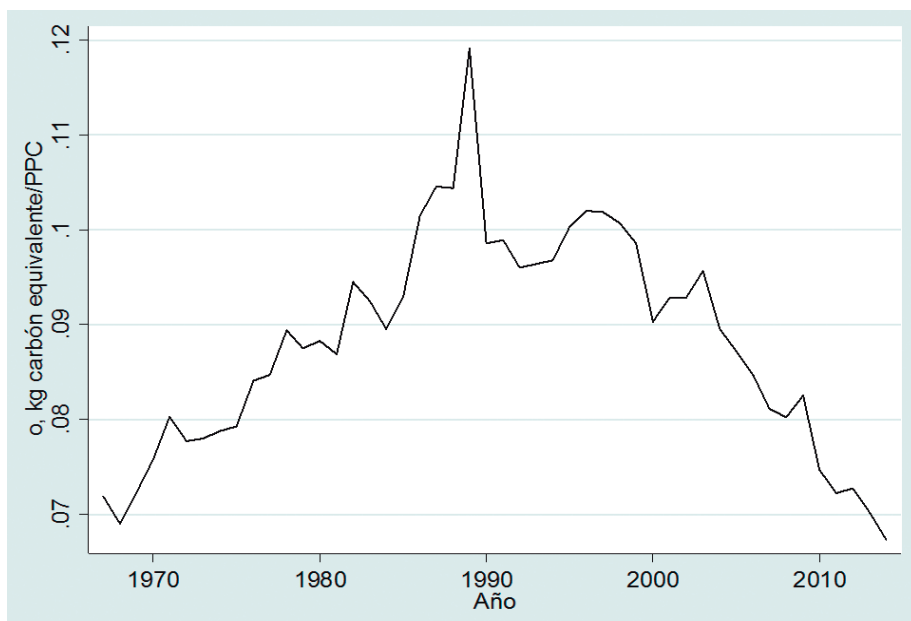
FUENTE: Extended Penn World Tables, EPWT, Version 6.0, May 2017.

En resumen, en el contexto de un desempeño malo del PIB y del PIB por trabajador y del producto por unidad de capital, en los últimos años la economía mexicana ha mejorado la eficiencia en el uso de sus insumos para producir el producto bueno y ha mejorado las emisiones por unidad de insumo, especialmente en el caso de la energía. Sin embargo, sin tener los niveles de algunos países, México continúa generando en términos absolutos más CO₂ y algunos de los avances sólo han implicado regresar a los niveles de emisiones de CO₂ y de PIB por insumo que se tenían en las décadas pasadas.

CONCLUSIÓN Y REFLEXIÓN FINAL

Los efectos del calentamiento global, provocado por la actividad de los hombres, son una de las mayores preocupaciones científicas y políticas actuales. En este trabajo analizamos las regularidades del proceso de producción utilizando un modelo de producción conjunta que, a partir de los insumos trabajo, capital y energía, genera junto a la producción de un “producto

GRÁFICA 13
MÉXICO: RELACIÓN ENTRE LAS EMISIONES DE CO₂ Y EL PIB (o)



FUENTE: Extended Penn World Tables, EPWT, Version 6.0, May 2017.

bueno” (el PIB), la de un “producto malo” (la emisión de dióxido de carbono, CO₂). Hicimos uso de una base de datos que contiene valores agregados de producción de ambos productos para la economía mundial entre 1950 y 2014 y para 84 países entre 1980 y 2014. Podemos resumir que:

- 1) Entre los países hay enormes diferencias en las tasas de crecimiento del producto, la productividad del trabajo y la emisión por trabajador.
- 2) El PIB y la emisión de CO₂ se incrementan con el crecimiento económico que expande los insumos y los productos. Para el conjunto de la economía mundial, desde la mitad de los años 1970, la tasa de crecimiento del PIB es mayor que la tasa de crecimiento del CO₂.
- 3) Sin embargo, la estabilización de la emisión de CO₂ difícilmente se obtendrá en un horizonte de tiempo relativamente corto. El ritmo de emisiones de este gas es superior a la capacidad para eliminarlo. Su eliminación implicaría reducciones drásticas, en casi un 100%, de las emisiones actuales en un horizonte de 100 años.²⁰

²⁰ Véase Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.) *IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of*

- 4) Los grandes emisores de CO₂, son los países desarrollados, los países en desarrollo densamente poblados y los productores de petróleo. China y los países asiáticos en desarrollo son los que aumentaron en mayor proporción las emisiones del producto malo. En 2014, China fue el primer emisor de CO₂ e India fue el tercero. En los países desarrollados el aumento de las emisiones de CO₂ fue menor con caso excepcional de disminución absoluta.
- 5) El PIB aumenta con el incremento del número de trabajadores, del capital y de la energía. La emisión de CO₂ aumenta con el incremento del capital y de la energía, y se mantiene constante con el aumento del trabajo. Es posible expandir la producción del producto bueno manteniendo constante el producto malo utilizando solamente el insumo trabajo. Esto reduciría las razones capital-trabajo y energía-trabajo, y aumentaría la productividad del capital y de la energía.
- 6) La regularidad del incremento de la relación capital-trabajo postulada por Kaldor se confirma a través de los países y en el tiempo. La emisión por unidad de energía a través de los países tiende a mantenerse constante. El incremento del insumo capital ha más que compensado negativamente la disminución de las emisiones de CO₂ por unidad de capital, mientras que la característica singular del insumo energía de mantener su capacidad de emisión en el tiempo, también incrementa en forma absoluta el CO₂ con el aumento de su uso.
- 7) Las emisiones de CO₂ por unidad de PIB y de trabajo se incrementan en las primeras fases del proceso de crecimiento, y al pasar un cierto umbral comienzan a descender. Es decir, existe una curva (una e invertida) medioambiental de Kuznets (ello también se observa en las emisiones por unidad de capital y unidad de energía *versus* el producto por unidad de capital y por unidad de energía, respectivamente).
- 8) En el caso de México, el inicio del neoliberalismo significó una evolución muy mala del producto bueno. En la primera mitad de los años 1990 comienza a observarse primero una reducción en las emisiones por insumo, y después un incremento de las productividades. En México la relación CO₂-PIB siguió aumentando hasta el fin de la década de los años 1980. Entre 1980 y 2014 disminuyeron las emisiones por trabajador y por unidad de capital, y en menor medida por unidad de energía. Pero la expansión absoluta de los tres insumos ha implicado que México siga contribuyendo, aunque no en la medida en que lo han hecho

los países en desarrollo de alto crecimiento, al aumento absoluto de las emisiones de dióxido de carbono.

Además de pugnar por una política mundial de medio ambiente coherente, el compromiso intergeneracional y con la sociedad mundial actual de los países en desarrollo del mundo y de América Latina, debe ser el de contribuir a la reducción de las emisiones propias, cuidando mejorar los niveles de vida de la población. Cuatro posibilidades técnicas se abren aquí: a) acelerar la caída actual de la relación emisión de CO_2 -PIB; b) reducir el nivel de producción del PIB con la concomitante caída del consumo; c) aumentar la eficiencia técnica de máquinas y equipamientos en términos de consumo de energía, y d) retornar al uso de técnicas más intensivas en trabajo, con el posible colapso de la productividad del trabajo.