

**DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE:
DESCOMPOSICIÓN DE LAS TASAS DE CRECIMIENTO DE
LAS EMISIONES DE CO₂ Y AZUFRE EN ASIA Y AMÉRICA
LATINA, 1973-1999**

DÍAZ-VÁZQUEZ, M. Rosario*

CANCELO, M. Teresa

Universidad de Santiago de Compostela

Resumen

En este trabajo, se analiza la relación existente entre el crecimiento del PIB y el de las emisiones de CO₂ y azufre en un grupo de países no occidentales. El principal objetivo es avanzar en la investigación de los factores más influyentes en la relación PIB-emisiones. Para ello, se estudia, en primer lugar, la curva PIB-emisiones, en términos per cápita, en el periodo 1950-1999 y, seguidamente, se lleva a cabo un análisis de descomposición de la tasa de crecimiento de las emisiones en el periodo 1973-1999 con el fin de detectar los factores determinantes de la evolución de dicha tasa.

Palabras clave: Emisiones, Crecimiento, PIB, Consumo energético, análisis de descomposición.

Abstract

This paper contributes to the analysis of the economic factors that have played a major role in the explanation of the relationship between GDP and emissions (CO₂ and sulphur) in non-western countries. For this purpose, first, an analysis of the GDP-emissions curve is carried out for the period 1950-1999 and, second, a decomposition technique is applied to the emissions growth rates in selected Asian and Latin American countries for 1973-1999.

JEL classification: Q56, P28, C19, O53, O54, O57

Keywords: CO₂ and Sulphur Emissions, Sustained Economic Development, Energy Consumption, Decomposition Analysis of Emissions Growth Rates, Asia and Latin America.

* María-Rosario Díaz-Vázquez, Associate Professor of Economic Policy and María-Teresa Cancelo, Lecturer of Econometrics, Faculty of Economics, University of Santiago de Compostela, Spain, e-mail: mcancelo@usc.es

1. Introducción

En un trabajo anterior (Díaz-Vázquez y Cancelo, 2008b), llevamos a cabo un análisis de descomposición de la tasa de crecimiento de las emisiones de CO₂ y de azufre en el periodo 1973-99 para una muestra de países OCDE. Comprobamos que en algunos de estos países se habían producido decrementos en términos absolutos de las emisiones en el periodo analizado y estudiamos sus rasgos característicos.

En el estudio que ahora presentamos, se analiza la relación existente entre el crecimiento del PIB y el de las emisiones de CO₂ y azufre en un grupo de países no occidentales. Los objetivos perseguidos son: a) comprobar si en estos países las emisiones no han mantenido la tendencia creciente del PIB, como ha sucedido en muchos países pertenecientes al ámbito OCDE, b) comparar la evolución de las trayectorias PIB-CO₂ y PIB-azufre y c) avanzar en la investigación de los factores que determinan dichas trayectorias.

Con tales fines se estudia, en primer lugar, la curva PIB-emisiones, en términos per cápita, en el periodo 1950-1999 y, seguidamente, se lleva a cabo un análisis de descomposición de la tasa de crecimiento de las emisiones en el periodo 1973-1999 con el objeto de detectar los factores determinantes de la evolución de dicha tasa.

El estudio se estructura como sigue: en el epígrafe 2, se describen la técnica de descomposición y los datos utilizados; en el epígrafe 3, se analizan las curvas PIB-CO₂ y PIB-azufre; en el epígrafe 4, se lleva a cabo el análisis de descomposición; y, finalmente, se exponen las principales conclusiones.

2. Descripción de la técnica de descomposición y de los datos.

Como se ha señalado, uno de nuestros objetivos es profundizar en los factores que determinan la relación entre el crecimiento de determinadas emisiones y el PIB. Para ello, aplicamos una técnica de descomposición que permite separar los principales efectos que explican la evolución de la tasa de crecimiento de las emisiones.

Grossman y Krueger (1991) distinguen tres efectos que ya son bien conocidos en la literatura: el efecto escala, el efecto composición y el efecto técnico. Procedemos a explicar brevemente cada uno de ellos.

a) *Efecto escala*. Si todo lo demás permanece constante, el crecimiento de la actividad económica produce un incremento proporcional de las emisiones contaminantes.

b) *Efecto composición (o estructura)*. Recoge la variación de las emisiones debida a un cambio en la composición sectorial de la producción, *ceteris paribus*.

c) *Efecto técnico*. Recoge la variación en las emisiones provocada por los cambios en la tecnología, *ceteris paribus*.

Los efectos composición y técnico pueden llegar a compensar el efecto escala.

En cuanto a la técnica aplicada, hemos optado por la descomposición con datos agregados, al igual que en el estudio sobre países de la OCDE ya citado, debido a que no disponemos de los datos de los dos contaminantes con el nivel de desagregación necesario para aplicar descomposiciones más complejas (como la estructural o la basada en índices). Dado que esta técnica ya ha sido explicada en el trabajo anterior, nos limitamos aquí a recordar sus conceptos clave.

Para llevar a cabo la descomposición de la tasa de crecimiento de las emisiones de CO₂, hemos utilizado la ecuación empleada en la primera parte de su estudio por Proops *et al* (1993), que es la siguiente:

$$\frac{\Delta C}{C} \approx \frac{\Delta(C/E)}{(C/E)} + \frac{\Delta(E/Y)}{(E/Y)} + \frac{\Delta Y}{Y} \quad (1)$$

donde: C son las emisiones de CO₂; E es el consumo de energía de la economía; Y es el PIB de la economía

Para el caso del azufre, sustituimos en la ecuación 1 las emisiones de CO₂ (C) por las emisiones de azufre (S), de forma que:

$$\frac{\Delta S}{S} \approx \frac{\Delta(S/E)}{(S/E)} + \frac{\Delta(E/Y)}{(E/Y)} + \frac{\Delta Y}{Y} \quad (2)$$

Por tanto, la tasa de crecimiento de las emisiones analizadas se puede explicar, aproximadamente, por la suma de:

- a) La variación en el cociente entre las emisiones y el consumo de energía (respectivamente, C/E y S/E), esto es, el cambio en las emisiones por unidad de energía consumida, *ceteris paribus*. Recoge parte del efecto técnico, en concreto, el producido tanto por un cambio en la combinación de combustibles utilizada como porque se han empleado tecnologías que reducen las emisiones al final del proceso. Cabe recordar que en el caso del carbono no existían en el periodo estudiado tecnologías reductoras al final del proceso asequibles pero sí para el azufre.
- b) La variación en el cociente E/Y , esto es, los cambios en la cantidad de energía consumida por unidad de PIB, *ceteris paribus*. Recoge el efecto composición y el resto del efecto técnico (el derivado del uso de tecnologías más eficientes en el uso de la energía).
- c) La variación en Y . Es el efecto escala.

Las ecuaciones 1 y 2 son el resultado de una aproximación discreta de forma que el resultado de ambos miembros no va a coincidir y siempre quedará un resto. Ese resto será más importante cuanto mayor sea el periodo de tiempo considerado. Ahora bien, como indican Albrecht *et al* (2001), dado que se trata de una forma lineal simple se puede asumir que el residuo es “conjuntamente creado e igualmente distribuido”, lo que implicaría que la magnitud relativa de la contribución de los diferentes factores sobre el aumento de las emisiones no estaría sesgada por el residuo, por lo que los resultados pueden interpretarse correctamente.

Datos utilizados para el análisis de las curvas.

Para el análisis de las curvas, hemos utilizado los datos de PIB y de la población de University of Groningen and the Conference Board (2002). Los datos del PIB están expresados en millones de dólares USA de 1990 convertidos a paridades de poder de compra “Geary-Khamis” y los de población en miles de personas.

Los datos de emisiones de azufre, expresados en toneladas métricas, proceden de las series estimadas por Stern (2003)¹.

Los datos de emisiones de CO₂ son del *Carbon Dioxide Information Analysis Center* (CDIAC) del *Oak Ridge National Laboratory* (ORNL) perteneciente al *U.S. Department of Energy*². Los datos de emisiones de dióxido de carbono del ORNL incluyen las emisiones derivadas de combustibles fósiles (sólidos, líquidos y gaseosos), de antorchas de gas y de la producción de cemento (Marland *et al*, 2002). Los datos están expresados en miles de toneladas métricas de carbono. Hemos elegido las series de datos del ORNL porque son las que ofrecen una mayor cobertura temporal.

El periodo considerado es 1950-1999 para una muestra de países no occidentales, los cuales se citan en el epígrafe 3.

Datos utilizados para la descomposición.

Para el análisis de descomposición hemos utilizado también los datos de PIB de University of Groningen and the Conference Board (2002) y los datos de emisiones de azufre de Stern (2003).

Las emisiones de CO₂ se han calculado multiplicando las emisiones de CO₂ per cápita, proporcionadas por el Instituto de Recursos Mundiales (World Resources Institute, 2003) bajo el epígrafe “CO₂ (IEA data): Emissions *per capita*”, por los datos de población de las Naciones Unidas, y las hemos expresado en miles de toneladas métricas.

Dado que no se ofrecen datos separados para Taiwán y no se especifica nada al respecto, suponemos que los datos de emisiones de CO₂ de China incluyen los de Taiwán. Para poder ofrecer descomposiciones separadas utilizamos en estos dos casos los datos del ORNL.

En cuanto a los datos que vamos a utilizar para el consumo de energía son datos de la Agencia Internacional de la Energía proporcionados por el Instituto de Recursos Mundiales (World

¹ Posteriormente publicado en Stern (2005).

² Disponibles en http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/emis/meth_reg.htm
Consulta: 3-12-2002.

Resources Institute, 2003) bajo el epígrafe “Energy Consumption: Total from all sources”. Están expresados en miles de toneladas métricas equivalentes de petróleo y se refieren a la cantidad total de energía primaria consumida.

El periodo considerado es 1973-1999 para un conjunto de países previamente seleccionados en el análisis gráfico, los cuales se citan en el epígrafe 4.

3.- Análisis de las curvas PIB-CO₂ y PIB-azufre.

Curva PIB-CO₂.

Hemos comenzado analizando la trayectoria seguida por la curva PIB-CO₂ en términos per cápita en un conjunto de países no occidentales (PIB en el eje de abscisas, CO₂ en el de ordenadas). El objetivo de este análisis es comprobar si se ha producido una ruptura en la relación creciente entre las emisiones de CO₂ per cápita y el PIB per cápita (Moomaw y Unruh, 1997).

El periodo estudiado ha sido de 1950 a 1999. Los países considerados han sido los siguientes³: **África**: Egipto, Etiopía, Ghana, Kenya, Marruecos, Nigeria, Sudáfrica, República Democrática del Congo. **Asia**: Myanmar, China, Hong Kong, India, Indonesia, Filipinas, Corea del Sur, Sri Lanka, Taiwán, Tailandia. **América Latina**: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México, Perú, Venezuela. **Oriente Medio**: Israel, Irán, Irak, Arabia Saudita, Siria.

Los gráficos de estos países están disponibles en: Díaz-Vázquez y Cancelo (2008a).

La primera conclusión que obtenemos del análisis realizado es que no se observa una ruptura en la relación creciente entre el CO₂ y el PIB en ninguno de los países estudiados.

Por el contrario, sí existe un grupo de países en los que la curva que representa la relación entre las emisiones de CO₂ per cápita y el PIB per cápita mantiene, en general, una pendiente positiva a lo largo del periodo. Estos son: **América Latina**: Chile y Colombia; **África**:

³ Aunque Corea y México pertenecen a la OCDE, se ha preferido incluirlos en este estudio.

Egipto; **Asia:** China, Corea del Sur, Hong-Kong, India, Indonesia, Sri Lanka, Tailandia y Taiwán; y **Oriente Medio:** Israel. El resto de nuestro estudio se ceñirá a esta selección de países.

Debemos puntualizar que hemos incorporado en este grupo a aquellos países en los que, a pesar de existir una relación poco clara entre emisiones y PIB per cápita en la primera parte del periodo, se tiende a mantener una curva con pendiente positiva desde antes del comienzo de la década de los noventa. En este caso estarían Sri Lanka y Chile⁴. Por el contrario, no hemos incluido a los países en los que la curva tiene pendiente positiva en las primeras fases del periodo pero podría considerarse caótica en sus tramos finales, como serían los casos de México, Brasil, Filipinas o Marruecos⁵.

También hemos integrado en este grupo a aquellos países que muestran una curva de pendiente predominantemente positiva pero que se trunca en los dos o tres últimos años del periodo debido a que disminuye el PIB per cápita y, con él, las emisiones. Los hemos recogido en este grupo porque consideramos que ha predominado la relación creciente durante el periodo. Sería este el caso de algunos países asiáticos y latinoamericanos que se vieron muy afectados por la recesión asiática de 1997-1998 como, por ejemplo, Indonesia, Corea del Sur, Tailandia, Hong Kong, Colombia o Chile.

Igualmente, hemos incluido en este grupo a China porque, aunque con un PIB creciente sus emisiones disminuyen de manera notable a partir de 1996 (año en el que alcanza sus emisiones per cápita máximas), consideramos que domina la pendiente positiva en el periodo analizado.

⁴ En Sri Lanka, el comienzo de la curva positiva puede situarse en 1989 y, en Chile, en 1986.

⁵ En Brasil, el periodo que podríamos considerar “caótico” se extiende desde 1980 a 1992; a partir de 1992, la relación PIB-CO₂ en términos per cápita recupera una senda creciente. En México, el periodo “caótico” se produciría entre 1981 y 1996, fecha a partir de la cual la pendiente de la curva volvería a ser positiva. En Marruecos, la fase “caótica” comenzaría en 1980 y se extendería hasta el final del periodo. En Filipinas, comenzaría en 1982 y finalizaría en 1993; a partir de esa fecha la curva retomaría una tendencia creciente hasta 1997, fecha en la que se verá afectada por una contracción económica.

Ofrecemos en la tabla 1 alguna información relevante sobre la evolución de las emisiones de CO₂ y del PIB en los países seleccionados. Como se puede observar, estos países alcanzan sus emisiones máximas, tanto totales como per cápita, en los años finales del periodo considerado. Incluye emisiones de CO₂ per cápita, PIB per cápita y ratio CO₂/PIB en el año en que se producen las mayores emisiones de CO₂ per cápita en los países seleccionados (se incluye también el año en el que se generan las emisiones de CO₂ totales máximas).

Tabla 1. Emisiones de dióxido de carbono

	Año emisiones per cápita máximas ¹	CO ₂ per cápita	PIB per cápita (1990 US\$)	CO ₂ / PIB	Año emisiones totales máximas ¹
ASIA					
China	1996	0,75	2.821	0,26	1996
Corea del Sur	1997	2,51	12.994	0,19	1997
Hong Kong	1999	1,61	19.944	0,08	1999
India	1998	0,29	1.708	0,17	1999
Indonesia	1996	0,36	3.375	0,10	1997
Sri Lanka	1999	0,12	5.613	0,02	1999
Tailandia	1997	0,96	6.797	0,14	1997
Taiwán	1998	2,61	15.331	0,17	1998
OTROS					
Colombia	1997	0,52	5.550	0,09	1997
Israel	1999	2,90	15.964	0,18	1999
Chile	1999	1,14	10.039	0,11	1999
Egipto	1999	0,50	2.377	0,21	1999

⁽¹⁾ El periodo considerado es 1950-1999.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de University of Groningen and Conference Board (2002) y CDIAC (Marland *et al*, 2002). El PIB per cápita está expresado en dólares de 1990 por habitante y las emisiones de CO₂ per cápita están expresadas en toneladas métricas por habitante.

En cuanto a aquellos países en los que no se observa una relación creciente CO₂-PIB, se caracterizan o bien por no haber mantenido una relación consistente entre las emisiones y el PIB o bien por no haber mantenido un crecimiento consistente de su PIB per cápita durante el periodo analizado o en las últimas fases del periodo. Dadas las dificultades obvias que presenta su análisis, no van a ser objeto de atención en el resto de nuestro estudio. Los gráficos correspondientes a estos países están disponibles en Díaz-Vázquez y Cancelo (2008a).

Curva PIB-azufre.

Así como en el caso de las emisiones de CO₂ los países seleccionados se caracterizaban, en líneas generales, por una relación creciente entre las emisiones y el PIB a lo largo del periodo, las situaciones son más heterogéneas cuando analizamos la relación azufre-PIB. Podemos distinguir los siguientes grupos en función de la fecha en la que generan sus emisiones de azufre per cápita máximas (tabla 2). Incluye emisiones de azufre per cápita, PIB per cápita y ratio entre emisiones de azufre y PIB (S/PIB) en el año en que se producen las mayores emisiones de azufre per cápita en los países seleccionados (se incluye también el año en el que se generan las emisiones de azufre totales máximas).

A) Países que generan sus emisiones de azufre per cápita máximas en el periodo 1970-1980.

El único caso es Israel, el cual alcanza su máximo de emisiones de azufre per cápita en 1971 pero, como puede observarse en la tabla, no genera el volumen total máximo de emisiones hasta 1999.

En este país, cabe destacar la disminución brusca que se observa en las emisiones, tanto en términos per cápita como en totales, entre 1973 y 1976. Aunque las emisiones per cápita no vuelven a situarse en el resto del periodo en los niveles alcanzados a principios de los setenta, no sucede lo mismo con sus emisiones totales, las cuales vuelven a recuperar una senda creciente a partir de 1981.

B) Países que generan sus emisiones de azufre per cápita máximas en el periodo 1981-1990.

Por un lado, podemos agrupar, por sus características similares, a dos países asiáticos: Taiwán y Corea del Sur.

En estos países, mientras que la relación CO₂-PIB era prácticamente creciente a lo largo del periodo muestral, la curva de las emisiones de azufre per cápita llega a un máximo en 1989 y 1990, respectivamente, instalándose a partir de ahí una clara tendencia decreciente en las emisiones de azufre, a pesar del crecimiento de la renta. El proceso descrito comienza siendo más intenso en Corea del Sur que en Taiwán. Esto se traduce en que, en el primer caso, la disminución de las emisiones per cápita va acompañada por una caída de las emisiones totales, mientras que en Taiwán las emisiones totales no empiezan a disminuir hasta 1994.

Por otro lado, Egipto y Colombia alcanzan su máximo de emisiones per cápita de azufre en 1982 y 1984, pero generan el volumen total máximo en los últimos años del periodo, en concreto, en 1998 y 1995, respectivamente.

C) Países que generan sus emisiones de azufre per cápita máximas después de 1990.

Los países seleccionados que alcanzan sus emisiones de azufre per cápita máximas después de 1990 son: seis del área asiática (China, Hong Kong, India, Indonesia, Sri Lanka y Tailandia) y uno de América Latina (Chile).

Ahora bien, cabe subrayar que algunos de estos países llegan a sus niveles de emisiones de azufre per cápita máximas antes que a sus niveles máximos de CO₂ per cápita, como se puede observar comparando las tablas 1 y 2.

En el siguiente epígrafe llevamos a cabo el análisis de descomposición, el cual nos permitirá profundizar en las diferencias existentes entre la relación CO₂-PIB y la relación azufre-PIB.

Tabla 2. Emisiones de azufre

	Año emisiones per cápita máximas ¹	Emisiones azufre per cápita	PIB per cápita (1990 US\$)	S/PIB	Año emisiones totales máximas ¹
ASIA					
China	1996	10,77	2.821	3,82	1996
Corea del Sur	1990	19,90	8.704	2,29	1990
Hong Kong	1993	17,34	19.887	0,87	1993
India	1997	3,25	1.630	1,99	1997
Indonesia	1997	2,32	3.472	0,67	1997
Sri Lanka	1996	1,74	4.978	0,35	1996
Tailandia	1996	11,37	6.968	1,63	1996
Taiwán	1989	12,61	9.763	1,29	1994
OTROS					
Colombia	1984	3,31	4.239	0,78	1995
Israel	1971	24,62	8.711	1,83	1999
Chile	1999	104,59	10.039	10,42	1999
Egipto	1982	3,82	1.767	2,16	1998

(1) El periodo considerado es 1950-1999.

Fuente: Elaboración propia utilizando datos de University of Groningen and Conference Board (2002) y Stern (2003). El PIB per cápita está expresado en dólares de 1990 por habitante y las emisiones de azufre per cápita están expresadas en toneladas métricas por mil habitantes.

4. Descomposición con datos agregados de las tasas de crecimiento de las emisiones de CO₂ y azufre. Análisis de los resultados.

Antes de proceder al análisis de descomposición, en las tablas 3 y 4 presentamos los datos de emisiones de CO₂, de azufre, PIB y población de los años 1973 y 1999.

Con los datos que se presentan en las tablas 3 y 4 se puede observar que en el año 1999, en términos absolutos los países que

más emiten CO₂ son India, China y Corea del Sur, posiciones que mantenían en el año 1973. Por el contrario, los que en términos absolutos emiten menos son Sri Lanka, Hong Kong y Taiwán.

En términos per cápita, cambia radicalmente la situación de estos países, y los que más emiten por habitante son Israel, Corea del Sur y Hong-Kong. En el lado opuesto, como menos contaminantes por habitante estarían Sri Lanka, China e India.

Tabla 3. Emisiones de CO₂, azufre, PIB, consumo energético y población en 1973.

PAÍSES	CO ₂	Azufre	PIB	C. energ.	POB
ASIA					
China	263174	4328497	740048	425280	881940
Corea S.	67958	226960	96794	21070	34073
Hong Kong	9614	271	29931	3726	4213
India	237597	895838	494832	193720	580000
Indonesia	25728	95635	186900	40213	124271
Sri Lanka	3914	15507	19759	4135	13246
Tailandia	23457	88005	75511	16382	40302
Taiwán	10751	97640	63519	14145	15427
OTROS					
Colombia	29094	53289	80728	14190	23069
Israel	23452	77870	30839	8589	3197
Chile	21018	562815	50401	8632	9897
Egipto	22399	54323	36249	8076	35480

Nota: Las emisiones de CO₂ están expresadas en miles de toneladas métricas, las de azufre en toneladas métricas, el PIB en millones de dólares de 1990, el consumo energético en miles de toneladas métricas y la población en miles de habitantes.

Fuente: World Resources Institute (2003), Stern (2003) y University of Groningen and the Conference Board (2002).

Con relación a las emisiones de azufre, en términos absolutos los países que más emiten vuelven a ser China, India a la que se añadiría Chile. Por el contrario, los que menos contaminan en términos absolutos son, nuevamente Sri Lanka y Hong Kong, a los que, en este caso se añadiría Colombia.

En términos per cápita Chile pasaría a ser el país de mayores emisiones de azufre por habitante, seguida de Israel y de Corea del Sur (éstos dos últimos también son los países que más emisiones producen de CO₂ por habitante). En el lado opuesto y a gran distancia de los primeros, estarían Sri Lanka, Indonesia y Colombia.

Tabla 4. Emisiones de CO₂, azufre, PIB, consumo energético y población en 1999.

PAÍSES	CO ₂	Azufre	PIB	C. energ.	POB
ASIA					
China	771022	11493517	4148253	1088349	250464
Corea S.	408348	441730	619946	181365	47026
Hong Kong	44503	47853	139446	17886	6992
India	893418	2818669	1783709	480418	997892
Indonesia	251145	416723	650087	136121	221111
Sri Lanka	9374	27362	107020	7728	19065
Tailandia	155019	495607	375855	70415	60653
Taiwán	55333	183287	352772	79925	22010
OTROS					
Colombia	57960	87412	200612	28081	39016
Israel	55550	89086	91679	18493	5743
Chile	58573	1566172	150319	25348	14974
Egipto	106709	219100	159700	44490	67179
Nota: Las emisiones de CO ₂ están expresadas en miles de toneladas métricas, las de azufre en toneladas métricas, el PIB en millones de dólares de 1990, el consumo energético en miles de toneladas métricas y la población en miles de habitantes.					
Fuente: World Resources Institute (2003), Stern (2003) y University of Groningen and the Conference Board (2002).					

A continuación, en la tabla 5 presentamos los resultados que hemos obtenido para la descomposición de la tasa de crecimiento de las emisiones de CO₂ y, en la 6, los calculados para la de las emisiones de azufre. Los países están clasificados por grupos y, dentro de ellos, están ordenados en función del decremento de sus emisiones de CO₂, de mayor a menor decremento.

Tabla 5.- Descomposición de la tasa de crecimiento de las emisiones de CO₂ para el periodo 1973-1999.

PAÍSES	ΔC	$\Delta(C/E)$	$\Delta(E/Y)$	ΔY	Resto
ASIA					
Sri Lanka	3,42	0,96	-4,01	6,71	-0,25
China	4,22	0,52	-2,97	6,85	-0,18
India	5,23	1,61	-1,43	5,06	-0,01
Hong Kong	6,07	-0,14	0,12	6,10	0,00
Taiwán	6,50	-0,36	0,07	6,82	-0,02
Corea del Sur	7,14	-1,37	1,14	7,40	-0,03
Tailandia	7,53	1,67	-0,56	6,37	0,06
Indonesia	9,16	4,16	-0,10	4,91	0,19
OTROS					
Colombia	2,69	0,03	-0,87	3,56	-0,03
Israel	3,37	0,37	-1,23	4,28	-0,04
Chile	4,02	-0,20	-0,06	4,29	-0,01
Egipto	6,19	-0,56	0,86	5,87	0,01

Tabla 6.- Descomposición de la tasa de crecimiento de las emisiones de azufre para el periodo 1973-1999

PAÍSES	ΔS	$\Delta(S/E)$	$\Delta(E/Y)$	ΔY	Resto
ASIA					
Sri Lanka	2,21	-0,22	-4,01	6,71	-0,27
China	3,83	0,14	-2,97	6,85	-0,20
India	4,51	0,92	-1,43	5,06	-0,04
Hong Kong	22,02	14,87	0,12	6,10	0,93
Taiwán	2,45	-4,15	0,07	6,82	-0,28
Corea del Sur	2,59	-5,56	1,14	7,40	-0,40
Tailandia	6,87	1,04	-0,56	6,37	0,02
Indonesia	5,82	0,98	-0,10	4,91	0,04
OTROS					
Colombia	1,92	-0,72	-0,87	3,56	-0,05
Israel	0,52	-2,40	-1,23	4,28	-0,12
Chile	4,01	-0,21	-0,06	4,29	-0,01
Egipto	5,51	-1,19	0,86	5,87	-0,03

Crecimiento de las emisiones de CO₂ y de azufre en el periodo 1973-1999.

Resumimos, a continuación, las principales conclusiones relativas al crecimiento de ambos tipos de emisiones que se extraen de los datos obtenidos en la descomposición.

Principales diferencias y similitudes en el crecimiento de ambos tipos de emisiones.

Se puede apreciar que en ninguno de los países seleccionados se produce un decremento en términos absolutos de las emisiones consideradas en el periodo 73-99.

Ahora bien, la diferencia reside en que, en general, las emisiones de azufre crecen menos que las de CO₂⁶, aunque la disparidad es únicamente notable en Taiwán y Corea del Sur (tabla 7).

Tabla 7. Diferencia entre el crecimiento de las emisiones de CO₂ (ΔC) y el crecimiento de las emisiones de azufre (ΔS) en el periodo 1973-1999.

PAÍSES ^(*)	ΔC	ΔS	$\Delta C - \Delta S$
ASIA			
Sri Lanka	3,42	2,21	1,21
China	4,22	3,83	0,39
India	5,23	4,51	0,72
Hong Kong	6,07	22,02	-15,95
Taiwán	6,50	2,45	4,05
Corea del Sur	7,14	2,59	4,55
Tailandia	7,53	6,87	0,66
Indonesia	9,16	5,82	3,34
OTROS			
Colombia	2,69	1,92	0,77
Israel	3,37	0,52	2,85
Chile	4,02	4,01	0,01
Egipto	6,19	5,51	0,68

(*) Los países de cada grupo están ordenados en función del decremento de sus emisiones de CO₂, de mayor a menor decremento.

⁶ Salvo en Hong Kong donde las emisiones de azufre aumentan más que las de CO₂ y en Chile donde el crecimiento de ambos tipos es similar.

Relación entre crecimiento económico y crecimiento de las emisiones.

Sólo en China y Sri Lanka el crecimiento de las emisiones de carbono es claramente inferior al del PIB. En el resto de los países o bien ambas tasas son muy semejantes o bien crecen más las emisiones de carbono.

Por el contrario, si atendemos a la relación entre crecimiento económico y crecimiento de las emisiones de azufre, este último es mayoritariamente inferior al primero, siendo las excepciones Hong Kong, Tailandia e Indonesia.

Factores determinantes del crecimiento de las emisiones de CO₂.

En los países asiáticos hay un predominio claro del efecto crecimiento económico sobre el crecimiento de las emisiones. Al fuerte crecimiento del PIB hay, además, que añadir que en estos países sólo es negativa o bien la tasa de C/E o bien la de E/Y pero en ningún caso las dos. Como consecuencia, el crecimiento de las emisiones es también elevado.

Aún así, encontramos en Asia dos comportamientos diferenciados en el crecimiento de las ratios C/E y E/Y . Por una parte, Hong Kong, Taiwán y Corea del Sur presentan crecimientos en E/Y (aunque reducidos en los dos primeros casos) y decrementos en C/E . Este comportamiento es el contrario del resto de los países asiáticos en los que decrece de E/Y y crece C/E . Estos resultados indican que, en los tres países citados, la combinación de combustibles ha producido menos emisiones pero el efecto estructura y/o la eficiencia tecnológica habrían empeorado. Sucedería lo contrario en el resto de los países de esta región

En cuanto al resto de los países analizados, también hay un predominio del efecto crecimiento económico sobre el crecimiento de las emisiones. No presentan un patrón específico respecto al comportamiento de las ratios C/E y E/Y . Al menos uno de ellos es negativo, aunque en Chile lo son los dos.

En resumen, podemos afirmar que, en general, en los países seleccionados es el fuerte crecimiento económico (que oscila entre el 3,56 de Colombia y el 7,40 de Corea del Sur) la causa principal del crecimiento de las emisiones.

Factores determinantes del crecimiento de las emisiones de azufre.

En los países asiáticos hay un claro predominio del efecto crecimiento económico que da como resultado un incremento de las emisiones de azufre, como también se observaba en el caso del CO₂. Aún así, ese incremento es inferior al de las emisiones de carbono (excepto en Hong Kong) debido a que el crecimiento del cociente S/E , aunque sea positivo en la mayoría de los casos (al contrario de lo que sucede en las otras áreas analizadas), es inferior al del cociente C/E .

Ahora bien, de nuevo hay que señalar el comportamiento diferenciado de Taiwán y de Corea del Sur con respecto al resto de los países asiáticos. Aunque estos son los únicos países del área que, junto con Hong Kong, presentan crecimientos en el cociente E/Y , los cuales se suman al efecto crecimiento económico, también es cierto que son los únicos de la zona (con Sri Lanka) en los que disminuye el cociente S/E (mucho más que el C/E). Además, lo hace a unas tasas superiores a las de algunos países más desarrollados, como, por ejemplo, Estados Unidos (-3,24) y Canadá (-3,94). Aún así, no resulta suficiente para compensar el efecto escala.

En los otros países analizados, predomina el efecto crecimiento económico que compensa unos ratios S/E y E/Y , en general, negativos.

En resumen, en los países seleccionados vuelve a ser dominante el efecto crecimiento económico, como sucedía en el caso del carbono, lo que se une al hecho de que, en muy pocos casos, coincidan tasas de S/E y de E/Y negativas. El crecimiento económico llega a compensar incluso reducciones excepcionales dentro de este grupo en la ratio S/E como son las exhibidas por Taiwán y Corea del Sur (superiores al 4%).

5. Conclusiones

En relación con el análisis de las curvas PIB-emisiones, per cápita, en el periodo 1950-1999, destacamos las siguientes conclusiones:

- Respecto a la curva PIB-CO₂, la primera conclusión que obtenemos es que no se observa una ruptura en la relación creciente entre los dos indicadores en ninguno de los países considerados. Por el contrario, sí existe un grupo de países, mayoritariamente asiáticos, en los que la curva que representa la relación entre las emisiones de CO₂ per cápita y el PIB per cápita mantiene, en general, una pendiente positiva a lo largo del periodo considerado. Estos son: Chile, Colombia, Egipto, China, Corea del Sur, Hong-Kong, India, Indonesia, Sri Lanka, Tailandia, Taiwán e Israel. El resto de los países analizados presentan una relación PIB-CO₂ “caótica”.

- Respecto a la curva PIB-azufre, las situaciones son más heterogéneas. Ahora bien, sólo cinco países alcanzan sus emisiones por habitante máximas antes de 1991 y, de ellos, únicamente Corea alcanza sus emisiones totales máximas antes de esa fecha (en 1990).

Los comportamientos descritos contrastan con el notable debilitamiento de la correlación entre las emisiones estudiadas y el PIB per cápita que se produce en una gran parte de los países OCDE, especialmente a raíz de las crisis petrolíferas de los setenta (Díaz-Vázquez y Cancelo, 2008c).

Del análisis de descomposición llevado a cabo para el periodo 1973-99 en los países seleccionados, destacamos las siguientes conclusiones:

- En el caso del CO₂, hemos comprobado que en estos países no decrecen las emisiones totales, como sí ocurre en algunos de la OCDE, lo que es debido, fundamentalmente, a las elevadas tasas de crecimiento del PIB unido al hecho de que o bien es negativa la tasa C/E o bien la E/Y pero en muy raros casos lo son las dos. El resultado es un crecimiento también elevado de las emisiones. Las características citadas difieren de las observadas en trabajos previos en muchos países de la OCDE (Díaz-Vázquez y Cancelo, 2008b) en los cuales la pauta general es de crecimiento económico moderado y decremento de los dos cocientes C/E y E/Y , lo que se traduce en un

crecimiento bajo de las emisiones de CO₂ (y, en algunos casos, en un decremento).

- En el caso del azufre, tampoco se observa ningún decremento de las emisiones (al contrario de lo que sucede en muchos países OCDE) aunque cabe precisar que las tasas de crecimiento son inferiores a las de CO₂ (excepto en Hong Kong). Al igual que en el caso del carbono, vuelve a ser dominante el efecto del crecimiento económico, a lo que se une el hecho de que, en muy pocos casos, coincidan tasas de *S/E* y de *C/E* negativas. Destaca el fuerte decremento de la ratio *S/E* en Taiwán y Corea del Sur, excepcional dentro de este grupo de países, aunque insuficiente para compensar el efecto escala.

Procede recordar que, aunque no exhiban decrementos en las emisiones de azufre en el periodo 1973-99, hemos observado en el análisis gráfico que Corea y Taiwán figuran entre los países del grupo en los que comienzan a disminuir antes este tipo de emisiones (a partir de 1990 y de 1994, respectivamente), deducimos que como resultado del decremento de la ratio *S/E*. Para profundizar en las causas de estos comportamientos diferenciados, sería de interés llevar a cabo el análisis de descomposición por subperiodos, tarea que queda fuera del alcance de este artículo pero que será abordada en trabajos posteriores.

Bibliografía

Albrecht, J; François, D, and Schoors, K. (2001): "A Shapley decomposition of carbon emissions without residuals", Working Paper, Universiteit Gent, Faculteit Economie en Bedrijfskunde, December.

Díaz-Vázquez, M.R. y Cancelo, M.T. (2008a): *Relación entre el PIB per cápita y las emisiones de CO₂ y azufre: análisis gráfico para el período 1950-99*. Working Papers Series Economic Development, 99. Disponible en: <http://ideas.repec.org/s/eea/ecodev.html>

Díaz-Vázquez, M.R. y Cancelo, M.T. (2008b): "Desarrollo sostenible y medio ambiente: descomposición de las tasas de crecimiento de las

emisiones de CO₂ y azufre 1973-99 en los países de la OCDE”. *Estudios Económicos de Desarrollo internacional*, vol. 8-1.

Díaz-Vázquez, M.R. and Cancelo, M.T. (2008c): “The dissociation between economic growth and environmental degradation : An Environmental Kuznets Curve?. Forthcoming.

Grossman, G. and Krueger, A. (1991): “Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement”, Working paper- 3914, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA, November

Marland, G.; Boden, T.A. and Andres, R.J. (2002): Global, Regional, and National Fossil Fuel CO₂ emissions. In *Trends: A Compendium of data on Global Change*. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., USA.

Moomaw, W.R. and Unruh, G.C. (1997): “Are Environmental Kuznets Curve misleading us? The case of CO₂ emissions”, *Environment and Development Economics* 2, pp.451-463

Proops, J.L.R.; Faber, M. and Wagenhals, G. (1993): *Reducing CO₂ emissions. A comparative Input-Output study for Germany and the UK*. Springer-Verlag, Berlin

Stern, D.I. (2003): “Global sulfur emissions in the 1990s”, Working Paper, Department of Economics, Rensselaer Polytechnic Institute, New York. Los datos que hemos utilizado, que se citan y explican en este trabajo, se tomaron de <http://www.rpi.edu/~sternd/datasite.html>. Consulta: 23-9-2003.

Stern, D.I. (2005): “Global sulfur emissions from 1850 to 2000”. *Chemosphere*, 58, pp. 163-175.

University Of Groningen and The Conference Board (2002): *GGDC Total Economy Database*, <http://www.eco.rug.nl/ggdc> Consulta: 5-12-2002.

World Resources Institute (2003): *Earthtrends* en: <http://earthtrends.wri.org/text/theme6vars.htm> Consulta: 19-11-2003

Journal published by the EAAEDS: <http://www.usc.es/economet/ea.html>