



Emisiones territoriales y fuga de emisiones. Análisis del caso español

Iñaki Arto

Comisión Europea. Centro Común de Investigación (JRC). Instituto de Prospectiva Tecnológica (IPTS). C/Inca Garcilaso 3. E-41092 Sevilla, España

inaki.arto@ec.europa.eu, i.arto@ehu.es

Jordi Roca

Departamento de Teoría Económica, Universidad de Barcelona. Avda. Diagonal, 690. 08034 Barcelona, España

jordiroca@ub.edu

Mònica Serrano

Departamento de Teoría Económica, Universidad de Barcelona. Avda. Diagonal, 690. 08034 Barcelona, España

monica.serrano@ub.edu

Fecha de recepción: 18/10/2011. Fecha de aceptación: 09/12/2011

Resumen

Habitualmente las estadísticas oficiales consideran exclusivamente las emisiones que un país produce en el interior de su territorio. Este enfoque, conocido como "responsabilidad del productor", no tiene en cuenta el papel del comercio internacional. Esta limitación ha dado lugar a una perspectiva diferente para asignar las emisiones por países. Según el enfoque de la "responsabilidad del consumidor" un país es responsable de todas las emisiones asociadas a su demanda interior, independientemente de dónde se hayan producido. Este artículo estima, mediante la metodología input-output, las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al comercio exterior de España y analiza las emisiones desde el enfoque del consumidor para el periodo 1995-2007. Metodológicamente se presenta una novedad importante: la aplicación del supuesto de la tecnología doméstica a nivel físico. La conclusión, con importantes implicaciones políticas, es que la demanda interna de España genera mayores emisiones de lo que reflejan los inventarios oficiales. Además, el desequilibrio entre las emisiones "contenidas" en las importaciones y las asociadas a las exportaciones fue creciente durante el período considerado, especialmente debido al comercio con los países no incluidos en el Anexo B del Protocolo de Kioto.

Palabras clave: Input-output; Emisiones gases efecto invernadero; Comercio internacional; Responsabilidad del consumidor; España.

Abstract

Official statistics only consider the emissions generated within the borders of a country. This approach, called "producer responsibility", does not take into account the role of international trade. This limitation has given place to a different perspective on the attribution of emission responsibilities among countries. According to this new perspective of "consumer responsibility" a country would be responsible for all the emissions associated with the production of the goods and services for attending its domestic demand. This paper uses input-output techniques to account for the embodied emissions of greenhouse gases in Spanish international trade, and to analyse the emissions from the consumer perspective for the period 1995-2007. Methodologically this paper presents an important novelty: we apply the domestic technology assumption in physical terms. Our conclusion, with important political implications, is that the Spanish domestic demand generates higher emissions than those reported by the official inventories. Moreover, the imbalance between the "embodied" emissions in imports and exports has increased during the period of analysis, especially due to the trade with the non-Annex B countries of the Kyoto Protocol.

Key words: Input-output; Greenhouse gas emissions; International trade; Consumer responsibility; Spain.

JEL Codes: C67, F18, Q54, Q56.



1. Planteamiento del problema

El enfoque habitual para asignar responsabilidades por las emisiones contaminantes es el "territorial", es decir, los países se consideran responsables del conjunto de emisiones que se producen dentro de las fronteras de su territorio y únicamente de dichas emisiones. Los inventarios oficiales de contaminantes atmosféricos responden a este principio de "territorialidad" y recogen únicamente las emisiones generadas en el interior de las fronteras de cada país. Este es, por ejemplo, el caso de los inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero (IPCC 2006). Una importante limitación de este enfoque es que no tiene en cuenta el papel del comercio internacional. Por un lado, parte de las emisiones generadas en un país son para producir bienes que se exportan a otros países y, por otro lado, las demandas del país generan en otros lugares emisiones asociadas a productos que se importan.

Esta limitación ha dado lugar a una perspectiva diferente sobre la asignación de responsabilidades por las emisiones entre diferentes países. Según esta perspectiva un país sería responsable de todas las emisiones directa e indirectamente asociadas a la producción de los bienes que demanda internamente. El término que desde hace años se utiliza para referirse a este enfoque es el de la "responsabilidad del consumidor" que se diferencia de la tradicional "responsabilidad del productor" (Proops et al. 1993; Steenge 1999; Munksgaard & Pedersen 2001); similarmente se habla de principios de contabilidad basados en el consumo o basados en la producción (Peters 2008). Para el cálculo de las emisiones según el principio del consumidor, a las emisiones generadas dentro de un país se añaden las emisiones asociadas a las importaciones y se restan las asociadas a las exportaciones. La comparación entre la "responsabilidad del consumidor" y la "responsabilidad del productor" de un país se relaciona directamente con lo que podemos llamar la "balanza comercial de emisiones" (Weidema et al. 2006; Peters & Hertwich 2008; Serrano & Dietzenbacher 2010). Si las emisiones

incorporadas en las importaciones son mayores que las incorporadas en las exportaciones, la responsabilidad del país como "consumidor" será más alta que como "productor" y se puede decir que es un "exportador neto" de emisiones, es decir, parte de las emisiones que generan sus patrones de consumo quedan "ocultas" porque se producen en otros países¹.

La distinción entre los dos tipos de responsabilidades y el cálculo de la balanza de emisiones es enormemente relevante para la política ambiental tanto para el caso de las emisiones con impacto básicamente local/regional como para los contaminadores globales. En el primer caso, si el cálculo da un déficit de emisiones ello se puede considerar una medida del desplazamiento de carga o costes ambientales hacia otros países (Muradian & Martínez-Alier 2001), lo cual se relaciona directamente con uno de los aspectos de la llamada "deuda ecológica". Esta cuestión está también conectada con la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets, según la cual la relación entre crecimiento económico y degradación ambiental tendría una forma de U invertida (Grossman & Krueger 1991). Respecto a dicha hipótesis, cabe objetar no sólo que la evidencia empírica únicamente parece favorable para algunos contaminantes y periodos específicos, sino que la reducción en la degradación ambiental en unos territorios podría resultar no de una mejora genuina, sino de desplazar mediante el comercio presiones ambientales a otros territorios (Arrow et al. 1995; Stern et al. 1996).

En el caso de los contaminantes globales, la distinción entre ambos tipos de responsabilidades conecta con el vivo debate

¹ Vale la pena introducir una precisión terminológica. Aunque utilizamos el término perspectiva del "consumidor" por estar muy asentado en el debate sería más preciso hablar de perspectiva de la "demanda interior" o "demanda doméstica" ya que la demanda interior de un país incluye no solo lo que contablemente se considera "consumo privado" sino también "inversión privada" (en vivienda o maquinaria) y "gasto público". Por otro lado, en el caso de las emisiones de carbono es frecuente utilizar el término "huella de carbono" para referirse a las emisiones de un país desde la perspectiva del "consumidor", es decir, independientemente de donde se generen (ver el número especial de Economic System Research 2009, volume 21(3); Wiedmann 2009; Minx et al. 2009).



político sobre cómo evaluar la contribución relativa de países diferentes a un problema global, como el cambio climático. Además, cuando un acuerdo internacional sobre emisiones sólo afecta a algunos países, los países regulados (conocidos, en el caso del protocolo de Kioto, como los países del Anexo B) podrían lograr sus objetivos nacionales “exportando” emisiones a otros países que no tienen limitaciones establecidas según el acuerdo. Esta posibilidad, ya indicada por Wyckoff & Roop (1994) años antes del Protocolo de Kioto, también se conoce como el problema de la “fuga de carbono”.

En definitiva, la comparación de emisiones según la responsabilidad “del consumidor” o “del productor” y la balanza de emisiones es una cuestión importante para la política ambiental –y para los debates sobre la justicia ambiental– que justifica el creciente interés por su estudio y cuantificación.

En este artículo se utiliza la metodología input-output para contabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al comercio exterior de España y analizar las emisiones desde el enfoque del consumidor. Este trabajo presenta dos tipos de aportaciones: a nivel metodológico y aplicado. A nivel metodológico, porque en lugar del tradicional supuesto de la tecnología doméstica (STD) en términos monetarios utilizado habitualmente en este tipo de estudios, planteamos una alternativa novedosa que denominamos STD en términos físicos. A nivel aplicado, porque por primera vez se estima una serie de datos de emisiones para España de gases de efecto invernadero (lo que se realiza para el máximo periodo para el que los actuales datos permiten realizar este tipo de cálculo con fiabilidad, desde 1995 hasta 2007). Y también por primera vez se presentan datos desagregados por países sobre las emisiones asociadas a las importaciones y exportaciones españolas.

2. Aproximación metodológica

El cálculo de las emisiones asociadas a importaciones y exportaciones de un país no es fácil por varias razones. En primer lugar, no es suficiente conocer cuál es la balanza comercial entre el país y el resto de países sino que se requiere tener en cuenta la composición sectorial del comercio exterior. En segundo lugar, no se deben tener en cuenta sólo las emisiones directas asociadas a la producción de los bienes intercambiados sino las generadas a lo largo de toda la cadena productiva (para producir los inputs utilizados y los inputs de los inputs,...). Los modelos input-output económico-ambientales permiten calcular los impactos ambientales asociados al comercio internacional teniendo en cuenta tanto el tipo de bienes objeto del comercio como las relaciones intersectoriales de la economía y sus repercusiones ambientales. Es por esto que este tipo de modelos han sido ampliamente utilizados para el análisis de las consecuencias ambientales del comercio internacional².

Cuando lo que nos interesa es analizar las emisiones desde la perspectiva de la “responsabilidad del consumidor” de una economía con importantes intercambios con el exterior, lo ideal sería acudir a un modelo input-output multiregional (MRIO) ampliado ambientalmente (Minx et al. 2009). En dichos modelos el mundo está dividido en diferentes regiones (o países) y se tienen en cuenta todas las interdependencias comerciales a nivel sectorial. La aplicación empírica de dichos modelos requiere conocer las estructuras tecnológicas –y emisiones asociadas– de las distintas regiones, que son diferentes, así como sus relaciones comerciales. Existe una base de datos llamada Global Trade Analysis Project (GTAP) que ha sido utilizada por diversos autores para analizar las emisiones asociadas al comercio internacional (e.g. Peters & Hertwich 2008; Andrew et al. 2009; Wilting & Vringer 2009; Muñoz & Steininger 2010). Sin embargo, esta base de datos presenta diferentes inconsistencias y

² Wiedmann et al. (2007) ofrecen una revisión de la literatura sobre el uso de modelos input-output para el análisis de los impactos ambientales contenidos en el comercio internacional.



problemas (Peters & Hertwich 2008). Por otro lado, están en marcha diversas iniciativas internacionales –como los proyectos EXIOPOL (Tukker et al. 2009) y WIOD (<http://www.wiod.org>)– para construir tablas input-output multiregionales incluyendo indicadores ambientales que pueden representar un gran avance en la información disponible (Wiedmann et al. 2011). La base de datos resultante del proyecto EXIOPOL dispone de un importante nivel de desagregación sectorial (129 actividades económicas y productos) y unas cuentas ambientales completas que incluyen información sobre emisiones de diversos contaminantes al agua y a la atmósfera, y uso de recursos (materiales, energía, agua y tierra). Todo ello hará de EXIOPOL una base de datos especialmente útil a la hora de realizar análisis económico-ambientales detallados. Sin embargo, esta base de datos incluye únicamente información para el año 2000, lo cual imposibilita su uso a la hora de analizar la evolución en el tiempo de las presiones ambientales³. WIOD, por su parte, estará disponible en el año 2012 y sí que incluirá series temporales, si bien su nivel de resolución sectorial se limitará a 30 sectores.

Lo más frecuente hasta el momento ha sido aplicar el llamado “supuesto de la tecnología doméstica” (STD), según el cual las tecnologías (y las emisiones asociadas) de los diferentes sectores económicos en el resto del mundo serían las mismas que en el país analizado. Dentro del marco input-output, este supuesto se concreta en que i) las emisiones por unidad de output de cada uno de los sectores del resto del mundo son las mismas que las del país analizado, ii) la estructura de inputs intermedios de cada sector en el resto del mundo es idéntica a la del país analizado⁴.

³ El proyecto "Compiling and Refining Environmental and Economic Accounts, CREEA", financiando por la Comisión Europea, pretende actualizar y mejorar la base de datos EXIOPOL.

⁴ Una limitación del marco input-output es que los sectores y productos que en él se representan son en realidad grupos o agregaciones de sectores y de productos. De esta forma, cada sector/producto agrupa un conjunto de actividades/productos que, si bien tienen ciertas similitudes, son distintos entre sí. Ello hace que las emisiones por unidad de producto importado y exportado serán diferentes por un factor que no tiene que ver

Algunos ejemplos son Walter (1973), Proops et al. (1993), Kondo et al. (1998), Munksgaard & Perderson (2001), Machado et al. (2001), Tolmasquim & Machado (2003), Sánchez-Chóliz & Duarte (2004), Mongelli et al. (2006), Mukhopadhyay & Chakraborty (2005), Dietzenbacher & Mukhopadhyay (2007) y Tunç et al. (2007). El STD es muy restrictivo, pero en ausencia de mayor información puede considerarse una primera aproximación para estimar las emisiones incorporadas en las importaciones. Otra forma de interpretar este supuesto es diciendo que en realidad no estamos calculando las emisiones generadas al producir las importaciones, sino las emisiones evitadas gracias a las importaciones, es decir, las que el país “se ahorra” al no tener que producir con su propia tecnología las mercancías importadas (Weber et al. 2008). La aplicación práctica del STD se ha basado hasta ahora en el supuesto de que los inputs y las emisiones asociadas por “unidad de valor” de cada sector son las mismas en el resto del mundo que en el país analizado. Obviamente, este supuesto es bastante restrictivo y así ha sido señalado en trabajos anteriores. Sin embargo y por lo que sabemos, hasta la fecha se ha pasado por alto que la aplicación del STD en términos de mismas emisiones por unidad de valor va más allá de la asunción de técnicas de producción idénticas, pues implícitamente asume que los precios (traducidos a una divisa común) de las mercancías importadas y exportadas son los mismos. Esto se aleja considerablemente de la realidad. En este artículo adoptaremos un supuesto alternativo y novedoso al que denominamos “STD físico” –en contraste al habitual “STD monetario”– según el cual las emisiones por unidad física de cada producto de los sectores primarios e industriales son las mismas en el país analizado y en el extranjero⁵⁶.

ni con tecnologías ni con precios relativos, sino con la diferente composición de importaciones y exportaciones. Esta limitación, sin embargo, afecta igualmente al STD “monetario” y al “físico”.

⁵ Para el caso de los servicios, dado que no existe información sobre su intercambio en unidades físicas, aplicaremos el “STD monetario” tradicional.

⁶ Hay un caso específico, el del sector de extracción de petróleo y gas natural, en el que no hemos aplicado el STD. En España la producción doméstica de este sector respecto a las



Así, por ejemplo, las emisiones de productos de confección de China importados por España se estimarían no a partir de las emisiones que comportaría producir el mismo valor de productos de confección en España sino la misma cantidad física en toneladas. Nuestra idea es que, dado que los precios del mismo tipo de productos importados de China es inferior al de los precios de las producciones interiores, el "STD monetario" subestimaría las emisiones asociadas a dichos productos y es mejor aplicar el "STD físico", aunque sigue siendo una simplificación que sólo se justifica por las dificultades actuales de trabajar con auténticas tablas input-output multiregionales que incorporen datos de los diferentes países. Los detalles metodológicos de la aplicación del "STD físico" aparecen en el anexo del artículo.

3. Análisis empírico del caso español: datos y resultados

Como se ha señalado, existe un importante número de trabajos centrados en el análisis de las emisiones contenidas en el comercio internacional. Para España los trabajos en este sentido son muy pocos. Cabe citar Sánchez-Chóliz & Duarte (2004), que analiza las emisiones de CO₂ asociadas al comercio internacional en España para el año 1995, y Serrano & Roca (2008a, 2008b) y Serrano & Dietzenbacher (2010), que se refieren a los años 1995 y 2000 y analizan un mayor número de contaminantes atmosféricos. En todos estos casos se utiliza el "STD monetario".

Aquí hemos aplicado el modelo basado en el "STD físico". Los únicos precedentes de este enfoque con una primera aplicación al caso español que conocemos son los que presentamos en Arto (2009) y Arto et al. (2010). En el presente artículo estimamos las

importaciones es muy pequeña. Este hecho provocaba que la aplicación a las importaciones de la intensidad de emisiones interna diera resultados poco razonables. En consecuencia, para este sector hemos decidido aplicar a las importaciones una intensidad en emisiones diferente de la doméstica. Concretamente hemos escogido aplicar la intensidad de Noruega, ya que el mix de producción de petróleo-gas noruego es similar al perfil importador de España.

emisiones de seis gases de efecto invernadero ligadas al comercio internacional de España para el período 1995-2007. A partir de esta estimación hemos realizado un análisis comparativo de las emisiones españolas desde el punto de vista del productor con las emisiones desde el punto de vista del consumidor. Las fuentes primarias de datos son las tablas de origen y destino del marco input-output de España elaboradas por el Instituto Nacional de Estadística (INE) (INE 2005, 2010a) así como las cuentas satélite de emisiones atmosféricas tipo NAMEA que elabora el mismo INE (INE 2010b). A partir de dichas fuentes primarias hemos elaborado unas tablas input-output simétricas por producto para el período 1995-2007 con una desagregación de 70 productos que proporcionan también estimaciones de emisiones atmosféricas por producto siguiendo la misma clasificación. Utilizamos, además, la estadística de comercio exterior que ofrece información anual sobre los flujos de importaciones y exportaciones según país de origen y/o destino, peso y valor monetario (Agencia Tributaria 2010). Los gases considerados han sido los seis gases de efecto invernadero regulados por el protocolo de Kioto (CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, HFC y PFC) agregados en toneladas de CO₂-equivalente.

En la Tabla 1 aparecen los resultados de las emisiones ligadas al comercio exterior español en donde se constata su papel de "exportador neto de emisiones". En consecuencia, las emisiones necesarias para mantener la demanda final interior española (emisiones desde la "perspectiva del consumidor") fueron en todos los años considerados mayores que las que reflejan las estadísticas habituales (basadas en la "perspectiva del productor")⁷. No solo fueron

⁷ El criterio contable de las cuentas NAMEA es el "residencial" más que el estrictamente "territorial" (utilizado para los compromisos de Kioto) de forma que en este trabajo se ha considerado como indicador de las emisiones "desde la perspectiva del productor" no el conjunto de las emisiones realizadas dentro de las fronteras españolas sino las estimadas para los residentes en España (no incluyendo por ejemplo las estimaciones de las emisiones de los turistas extranjeros en España pero sí las de las de los españoles cuando viajan el extranjero). En el caso español las diferencias entre el enfoque "territorial" y el "residencial" son, sin embargo, muy pequeñas.



Tabla 1. Emisiones asociadas al comercio internacional. España, 1995-2007. Millones toneladas CO₂-equivalente.

	Emisiones asociadas a las importaciones (1)	Emisiones asociadas a las exportaciones (2)	Saldo (1)-(2)
1995	114	84	30
1996	99	82	18
1997	127	105	23
1998	147	110	37
1999	170	118	53
2000	185	130	55
2001	177	126	51
2002	211	137	74
2003	182	127	55
2004	206	137	69
2005	230	145	86
2006	294	160	134
2007	303	168	135

Fuente: Elaboración propia. Ver texto y anexo metodológico.

Tabla 2. Emisiones desde la "perspectiva del productor" y desde la "perspectiva del consumidor". España. 1995-2007. Millones toneladas CO₂-equivalente.

	Emisiones "perspectiva del productor" (1)	Saldo comercial en términos de emisiones (importaciones-exportaciones) (2)	Emisiones "perspectiva del consumidor" (1)+(2)	(2)/(1)
1995	312	30	342	9.51%
1996	304	18	321	5.77%
1997	325	23	348	6.98%
1998	335	37	372	11.07%
1999	363	53	416	14.52%
2000	377	55	432	14.52%
2001	377	51	428	13.65%
2002	394	74	468	18.86%
2003	400	55	455	13.70%
2004	416	69	485	16.53%
2005	432	86	518	19.80%
2006	425	134	559	31.45%
2007	435	135	570	30.95%

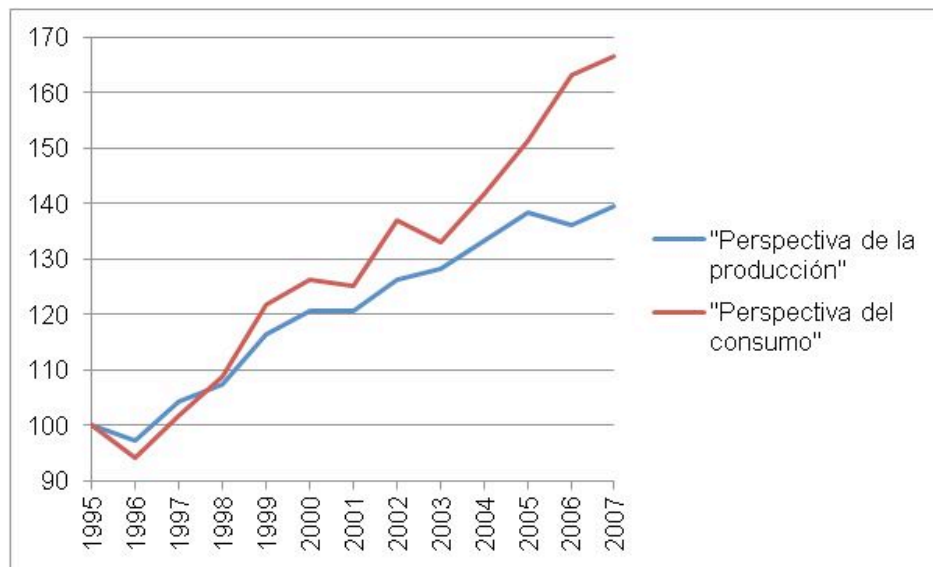
Fuente: Elaboración propia. Ver texto y anexo metodológico.

mayores sino que la distancia relativa entre las emisiones según ambas perspectivas fue tendencialmente creciente: mientras la "exportación neta de emisiones" equivalía en 1995 al 9.51% de las estimaciones contabilizadas oficialmente, en el año 2007 el porcentaje era del 30.95% (Tabla 2).

En la Figura 1 se presenta la evolución de las emisiones desde ambas perspectivas entre 1995 y 2007. En dicho periodo las emisiones españolas crecieron de forma espectacular según las estadísticas oficiales: un 40%, alejándose totalmente de los compromisos



Figura 1. Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero desde la "perspectiva del productor" y desde la "perspectiva del consumidor". España. 1995-2007. Base 1995 = 100.



Fuente: Elaboración propia. Ver texto y anexo metodológico.

adquiridos según el protocolo de Kioto⁸. Pero lo que evidencia la figura es que, teniendo en cuenta el comercio internacional y dado que la exportación neta de emisiones creció aún más que las emisiones generadas en España, se puede concluir que la demanda final interior española fue responsable de un aumento de emisiones mucho mayor. El aumento así estimado –con todas las cautelas necesarias– es de casi el 67%⁹. Esto implica que las estadísticas oficiales estarían infravalorando en un 27% el incremento en las emisiones entre 1995 y 2007.

⁸ El compromiso de limitación de emisiones de gases de efecto invernadero de España establece que en el período 2008-2012 éstas no podrán superar en más de un 15% el nivel registrado en el año 1990 (Consejo de la Unión Europea 2002).

⁹ Como ya se ha explicado, y se detalla en el anexo, hemos optado por una metodología basada en la hipótesis de la tecnología doméstica por unidad física de producto ("STD físico"). Más habitual es aplicar la hipótesis en términos de unidad monetaria de producto ("STD monetario"). De hacerlo así (y con la misma corrección ya señalada para el caso del petróleo) los resultados no variarían cualitativamente aunque sí cuantitativamente. La exportación neta de emisiones y su aumento sería bastante más moderado: el saldo de emisiones respecto a las emisiones oficiales pasaría del 4,89% al 10,37% (comparar con Tabla 2) lo que supondría que el aumento de emisiones según la perspectiva de la demanda final interior ("responsabilidad del consumidor") sería de cerca del 47% (comparar con Tabla 2 y Figura 1). Las diferencias entre ambos enfoques vendrían determinadas por las diferencias en la evolución de los precios de importaciones y exportaciones que a su vez dependen de diversos factores (estructuras de costes de cada país, políticas fiscales, tipos de cambio, etc.).

En la Tabla 3 y en la Figura 2 podemos ver la desagregación de la "balanza comercial de emisiones" según sean los intercambios comerciales con los países del Anexo B del protocolo de Kioto (con compromisos cuantitativos de limitación de emisiones) o con los países que no pertenecen al Anexo B. Estos últimos son muy diferentes en cuanto a disponibilidad de recursos, tecnologías y especialización productiva pero tienen en común que son países en general menos ricos y que en muchos casos probablemente generan mayores emisiones por unidad de producción¹⁰. Tanto para el conjunto del Anexo B como para el resto del mundo las emisiones asociadas a las importaciones fueron superiores a las de las exportaciones para todos los años del período considerado y en ambos casos la diferencia aumentó; sin embargo, el desequilibrio aumentó mucho más en el caso de los países de fuera del Anexo B (multiplicándose por un factor de 7,9) que para el conjunto de los países del Anexo B (en que se multiplicó por 2,3). Por tanto, la dinámica de crecimiento de las emisiones en España no sólo se estuvo alejando considerablemente de sus compromisos internacionales sino que

¹⁰ Cuestión que requiere más investigación y que nuestra metodología no tiene en cuenta y que debe analizarse a partir de modelos input-output multiregionales.



nuestros resultados justifican la preocupación por el hecho de que los controles de las emisiones en una parte del mundo pueden – incluso si fuesen eficientes– verse contrarrestados por la “fuga” o desplazamiento de emisiones a otros territorios.

Tabla 3. Diferencia entre emisiones asociadas a las importaciones y las asociadas a las exportaciones (saldo de la balanza comercial de emisiones) total y desagregada. Millones toneladas CO₂-equivalente. España. 1995-2007.

	Anexo B	no Anexo B	Sin asignar	Total
1995	22	12	-4	30
1996	13	9	-4	18
1997	17	10	-5	23
1998	25	16	-5	37
1999	31	26	-5	53
2000	31	30	-6	55
2001	29	29	-6	51
2002	43	39	-8	74
2003	26	36	-7	55
2004	34	42	-7	69
2005	44	49	-8	86
2006	62	80	-8	134
2007	50	92	-7	135

Fuente: Elaboración propia. Ver texto y anexo metodológico.

Un análisis más detallado (Tabla 4) permite ver que el principal país con el cual España tiene un desequilibrio comercial en términos

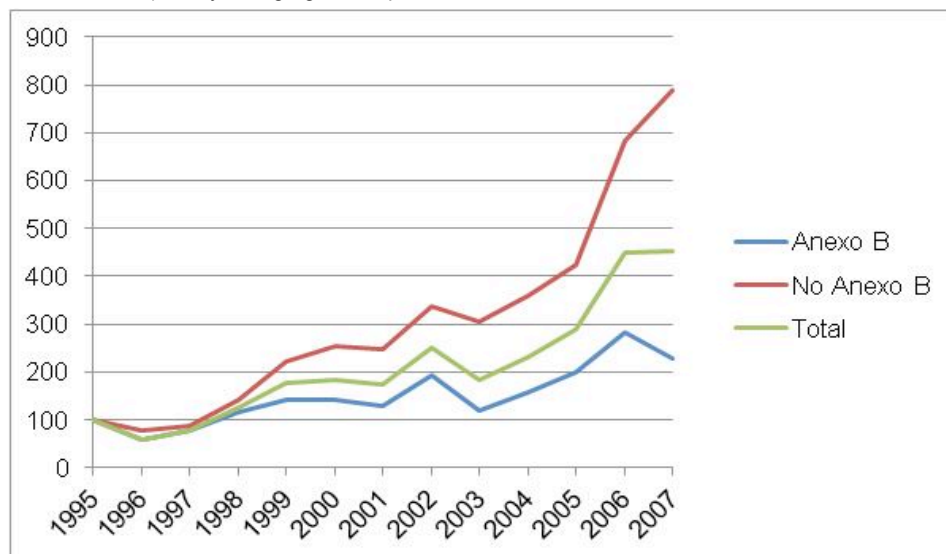
de emisiones es China, con más de 47 millones de toneladas de CO₂-equivalente en 2007, suponiendo el 29% del total del déficit comercial de emisiones. Para el mismo año 2007 el desequilibrio también fue importante con algunos países de la Unión Europea (especialmente Alemania, Francia e Italia) y con algunos países latinoamericanos (sobre todo Brasil y Argentina). Los países que completan la lista de los diez países con mayores desequilibrios fueron Rusia, Turquía, India y Estados Unidos.

Tabla 4. Saldo de la balanza comercial de emisiones. Diez principales países con los que España tiene “déficit comercial de emisiones” y porcentaje sobre el total. Millones toneladas CO₂-equivalente. 2007.

	Déficit	% sobre total déficit
China	47.54	29.42%
Francia	10.96	6.78%
Alemania	10.77	6.67%
Brasil	10.23	6.33%
Italia	8.85	5.48%
Argentina	7.91	4.89%
Rusia	6.11	3.78%
Turquía	5.13	3.18%
India	4.35	2.69%
Estados Unidos	4.15	2.57%

Fuente: Elaboración propia. Ver texto y anexo metodológico.

Figura 2. Evolución de la diferencia entre emisiones asociadas a las importaciones y las asociadas a las exportaciones (saldo de la balanza comercial de emisiones) total y desagregada. España. 1995-2005. Base 1995 = 100.



Fuente: Elaboración propia. Ver texto y anexo metodológico.



4. Conclusiones

Desde hace muchos años se señala la importancia de tener en cuenta el comercio internacional a la hora de valorar las emisiones contaminantes que genera la demanda final interior de un país. Ello ha dado lugar al concepto de emisiones según la perspectiva de la "responsabilidad del consumidor". Una potente vía para estimar dichas emisiones es aplicar los llamados modelos input-output multiregionales ampliados ambientalmente. Dicha aplicación requiere trabajar con una cantidad enorme de información estadística. Aunque las perspectivas son de una mejora muy sustancial en la disponibilidad de datos en los próximos años, en la actualidad muchas veces se hace necesario aplicar supuestos simplificadores para adaptarse a la limitada información disponible. Este trabajo aporta una innovación metodológica (detallada en el anexo) respecto a los supuestos simplificadores más habituales y aporta resultados empíricos para el caso español que son relevantes para el debate político.

En este trabajo se calcula por primera vez la evolución de las emisiones españolas desde la "perspectiva del consumidor" para el período 1995-2007 y se detalla la relación entre emisiones asociadas a las importaciones y las asociadas a las exportaciones según los países de origen y de destino. Todo ello posibilita el análisis de las implicaciones ambientales del comercio exterior de España con diferentes países (ratificantes o no del protocolo de Kioto) desde una nueva perspectiva. Los resultados obtenidos permiten afirmar que durante el período 1995-2007 las emisiones españolas según la perspectiva de la "responsabilidad del consumidor" fueron mayores que las reflejadas en las estadísticas oficiales ("responsabilidad del productor"). Además, el desequilibrio entre las emisiones contenidas en las importaciones y las asociadas a las exportaciones fue creciente durante el período considerado, especialmente debido al comercio con los países no incluidos en el Anexo B del Protocolo de Kioto. La relevancia para el debate político es clara ya que España fue antes de la actual crisis

económica el país del Anexo B en el que más crecieron las emisiones según los datos oficiales y nuestro análisis muestra que, teniendo en cuenta el comercio exterior, las emisiones aún crecieron más; además, este tipo de información podría ser relevante para posteriores acuerdos respecto a la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Nota: Este trabajo fue presentado en el V Congreso Iberoamericano sobre desarrollo y ambiente, septiembre 2011, Santa Fe (Argentina). Forma parte de una investigación coordinada por el Centro de Investigación para la Paz (CIP-Ecosocial) y financiada por el Centro Complutense de Estudios e Información Medioambiental (CCEIM) dependiente de la Fundación General de la Universidad Complutense de Madrid.

Las opiniones expresadas en este artículo corresponden a los autores y no se corresponden necesariamente con las de la Comisión Europea o sus servicios.

REFERENCIAS

- Agencia Tributaria, 2010. Estadísticas Comercio Exterior. Disponible en: <http://www.aeat.es>.
- Andrew, R., Peters, G. P. & J. Lennox. 2009. Approximation and regional aggregation in multi-regional input-output analysis for national carbon footprint accounting. *Economic Systems Research* 21(3): 311-335.
- Arto, I. 2009. Emisiones de gases de efecto invernadero, comercio internacional y hábitos de consumo en España. *Papeles de Economía Española* 121, 100-111.
- Arto, I., Roca, J. & M. Serrano. 2010. The countries' responsibility for greenhouse emissions: the role of trade. An application to Spain. *International Society for Ecological Economics, 2010 Conference, 22 - 25 August 2010, Oldenburg & Bremen, Germany*.
- Arrow, K., Bolin, B., Costanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Holling, C.S., Jansson, B.O., Levin, S., Mäler, K.G., Perrings, C. & D. Pimentel. 1995. Economic growth, carrying capacity, and the environment. *Science* 268(5210): 520-521.
- Consejo de la Unión Europea, 2002. Decisión del Consejo de 25 de abril de 2002 relativa a la aprobación,



en nombre de la Comunidad Europea, del Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y al cumplimiento conjunto de los compromisos contraídos con arreglo al mismo (2002/358/CE).

Dietzenbacher, E. & K. Mukhopadhyay. 2007. An empirical examination of the pollution haven hypothesis for India: towards a green Leontief paradox?. *Environmental and Resource Economics* 36(4): 427-449.

Grossman, G. M. & A. B. Krueger. 1991. Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement. NBER Working Paper 3914. National Bureau of Economic Research (NBER). Cambridge, Massachusetts.

INE, 2005. Contabilidad Nacional de España. Marco Input-Output. Base 1995. Serie 1995-1999. Madrid: Instituto Nacional de Estadística. Disponible en: <http://www.ine.es>.

INE, 2010a. Contabilidad Nacional de España. Marco Input-Output. Base 2000. Serie 2000-2007. Madrid: Instituto Nacional de Estadística. Disponible en: <http://www.ine.es>.

INE, 2010b. Cuentas satélites sobre emisiones atmosféricas. Base 2010. Serie 1995-2007. Madrid: Instituto Nacional de Estadística. Disponible en: <http://www.ine.es>.

IPCC, 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Disponible en: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>.

Kondo, Y., Moriguchi, Y. & H. Shimizu. 1998. CO₂ emissions in Japan: influences of imports and exports. *Applied Energy* 59(2-3): 163-174.

Machado, G., Schaeffer, R. & E. Worrell. 2001. Energy and carbon embodied in the international trade of Brazil: an input-output approach. *Ecological Economics* 39(3): 409-424.

Minx, J. C., Wiedmann, T., Wood, R., Peters, G. P., Lenzen, M., Owen, A., Scott, K., Barrett, J., Hubacek, K., Baiocchi, G., Paul, A., Dawkins, E., Briggs, J., Guan, D., Suh, S. & F. Ackerman. 2009. Input-output analysis and carbon footprinting: an overview of applications. *Economic Systems Research* 21(3): 187-216.

Mongelli, I., Tassielli, G. & B. Notarnicola. 2006. Global warming agreements, international trade and energy/carbon embodiments: an input-output approach to the Italian case. *Energy Policy* 34(1): 88-100.

Mukhopadhyay, K. & D. Chakraborty. 2005. Environmental impacts of trade in India. *The International Trade Journal* 29(2): 135-163.

Munksgaard, J. & K.A. Pedersen. 2001. CO₂ accounts for open economies: producer or consumer responsibility? *Energy Policy* 29(4): 327-334.

Muñoz, P. & K. Steininger. 2010. Austria's CO₂ responsibility and the carbon content of its international trade. *Ecological Economics* 69(15): 2003-2019.

Muradian, R. & J. Martínez-Alier. 2001. Trade and the environment: from a 'Southern' perspective. *Ecological Economics* 36(2): 281-297.

Peters, G. P. 2008. From production-based to consumption-based national emission inventories. *Ecological Economics* 65(1): 13-23.

Peters, G. P. & E. G. Hertwich. 2008. CO₂ embodied in international trade with implications for global climate policy. *Environmental Science and Technology* 42(5): 1401-1407.

Proops, J. L. R., Faber, M. & G. Wagenhals. 1993. Reducing CO₂ emissions, Berlin [etc.]: Springer-Verlag.

Sánchez-Choliz, J. & R. Duarte. 2004. CO₂ emissions embodied in international trade: evidence for Spain. *Energy Policy* 32(18): 1999-2005.

Serrano, M. & E. Dietzenbacher. 2010. Responsibility and trade emission balances: An evaluation of approaches. *Ecological Economics* 69(11): 2224-2232.

Serrano, M. & J. Roca. 2008a. Comercio internacional y responsabilidades en las emisiones de gases de efecto invernadero. El caso español 1995-2000, *Ekonomiaz* No. 67: 284-301.

Serrano, M. & J. Roca. 2008b. Comercio exterior y contaminación atmosférica en España: un análisis input-output. *Cuadernos Aragoneses de Economía*, 2ª Época, Vol. 18 (1): 9-34.

Steenge, A. E. 1999. Input-output theory and institutional aspects of environmental policy. *Structural Change and Economic Dynamics* 10(1): 161-176.

Stern, D. I., Common, M. S. & E. B. Barbier. 1996. Economic growth and environmental degradation: the environmental Kuznets curve and sustainable development. *World Development* 24(7): 1151-1160.

Tolmasquim, M. T. & G. Machado. 2003. Energy and carbon embodied in the international trade of Brazil. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 8(2): 139-155.

Tunç, G. I., Türuk-Aşık, S. & E. Akbostancı. 2007. CO₂ emissions vs. CO₂ responsibility: an input-output approach for the Turkish economy. *Energy Policy* 35(2): 855-868.

Tukker, A., Poliakov, E., Heijungs, R., Hawkins, T., Neuwahl, F., Rueda-Cantuche, J.M., Giljum, S., Moll, S., Oosterhaven, J. & M. Bouwmeester. 2009. Towards a global multi-regional environmentally extended input-output database. *Ecological Economics* 68(7): 1928-1937.

Walter, I. 1973. The pollution content of American trade. *Western Economic Journal* 11(1): 61-70.

Weber, C. L., Peters, G. P., Guan, D. & K. Hubacek. 2008. The contribution of Chinese exports to climate change. *Energy Policy* 36(9): 3572-3577.



Weidema, B., Suh, S. & P. Notten. 2006. Setting priorities within product-oriented environmental policy, the Danish perspectives. *Journal of Industrial Ecology* 10(3): 73-87.

Wiedmann, T. 2009. Editorial: carbon footprint and input-output analysis – an introduction. *Economic Systems Research* 21(3): 175-186.

Wiedmann, T., Lenzen, M., Turner, K. & J. Barrett. 2007. Examining the global environmental impact of regional consumption activities — Part 2: Review of input-output models for the assessment of environmental impacts embodied in trade. *Ecological Economics* 61(1): 15-26.

Wiedmann, T., Wilting, H.C., Lenzen, M., Lutter, S. y V. Palm., 2011. Quo Vadis MRIO? Methodological, data and institutional requirements for multi-region input-output analysis. *Ecological Economics* 70 (11): 1937-1975.

Wilting, H. C. & K. Vringer. 2009. Carbon and land use accounting from a producer's and consumer's perspective – an empirical examination covering the world. *Economic Systems Research* 21(3): 291-310.

Wyckoff A. W. & J. M. Roop. 1994. The embodiment of carbon in imports of manufactured products: implications for international agreements on greenhouse gas emissions. *Energy Policy* 22(3): 187-194



Anexo: El modelo utilizado

1. El supuesto de tecnología doméstica “monetario”

Como es sabido, el modelo input-output básico de una economía cerrada parte de la igualdad contable: $\mathbf{x} = \mathbf{Ax} + \mathbf{y}$ en la que \mathbf{x} representa el vector de producciones totales de la economía, \mathbf{y} el vector de demandas finales y \mathbf{A} la matriz de “coeficientes técnicos” que resume las relaciones intersectoriales. Si la economía está dividida en n sectores o productos las dimensiones de estas variables serían dos vectores $n \times 1$ y una matriz $n \times n$.

Supongamos una economía dividida en dos “regiones”: el país analizado ($r = 1$) y el resto del mundo ($r = 2$). Ahora el modelo se complica para tener en cuenta las relaciones interregionales. Tanto la producción del país como la del resto del mundo puede estar destinadas a ser vendidas en el interior como bienes intermedios ($\mathbf{A}^i \mathbf{x}^i$) o bienes finales (\mathbf{h}^i) o a ser exportadas a la otra “región” tanto en forma de bienes intermedios ($\mathbf{M}^i \mathbf{x}^j$) o bienes finales (\mathbf{e}^i). Tendremos:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{x}^1 \\ \mathbf{x}^2 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}^1 & \mathbf{M}^1 \\ \mathbf{M}^2 & \mathbf{A}^2 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{x}^1 \\ \mathbf{x}^2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \mathbf{h}^1 + \mathbf{e}^1 \\ \mathbf{h}^2 + \mathbf{e}^2 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Si no tenemos información sobre las tecnologías utilizadas en el resto del mundo se suele proceder, como se indica en el texto, a un supuesto radical: en todos los países se utiliza la misma tecnología que en el país analizado para producir una unidad (monetaria) de cada producto (STD “monetario”). Además, se suele hacer otro supuesto simplificador: mientras los inputs procedentes del exterior son una cantidad significativa de los inputs totales utilizados por el país, en cambio la proporción de los inputs procedentes del país analizado respecto a los inputs utilizados en el resto del mundo se puede considerar muy pequeña y, en consecuencia, la matriz de coeficientes técnicos importados por el resto del mundo resulta despreciable. Adicionalmente, puede suponerse que todas las exportaciones del país 1 están destinadas a la demanda final del resto del mundo, en este caso, el vector \mathbf{e}^1 incluiría tanto las exportaciones finales como las intermedias. Estos supuestos no se alejan mucho de la realidad siempre que el país analizado sea “pequeño” respecto al resto del mundo. Estos supuestos simplificadores permiten llegar a la expresión:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{x}^1 \\ \mathbf{x}^2 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A} & \mathbf{0} \\ \mathbf{M} & \mathbf{A} + \mathbf{M} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{x}^1 \\ \mathbf{x}^2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \mathbf{h}^1 + \mathbf{e}^1 \\ \mathbf{h}^2 + \mathbf{e}^2 \end{pmatrix} \quad (2)$$

La solución de este modelo viene dada por $\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{y}$ que en forma particionada adopta la siguiente expresión:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{x}^1 \\ \mathbf{x}^2 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} (\mathbf{I} - \mathbf{A}) & \mathbf{0} \\ -\mathbf{M} & (\mathbf{I} - \mathbf{A} - \mathbf{M}) \end{bmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \mathbf{h}^1 + \mathbf{e}^1 \\ \mathbf{h}^2 + \mathbf{e}^2 \end{pmatrix} \quad (3)$$



Para estimar las emisiones atmosféricas asociadas con la producción de cada región se define la matriz de coeficientes de emisión \mathbf{V}^r . Dado el STD ello también implica que las intensidades de emisión son las mismas en ambas regiones ($\mathbf{V}^1 = \mathbf{V}^2 = \mathbf{V}$). Por tanto, las emisiones generadas en cada región (\mathbf{g}^r) vienen dadas por la siguiente expresión:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{g}^1 \\ \mathbf{g}^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{V}\mathbf{x}^1 \\ \mathbf{V}\mathbf{x}^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{V} \\ \mathbf{V} \end{pmatrix} \begin{bmatrix} (\mathbf{I} - \mathbf{A}) & \mathbf{0} \\ -\mathbf{M} & (\mathbf{I} - \mathbf{A} - \mathbf{M}) \end{bmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \mathbf{h}^1 + \mathbf{e}^1 \\ \mathbf{h}^2 + \mathbf{e}^2 \end{pmatrix} \quad (4)$$

Desarrollando dicha expresión obtenemos las emisiones generadas en las regiones 1 y 2 tal que:

$$\mathbf{g}^1 = \mathbf{V}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}(\mathbf{h}^1 + \mathbf{e}^1) \quad (5)$$

$$\mathbf{g}^2 = \mathbf{V}(\mathbf{I} - \mathbf{A} - \mathbf{M})^{-1}\mathbf{M}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}(\mathbf{h}^1 + \mathbf{e}^1) + \mathbf{V}(\mathbf{I} - \mathbf{A} - \mathbf{M})^{-1}(\mathbf{h}^2 + \mathbf{e}^2) \quad (6)$$

Para el caso de la región 1, las emisiones “contenidas” en las exportaciones (\mathbf{gexp}^1) son las generadas dentro de la región 1 para satisfacer la demanda externa más las generadas en la región 2 para producir los inputs importados que la región 1 necesita para producir los bienes exportados:

$$\mathbf{gexp}^1 = \mathbf{V}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{e}^1 + \mathbf{V}(\mathbf{I} - \mathbf{A} - \mathbf{M})^{-1}\mathbf{M}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{e}^1 \quad (7)$$

Por otro lado, las emisiones “contenidas” en las importaciones de la región 1 (\mathbf{gimp}^1) incluyen todas las emisiones “contenidas” en las importaciones tanto las que se utilizan como inputs como las que se destinan a la demanda final:

$$\mathbf{gimp}^1 = \mathbf{V}(\mathbf{I} - \mathbf{A} - \mathbf{M})^{-1}\mathbf{M}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}(\mathbf{h}^1 + \mathbf{e}^1) + \mathbf{V}(\mathbf{I} - \mathbf{A} - \mathbf{M})^{-1}\mathbf{e}^2 \quad (8)$$

Definiendo la balanza de emisiones como la diferencia entre las emisiones contenidas en las exportaciones y las contenidas en las importaciones tendremos:

$$\mathbf{etb}^1 = \mathbf{V}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{e}^1 - \mathbf{V}(\mathbf{I} - \mathbf{A} - \mathbf{M})^{-1}\mathbf{M}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{h}^1 - \mathbf{V}(\mathbf{I} - \mathbf{A} - \mathbf{M})^{-1}\mathbf{e}^2 \quad (9)$$

Como han demostrado Serrano y Dietzenbacher (2010), a nivel agregado la ecuación (9) puede simplificarse como:

$$\mathbf{etb}^1 = \mathbf{V}(\mathbf{I} - \mathbf{A} - \mathbf{M})^{-1}(\mathbf{exp}^1 - \mathbf{imp}^1) \quad (10)$$



donde \mathbf{exp}^1 es el vector de valores totales de las exportaciones del país 1 ($\mathbf{exp}^1 = \mathbf{e}$) e \mathbf{imp}^1 es el valor total de sus importaciones.

En la expresión (9) hemos considerado –como se hace en la balanza comercial monetaria tradicional– la diferencia entre exportaciones e importaciones aunque en el texto preferimos referirnos a una situación de emisiones asociadas a las importaciones mayor que a las asociadas exportaciones como de “exportación neta de emisiones”, lo que indica que si importamos muchos bienes contaminantes nos estamos “ahorrando” la contaminación y la “trasladamos”/“exportamos” a otros países.

2. El supuesto de tecnología doméstica “físico”

La ecuación (10) supone que las emisiones por unidad de valor de importaciones y exportaciones son las mismas. Ahora vamos a transformar este supuesto de tal forma que las intensidades en emisiones de exportaciones e importaciones sean las mismas pero por unidad física. Para ello deflactaremos las importaciones de forma que queden valoradas a precios de las exportaciones¹¹. Sean \mathbf{exp}^1 e \mathbf{imp}^1 los vectores de exportaciones e importaciones totales en unidades monetarias y \mathbf{qexp}^1 y \mathbf{qimp}^1 los vectores de exportaciones e importaciones en unidades físicas, entonces la relación entre importaciones y exportaciones expresadas en unidades monetarias y en unidades físicas viene determinada por el término z_j de la siguiente forma:

$$\mathit{exp}_j^1 / \mathit{imp}_j^1 = z_j (\mathit{qexp}_j^1 / \mathit{qimp}_j^1) \quad (11)$$

z_j será mayor que la unidad cuando la relación entre los valores exportados y los importados sea mayor que la relación entre las cantidades, es decir, cuando por cada unidad de valor se importan más mercancías que las que se exportan (en otras palabras, cuando los bienes importados son “más baratos” por unidad física, una relación que es de esperar que en general se dé cuando se trata de un país rico que importa mercancías de países más pobres).

Ahora utilizaremos las relaciones z_j para “deflactar” el efecto de los precios de las importaciones ya sean de inputs intermedios como de productos finales:

$$\overline{\mathbf{imp}} = \hat{\mathbf{z}} \mathbf{imp} \quad (12)$$

siendo $\hat{\mathbf{z}}$ el vector de deflactores de las importaciones diagonalizado.

Aplicando esta relación podemos definir la matriz de coeficientes de los bienes intermedios importados como $\overline{\mathbf{M}} = \hat{\mathbf{z}} \mathbf{M}$. Así, las emisiones contenidas en las exportaciones e importaciones según el “STD físico” serían:

¹¹ Aplicado solo en el caso de los sectores agrarios e industriales puesto que para los servicios no tenemos indicador físico correspondiente.



$$\overline{\mathbf{gexp}}^1 = \mathbf{V}(\mathbf{I} - \mathbf{A} - \overline{\mathbf{M}})^{-1} \mathbf{exp}^1 \quad (13)$$

$$\overline{\mathbf{gimp}}^1 = \mathbf{V}(\mathbf{I} - \mathbf{A} - \overline{\mathbf{M}})^{-1} \overline{\mathbf{imp}}^1 \quad (14)$$

La hipótesis que hay detrás de esta “deflactación” es que la cantidad de emisiones de cada producto se correlaciona mejor con el volumen de producción física que con su valor monetario.