

Comercio internacional y responsabilidad medioambiental compartida en la economía española

Cadarso, María-Ángeles; López, Luis-Antonio*, Gómez, Nuria; Tobarra, María-Ángeles; Zafrilla, Jorge-Enrique; Fabio, Monsalve

*Universidad de Castilla-La Mancha
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Plaza de la Universidad n. 2,
02071, Albacete (Spain)
Phone +34 967 599 200 Ext. 2382 . Fax +34 902 204 130.
E-mail: Angeles.Cadarso@uclm.es, Luis.LSantiago@uclm.es, Nuria.Gomez@uclm.es,
MariaAngeles.Tobarra@uclm.es*

*Corresponding author

Resumen

El objetivo de este trabajo es analizar el impacto que el comercio internacional tiene sobre las emisiones de CO₂ de las que es responsable la economía española a través de una responsabilidad compartida con sus socios comerciales. Esto supone, frente al criterio del productor, utilizado en el protocolo de Kioto para asignar la responsabilidad de las emisiones, calcular la responsabilidad del país como consumidor y, a partir de ahí, calcular la responsabilidad compartida como un punto intermedio entre ambos a nivel de país y para los sectores. El concepto de la responsabilidad compartida entre el productor y consumidor permite resolver alguno de los problemas que plantean los dos criterios anteriores. Los cálculos se han realizado para la economía española en 2000 y 2005 utilizando un modelo input-output uni-regional.

Palabras claves: emisiones de CO₂, comercio internacional, responsabilidad compartida entre productor y consumidor.

1. Introducción

El control y posible disminución de las emisiones de CO₂ generadas por un país o por un área geográfica y las políticas orientadas a ello requieren el establecimiento de un adecuado criterio de asignación de esas emisiones (Feng, 2003, Peters y Hertwich, 2008a, b). En el Protocolo de Kioto se asignan las emisiones al territorio donde se producen (IEA, 2001), es el denominado principio de responsabilidad del productor. Bajo este principio un país es responsable de la polución emitida dentro de su territorio cuando produce energía, bienes y servicios, independientemente de dónde se realice el consumo (fuera o dentro del país). Utilizando este criterio se fijan los objetivos que cada país debe de cumplir en términos de contaminación y se insta a los países firmantes a establecer una serie de mecanismos que permitan su reducción. En esta línea, la Directiva CE/87/2003 crea el mercado sobre comercio europeo de emisiones como forma de regular las emisiones de la UE hasta el año 2012 y de cumplir sus compromisos como firmante del Protocolo de Kioto.

No obstante, el principio de responsabilidad del productor presenta algunos inconvenientes, que pueden afectar al grado de compromiso de los países y a la consecución del objetivo final de reducción de sus emisiones contaminantes. El crecimiento del comercio internacional es uno de los resultados de la globalización y la contaminación se traslada a través de los flujos de comercio porque va incorporada en exportaciones e importaciones. A través de la diferente intensidad de contaminación incluida en las exportaciones e importaciones un país puede transferir o absorber contaminación del exterior (Antweiler, 1996, Muradian *et al.*, 2002). Así, algún país podría cumplir los objetivos de contaminación establecidos en Kioto dejando de producir algunas actividades muy contaminantes, trasladándolas a otros países e importándolas posteriormente¹. Este comportamiento daría lugar a un aumento del total de contaminación a nivel mundial si a los países a los que se traslada la producción poseen una tecnología más contaminante, asociada, por ejemplo, a una legislación medioambiental menos rigurosa², y, sobre todo, si no han firmado el Protocolo de

¹ La deslocalización de la producción a otros países, offshoring, tiene como otras causas el aprovechamiento de ventajas de costes, principalmente salariales, economías de escala, acceso a nuevos mercados finales o de materias primas, mayor flexibilidad (Abraham y Taylor, 1996).

² Una parte de la literatura se ha encargado de estudiar el impacto que tiene la legislación medioambiental en los flujos de comercio y de inversión. Véase para ello la recopilación de la literatura realizada en Cerdá (2009).

Kioto. Es el problema de la fuga de carbono o *carbon leakage* a través de las importaciones que hacen los países desarrollados del Anexo I-B y que ratificaron el Protocolo de Kioto del resto de países y que ha sido ampliamente estudiado por la literatura (Felder and Rutherford, 1993, IPCC, 2001, Paltsev, 2001, Peters y Hertwich, 2006a, 2008a)³. La contaminación también crecerá debido al transporte internacional de mercancías, sobre todo de inputs intermedios, que anteriormente se localizaban en un mismo emplazamiento (véase Cadarso *et al.*, 2009, para una evaluación de ese efecto). En este punto, nos aproximamos al otro problema asociado al criterio de responsabilidad del productor, no tratado en este trabajo, que es la dificultad de asignar las emisiones del transporte internacional de mercancías incorporadas en los búnkeres internacionales (UNFCCC, 2005, den Elzen *et al.*, 2007, Faber *et al.*, 2007, Peters y Hertwich, 2008a, b).

La Comisión Europea aprobó en diciembre de 2008 el “Paquete de Energía y Cambio Climático” que pretende, entre otros objetivos, regular el mercado de derechos de emisiones entre 2013 y 2020 en la UE. Además, trata de evitar el impacto que ese mercado pueda tener sobre la deslocalización de industrias y, por tanto, sobre la fuga de carbono. En concreto, la directiva establece que en aquellas industrias que a finales de 2009 se consideren con riesgo de fuga de carbono⁴ los derechos de emisiones no serán subastados, como en el resto de ramas de actividad, sino que serán asignados libremente. Sin embargo, la asignación de emisiones se hace bajo el principio del territorio y el mecanismo del benchmarking calculado para todos los países de la UE, y, por tanto, no impide que los países de la UE transfieran o absorban contaminación vía comercio internacional de otros países que no se hayan comprometido a reducir sus emisiones. Ahora bien, sí se considera la posibilidad de que la Comisión Europea incluya en el sistema de derechos de emisión europeo a los importadores de productos en aquellas ramas con riesgo de fuga de carbono, siendo esto una primera aproximación legislativa en el ámbito internacional a la implantación del criterio de responsabilidad del consumidor como forma de asignar las emisiones de un país.

³ Peters y Hertwich (2008a), por ejemplo, encuentran que la mayor parte de los países del Anexo B son importadores netos de CO₂.

⁴ Los sectores con riesgo de fuga de carbono serán aquellos que sufran unos costes directos e indirectos elevados derivados del mercado de emisiones y/o una intensidad comercial extracomunitaria también importante. Aunque también se tienen en cuenta la posibilidad de que la fuga de carbono se realice a través de los costes indirectos que para ciertos sectores representa la electricidad, la cuál podría subir de forma importante en la UE al establecerse el mercado de derecho de emisiones.

El principio de responsabilidad del consumidor, definido por Munksgaard y Pedersen (2001) basándose en el trabajo Gay y Props (1993), trata de afrontar el problema de la fuga de emisiones y el impacto del comercio internacional en la contaminación. Bajo este principio, un país es responsable de la contaminación asociada a su consumo de energía y mercancías, ya se produzcan dentro del país o se importen. En consecuencia, la responsabilidad del consumidor se calcula sumando a la responsabilidad del productor las emisiones asociadas a las importaciones y restando las emisiones incorporadas en las exportaciones. Este principio permite que las industrias y consumidores de un país puedan guiar el desarrollo económico y su impacto en el medioambiente a través de sus decisiones, de tal forma que si demandan productos (bienes, servicios o energía) poco intensivos en emisiones sí conseguirán reducirla (Muradian *et al.*, 2002). De esta forma, este criterio impide que un país transfiera parte de la contaminación de la que es responsable como consumidor, sin embargo, sí que transfiere la responsabilidad de la contaminación de la producción que exporta a otros países.

No obstante, la responsabilidad del consumidor también presenta algunos inconvenientes, como por ejemplo, que al responsabilizar de las emisiones asociadas a las importaciones al país importador se traspasan los límites de jurisdicción del poder nacional. El criterio de responsabilidad compartida es otra forma de asignar las emisiones de CO₂ e implica repartir esa responsabilidad entre los productores y consumidores. Es, en consecuencia, un punto intermedio entre los dos anteriores criterios del productor y del consumidor. Su principal ventaja es que compromete a las industrias, los consumidores finales y/o los países a reducir tanto las emisiones que realizan al producir como al consumir. Dos líneas de investigación están ahora mismo abordando la mejor manera de calcular la responsabilidad compartida. Una se centra en asignar la responsabilidad de las emisiones contaminantes entre países, teniendo, por tanto, en cuenta el comercio internacional. La otra busca asignar la responsabilidad de la contaminación generada a nivel de un solo país entre los agentes responsables. La primera es la desarrollada por Ferng (2003) y Peters (2008) y en ella se considera que un país es responsable de parte de las emisiones de CO₂ asociadas a las exportaciones que realiza y también de las incorporadas en las importaciones, para lo cual se debe de establecer un parámetro que permita distribuir la responsabilidad de las emisiones

asociadas al comercio de una forma intermedia entre el criterio del productor y el del consumidor. La segunda es la seguida por Bastianoni *et al.* 2004, Gallego y Lenzen (2005), Lenzen *et al.* (2007) y Rodrigues *et al.* (2008), que no considera el comercio internacional, sino que pretende distribuir la responsabilidad del total de emisiones que se generan dentro de una economía entre los distintos agentes económicos que actúan en ella, consumidores de bienes finales y también trabajadores y empresarios.

En el contexto descrito, el principal objetivo de este trabajo es analizar el impacto que tienen las emisiones de CO₂ asociadas al comercio internacional sobre la responsabilidad de la economía española en el cambio climático. Para ello, se calculan las emisiones de CO₂ bajo el criterio de responsabilidad compartida para la economía española y se comparan con los resultados obtenidos bajo los otros dos criterios, del productor (usado en el Protocolo de Kioto) y del consumidor (avanzado como posibilidad en relación con el mercado de emisiones europeo por la Comisión Europea). La investigación aquí planteada se aprovecha de las aportaciones realizadas por las dos líneas de investigación comentadas sobre responsabilidad compartida, ya que utilizamos el criterio de reparto inter-industrial de emisiones propuesto por Lenzen *et al.* (2007), valor añadido dividido entre el producto neto, y lo aplicamos para distribuir las emisiones asociadas al comercio internacional que realiza un país.

Los resultados encontrados indican que las emisiones de CO₂ cuantificadas bajo el criterio de la responsabilidad compartida para la economía española entre 2000 y 2005 están más próximas a las calculadas bajo el criterio del consumidor que las correspondientes al criterio del productor. Por tanto, si se adoptara el criterio de responsabilidad compartida para calcular y asignar las emisiones de los países, las políticas de control de esas emisiones aplicadas en el caso de la economía española tendrían que ser más incisivas que las tomadas hasta el momento, que tienen como referente el criterio del productor. Más aún si tenemos en cuenta que estas políticas no han logrado hasta el momento cumplir con los objetivos fijados en Kioto (aumento como máximo de un 15% de las emisiones de CO₂ en 2012 respecto a las de 1990) y que España es uno de los países de la UE que más alejado está de sus objetivos. Es cierto que el éxito de esas políticas se ha podido ver comprometido al enfrentarse con el hándicap de un importante crecimiento español de los últimos años. Además, este crecimiento se ha basado en sectores intensivos en contaminación, como son la

construcción y el turismo (este último por el transporte que requiere). Por otro lado, el gran aumento de población inmigrante, en torno a 4 millones de personas entre 2000 y 2006, ha dado lugar a un gran crecimiento de las emisiones asociadas directamente a los hogares y debidas básicamente al transporte y la calefacción. Este es un hecho diferencial respecto a la UE-27, ya que estas emisiones de los hogares han perdido peso sobre el total de emisiones entre 1995 y 2005 en el conjunto de la UE (Comisión Europea, 2007).

El esquema seguido en el trabajo es el siguiente. En la sección 2, se revisa la literatura relevante y se discuten con más detalle las ventajas y los inconvenientes que suponen los distintos criterios de asignación de emisiones. En la sección 3 se describen las técnicas input-output que permiten asignar las emisiones a las distintas ramas de una economía bajo los criterios del productor y del consumidor y a partir de ahí calcular la balanza de emisiones del país. La sección 4 de propone la metodología de cálculo de la responsabilidad compartida de una economía con comercio internacional, incluyendo su asignación sectorial. La sección 5 se destina al análisis de los resultados obtenidos y, finalmente, la sección 6 incluye las conclusiones.

2. Comercio internacional y responsabilidad en las emisiones de CO₂: revisión de la literatura

Entre los trabajos internacionales que aplican la metodología input-output para calcular la responsabilidad del consumidor y la balanza de emisiones encontramos el pionero trabajo de Munksgaard y Pedersen (2001) para Dinamarca, el de Ahmad y Wyckoff (2003), aplicado a los países de la OCDE, o el de Peters y Hertwich (2006a) para la economía noruega. También encontramos trabajos con modelos multi-regionales, que tienen en cuenta el comercio de un país con otras regiones y, por ello, utilizan las tablas input output de los países de donde proceden sus importaciones y así evitar el supuesto de igual tecnología (en cuanto a producción y contaminación) que suele utilizarse en los modelos uni-regionales. Entre ellos, podemos citar los trabajos de Lenzen *et al.* (2004), donde se obtiene la contaminación por CO₂ asociada a la producción y consumo en Dinamarca, y el de Peters and Hertwich (2008b), en donde se calculan las emisiones asociadas a la producción y consumo de tres gases (CO₂, NO_x y SO₂) en Noruega y

Peters y Herwitch (2008a) que calcula las emisiones de CO₂ para países del Anexo B y no Anexo B en 2001 utilizando la base de datos GTAP. En estos trabajos se seleccionan los principales países-socios comerciales y se usan sus propios datos de tablas input-output y la tabla de un país seleccionado para reflejar la media del resto de países con los que se comercia en menor proporción.

El cálculo de la responsabilidad del consumidor se realiza utilizando el marco input-output, ya que reporta información de productos finales y bienes intermedios por ramas de actividad. Las técnicas input-output permiten, por un lado, calcular adecuadamente la responsabilidad del consumidor para las distintas ramas de actividad de un país y para los hogares a partir de los multiplicadores de emisiones y, por otro lado, permite, desde esta perspectiva, incluir las importaciones pero descontando la responsabilidad asociada a las importaciones de inputs que hace un país y que finalmente no consume porque son utilizadas para producir otros bienes y servicios que son exportados. Además, en ambos casos, el uso de tablas input-output no solo permite el análisis desagregado, sino también en términos directos e indirectos. La asignación de las emisiones directas e indirectas permite identificar las ramas responsables finales de las emisiones, ya que a través del consumo de inputs las emisiones se transfieren de las ramas suministradoras a las consumidoras. Lo que implica trabajar en términos de sectores verticalmente integrados (Pasinetti, 1973)⁵.

Los trabajos aplicados a la economía española que estudian las emisiones utilizando la metodología input-output y que se centran en el impacto del comercio internacional son los de Sánchez-Chóliz y Duarte (2004) y Roca y Serrano (2007b). Por un lado, Sánchez-Chóliz y Duarte (2004) calculan la balanza de emisiones de CO₂ para la economía española y analizan la contaminación asociada a las diferentes ramas de actividad. A escala agregada estos autores muestran cómo la balanza de emisiones presenta para 1995 un saldo ligeramente positivo que esconde intercambios de contaminación más importantes cuando se observa el saldo a nivel sectorial. Por otro, en Roca y Serrano (2007b) también se calcula la balanza de emisiones de la economía española para seis gases de efecto invernadero entre 1995 y 2000. Sus resultados

⁵ Gallego y Lenzen (2005), y en general la línea de investigación en responsabilidad compartida que se preocupa de la asignación de emisiones sin tener en cuenta el comercio internacional, interpretan que al trabajar con sectores verticalmente integrados lo que se obtiene es la asignación de la responsabilidad de las emisiones por completo al consumidor (final), los hogares. Mientras que si se trabaja con los datos directos se asigna la responsabilidad por completo al productor, las industrias. Nuestra interpretación al trabajar con sectores verticalmente integrados es, por tanto, diferente.

muestran un saldo negativo de la balanza de emisiones a nivel global que aumenta notablemente en el periodo. El presente trabajo es distinto a los dos anteriores, ya que aplica el criterio de responsabilidad compartida evaluando el impacto que tiene aplicar este criterio sobre las emisiones asignadas a las diferentes ramas de actividad de la economía española y, por tanto, sobre la responsabilidad de la economía en el cambio climático. Además, este trabajo extiende el análisis hasta 2005.

Los trabajos que existen en la actualidad que se ocupan de investigar la asignación de las emisiones según el criterio de responsabilidad compartida son escasos y, prácticamente todos ellos, a nivel teórico. Peters (2008) discute las ventajas e inconvenientes de los diferentes criterios de asignación y plantea la ecuaciones de responsabilidad compartida en un modelo unisectorial y también en un multisectorial, sin discutir con detalle cómo repartir las emisiones y sin hacer los cálculos para ningún país. Por otro lado, en la línea de investigación sobre responsabilidad compartida que no tiene en cuenta el comercio internacional, Bastianoni *et al.* (2004) plantea un ejercicio de simulación que permite distribuir las emisiones que realizan las industrias de un país de tal forma que se comparta la responsabilidad de las emisiones entre suministradores y clientes sin que exista doble contabilización. Sin embargo, no establece un criterio de reparto razonado. En esa misma línea, los trabajos de Gallego y Lenzen (2005), Lenzen *et al.* (2007) y Rodrigues *et al.* (2008) se ocupan del estudio del reparto de emisiones entre agentes económicos (ramas de actividad, productores, y consumidores) y una vez que redefinen los conceptos de responsabilidad del consumido y del productor buscan un criterio adecuado de reparto que les permita calcular la responsabilidad compartida. En definitiva, el presente trabajo constituye uno de los primeros intentos de calcular con datos reales de una economía la responsabilidad de emisiones de un país y sus sectores según el criterio de responsabilidad compartida.

Otra serie de investigaciones utilizan las técnicas input-output para estudiar el impacto de las distintas actividades económicas en el cambio climático, aunque su trabajo no se centra en el comercio internacional. Así, en el trabajo de Roca y Serrano (2007a) se analiza, por un lado, la relación que existe entre el crecimiento económico y la contaminación atmosférica a partir de la aplicación de un modelo de descomposición estructural y, por otro, se estudia la contaminación vinculada al consumo en función de los diferentes niveles de renta de los hogares. En el trabajo de Labandeira y Labeaga (2002) se calcula el total de emisiones de CO₂ asociadas al uso de combustibles fósiles y

analizan el impacto que tendría el establecimiento de una tasa sobre el CO₂ incorporado en las diversas mercancías sobre el precio de éstas. Alcántara y Padilla (2003) y Tarancón y del Río (2007b y 2007c) buscan los sectores clave de la economía en cuanto a su uso de energía y generación de emisiones de CO₂. Los trabajos de los segundos combinan el análisis input-output y de sensibilidad para determinar los nexos interindustriales y de demanda final responsables de esas emisiones, poniendo especial énfasis en el impacto de los factores estructurales (técnicos y económicos). Otros análisis se centran en algunas ramas relevantes de la economía en relación con las emisiones de CO₂ (Tarancón, del Río y Callejas, 2008 analizan el sector eléctrico).

En relación a los trabajos que centran su atención en el sector transporte y utilizan metodología input-output podemos citar los siguientes. El objetivo de Cadarso *et al.* (2009) es estudiar cómo el crecimiento del offshoring o fragmentación internacional de producción está dando lugar a un aumento del transporte internacional de mercancías y, con ello, de las emisiones asociadas a ese transporte. El enfoque aplicado es relativamente distinto al encontrado en los trabajos anteriormente citados, aunque se apoya en el marco input-output para el estudio de la contaminación asociada al crecimiento del transporte internacional. En él se plantea una nueva metodología que permita contabilizar las emisiones asociadas a ese transporte internacional y que completa la información suministrada por las Cuentas satélite sobre emisiones atmosféricas bajo el criterio de NAMEA. Alcántara y Padilla (2008) analizan el sector del transporte dentro del subsistema más amplio integrado por todas las ramas de servicios. Sus conclusiones ponen de manifiesto las diferencias que existen entre esta rama y el resto de servicios, ya que las actividades de transporte son las que presentan el nivel más alto de emisiones directas, si bien es cierto que la mayor parte de estas emisiones son debidas a la demanda de otras ramas (como también ponen de manifiesto Tarancón y del Río, 2007c). Tarancón y del Río (2007a) estudian las emisiones de CO₂ derivadas del transporte terrestre para España y para cuatro países más de la UE. En este estudio ligan las emisiones al tipo de transporte usado, a las emisiones por unidad de producción (factor tecnológico) y a las dimensiones de la actividad (derivadas de la demanda directa e indirecta de la rama) y a partir de ahí analizan la eficiencia de los distintos países en función de esos factores. Su indicador de eficiencia global indica que España sería el país de los analizados más ineficiente según su estructura de emisiones del transporte terrestre.

2.1 Responsabilidad compartida versus responsabilidad del productor y del consumidor

La implantación del criterio del consumidor como forma de asignar las emisiones a los países responsables de ellas en el protocolo de Kioto tendría ciertas ventajas sobre el criterio del productor actualmente utilizado. El criterio del consumidor permite contabilizar las emisiones asociadas al comercio internacional y, por tanto, permite descubrir y, controlar, el *carbon leakage*, o fuga de carbono (Feng, 2003). También incluye más emisiones que las realizadas sólo por los países firmantes del Protocolo y amplía las posibilidades de políticas para la mitigación de esas emisiones (Peters, 2008). En este último caso, hay que considerar que bajo el criterio del consumidor las empresas y los países también deberían tratar de reducir las emisiones asociadas a sus importaciones de inputs y de bienes finales. De esa manera, se facilitaría la transmisión de tecnología no contaminante entre país importador y país suministrador. Esto sería muy importante debido a que los procesos de fragmentación de la producción internacional y deslocalización, principalmente a países de bajos salarios, han llevado a que países como China, Corea, Taiwan o los países del este de Europa sean los principales suministradores de inputs de los países desarrollados (véase Grossman y Rossi-Hansberg, 2006, para la economía de Estados Unidos o Cadarso *et al.*, 2008, para la economía española).

No obstante, la posible puesta en práctica del principio de responsabilidad del consumidor a la hora de asignar la responsabilidad de las emisiones en los acuerdos post-Kioto presenta ciertos problemas. Peters (2008) señala, por un lado, la mayor complejidad de los cálculos y la incertidumbre que ello genera y, por otro lado, la necesidad de que los países tengan que tomar decisiones sobre actividades económicas que se produce fuera de su jurisdicción y, por tanto, fuera del poder político nacional. Este hecho puede dificultar el compromiso de los países y las políticas a aplicar, argumentando que no se tiene control sobre las emisiones que realizan otros países. También la asignación de la carga de emisiones al país o sector consumidor, puede implicar un pérdida de compromiso del productor en la reducción de emisiones. Ante estas dificultades, en la literatura ha surgido el criterio de la responsabilidad compartida entre el productor y el consumidor, como mecanismo que permita suavizar algunos de esos problemas.

La principal ventaja que tiene la adopción del criterio de responsabilidad compartida como forma de asignar emisiones es que compromete tanto a las industrias como a países y consumidores finales a reducir las emisiones que realizan tanto al producir como al consumir. La aplicación de este criterio de asignación a las industrias implicaría que, por ejemplo, a la industria automovilística española se le asignarían parte de las emisiones que directamente produce, más parte de las generadas en la electricidad que consume y también parte de las emisiones incorporadas en las partes de automóviles que importa. De esta forma, se incentivaría a las distintas industrias a la búsqueda de suministradores poco contaminantes.

En relación con los países, la adopción del criterio de responsabilidad compartida es también útil, según Ferng (2003), para facilitar que los países en vías de desarrollo se anexionen a la ampliación del Protocolo de Kioto en 2012, al eliminar de su responsabilidad parte de las emisiones asociadas a las exportaciones que realizan a los países desarrollados. El éxito de una de la política contra el cambio climático requiere, entre otras condiciones, una amplia cobertura de países y la aplicación del criterio de responsabilidad compartida favorecería la incorporación de países en desarrollo. El Plan de Acción de Bali, resultado de la 13ª Conferencia de las Partes de la UNFCCC celebrada en diciembre de 2007, es la primera vez que un acuerdo multilateral incluye un compromiso de acciones de mitigación por parte tanto de países desarrollados como en desarrollo (Cascón e Hinojo, 2009), aunque las acciones no estén vinculadas con la aplicación del criterio del consumidor⁶. Por otro lado, la implantación del criterio de responsabilidad compartida en la política de cambio climático post-Kioto sería menos traumática que el cambio al criterio de responsabilidad del consumidor, ya que éste último criterio supone un cambio más brusco respecto al criterio del productor en el total de emisiones asignadas al país (Lenzen *et al.*, 2007).

3. Procedimiento de cálculo de la responsabilidad del productor y del consumidor entre países

⁶ Cascón e Hinojo (2009) señalan la existencia de otras alternativas que pretenden incentivar la incorporación de países en vías de desarrollo: a) asignar las emisiones en función de la población, cada ser humano tendría derecho a unas emisiones máximas de CO₂; b) asignar las emisiones en función de la renta per cápita, a mayor renta mayor sería la obligación de reducción de emisiones.

El total de emisiones asociadas a la producción doméstica dentro del país, o lo que es lo mismo la responsabilidad del productor (**RP**), se obtiene, utilizando el marco input-output, a partir de la siguiente expresión:

$$RP = \langle e \rangle (I - A^d)^{-1} y^d = \varepsilon (y^r + y^x) \quad (1)$$

siendo $\langle e \rangle$ una matriz diagonal de emisiones por unidad producida de cada rama de actividad, I es la matriz identidad, A^d es la matriz de coeficientes técnicos, y^d recoge la demanda final satisfecha por la producción doméstica. Los elementos de la matriz $\langle e \rangle$ se obtienen dividiendo las emisiones de CO₂ que realiza cada rama de actividad (E), información suministrada por las Cuentas satélite sobre emisiones atmosféricas del INE, por su producción efectiva. A partir de ahí, se puede calcular el multiplicador de emisiones ε que cuantifica las emisiones directas e indirectas por unidad de demanda final doméstica $\varepsilon = \langle e \rangle (I - A^d)^{-1}$. Por otro lado, la responsabilidad asociada a la contaminación del productor se puede descomponer entre el total de emisiones asociadas con las exportaciones (y^x) y la contaminación asociada al resto de la demanda final, consumo final e inversión (y^r).

El concepto de responsabilidad del consumidor (**RC**), utilizado entre otros por Munksgaard and Pedersen (2001), Ahmad and Wyckoff (2003), Sánchez-Chóliz and Duarte (2004), Peters and Herwitch (2006a, 2008a), incluye las emisiones asociadas a la producción doméstica que se vende dentro del país (es decir, sin las exportaciones) más las emisiones asociadas a la producción en otros países de las que es responsable un país porque importa de ellos bienes intermedios y finales⁷. Desde éste punto de vista, las emisiones incluidas en las exportaciones y en las importaciones necesarias para esas exportaciones no se incluyen, ya que deberían asignarse al país al que van destinadas.

Las emisiones directas e indirectas incorporadas en las importaciones procedentes del país c vendrían recogidas por la expresión:

⁷ Otros trabajos recientes que se dedican a estudiar la transmisión de emisiones inter-sectorial definen de diferente forma los conceptos de responsabilidad del consumidor y del productor. En Gallego y Lenzen (2005) y en Lenzen *et al.* (2007) no tienen en cuenta el comercio internacional a la hora de definirlos. Así, el término “full producer responsibility” recoge las emisiones directas que hacen las ramas y el “full consumer responsibility” incorpora las emisiones correspondientes a los sectores verticalmente integrados, es decir, las directas e indirectas (asociados a cada demanda final).

$$\begin{aligned}
E_c^m &= \langle e_c \rangle (I - A_c^t)^{-1} [A_c^m (I - A^d)^{-1} y^d + y_c^m] = \\
&= \varepsilon_c^t [A_c^m (I - A^d)^{-1} y^r] + \varepsilon_c^t [A_c^m (I - A^d)^{-1} y^x] + \varepsilon_c^t y_c^m
\end{aligned} \tag{2}$$

Para calcular la expresión previa es necesario conocer las emisiones por unidad monetaria de producción del país de dónde proceden esas importaciones (e_c), la matriz de coeficientes totales del país c (A_c^t), la matriz de coeficientes técnicos de bienes importados al país c (A_c^m) y el vector de demanda final directamente adquirida al país c (y_c^m). $\varepsilon_c^t = \langle e_c \rangle (I - A_c^t)^{-1}$ es el multiplicador de emisiones totales del país c , que cuantifica las emisiones directas e indirectas por unidad de demanda final total (doméstica más importada). La expresión (2) se puede simplificar suponiendo que la tecnología de producción y contaminación en todos los países que intervienen es la misma. Este supuesto permite sustituir A_c^t por A^t , e_c por e y ε_c^t por ε^t . Si sumamos las emisiones procedentes de todos los países de dónde se importa, el resultado final sería la expresión que recoge el total de contaminación, directa e indirecta, asociada a las importaciones que hace un país (E^m):

$$E^m = \langle e \rangle (I - A^t)^{-1} [A^m (I - A^d)^{-1} y^d + y^m] \tag{3}$$

Finalmente, la expresión que recoge la responsabilidad del consumidor (RC) para toda la economía es la siguiente:

$$\begin{aligned}
RC &= \left[\langle e \rangle (I - A^d)^{-1} y^r \right] + \left[\langle e \rangle (I - A^t)^{-1} [A^m (I - A^d)^{-1} y^r + y^m] \right] = \\
&= \left[\varepsilon y^r + \varepsilon^t [A^m (I - A^d)^{-1} y^r] + \varepsilon^t y^m \right]
\end{aligned} \tag{4}$$

Una vez definidas las anteriores ecuaciones podemos cuantificar la balanza de responsabilidad de emisiones (BRE), calculando la diferencia entre la responsabilidad desde el punto de vista del productor y la responsabilidad del consumidor. Esta diferencia coincide con el saldo de la balanza de emisiones, diferencia entre las emisiones asociadas a las exportaciones menos las de las importaciones (Roca y Serrano, 2007a).

$$\begin{aligned}
BRE &= RP - RC = \left[\varepsilon (y^r + y^x) \right] - \left[\varepsilon y^r + \varepsilon^t [A^m (I - A^d)^{-1} y^r] + \varepsilon^t y^m \right] = \\
&= \left[\varepsilon y^x \right] - \left[\varepsilon^t [A^m (I - A^d)^{-1} y^r] + \varepsilon^t y^m \right]
\end{aligned} \tag{5}$$

Un signo positivo en esa balanza indicaría que el país estudiado produce más contaminación que la que consume o, lo que es lo mismo, que la polución asociada a las exportaciones es mayor que la incorporada en las importaciones. Un signo negativo indicaría lo contrario, el país consume e importa más contaminación que la que produce y exporta. En este caso, parte de las emisiones de las que el país es responsable como consumidor se produce en otros países desde donde se importan los bienes y servicios. Esta fuga de emisiones, podría ser considerada por el país como una estrategia para cumplir los objetivos de Kioto al no tenerse en cuenta en los objetivos de reducción de emisiones basados en el criterio del productor. Además, supondría la transferencia de emisiones a otros países con una legislación medioambiental más débil.

4. Análisis de la responsabilidad compartida de un país

La aplicación del criterio de responsabilidad medioambiental compartida a la hora de asignar emisiones tiene como objetivo que cada país se haga responsable de parte de las emisiones incorporadas en las mercancías que consume, compartiendo la responsabilidad de las emisiones asociadas a exportaciones e importaciones con los países con los que comercia. De esta manera, se trata de evitar en cierta medida el problema de la fuga de emisiones o de carbono y la incorporación de más países a los acuerdos post-Kioto, sobre todo de países en vías de desarrollo, como ya se ha comentado. Por otro lado, la responsabilidad compartida también implica un cambio menos brusco que entre la responsabilidad del productor y del consumidor al ser un punto intermedio entre estas últimas. Para algunos países o sectores, la aplicación de la responsabilidad del consumidor puede suponer una carga excesiva, mientras que, para otros, principalmente aquellos exportadores o que producen para otros, la disminución de la carga puede conllevar un menor compromiso y atención a las políticas de mitigación.

La expresión que recoge la responsabilidad compartida (*RCompartida*) sería:

$$\begin{aligned}
 RCompartida &= \phi RP + (1 - \phi) RC = \\
 &= \phi \varepsilon (y^r + y^x) + (1 - \phi) [\varepsilon y^r + \varepsilon^t [A^m (I - A^d)^{-1} y^r] + \varepsilon^t y^m] = \quad (6) \\
 &= \underbrace{\varepsilon y^r}_{(6.1)} + \underbrace{\phi \varepsilon y^x}_{(6.2)} + \underbrace{(1 - \phi) [\varepsilon^t [A^m (I - A^d)^{-1} y^r] + \varepsilon^t y^m]}_{(6.3)}
 \end{aligned}$$

El país sería responsable de todas las emisiones asociadas a la producción de mercancías que finalmente consume (6.1), más parte de las incorporadas en las exportaciones (6.2) y más otra parte de las incorporadas en las importaciones que realiza (6.3). La cuestión pendiente es definir el porcentaje de reparto ϕ . El objetivo de la propuesta aquí realizada es doble: establecer un porcentaje de reparto que, por un lado, distribuya la responsabilidad de las emisiones de las exportaciones e importaciones entre países, y, por otro, también permita repartir la responsabilidad a nivel sectorial. Así, se combinarían las dos líneas de investigación actuales sobre responsabilidad compartida. Una posible solución sería la propuesta en Lenzen *et al.* (2007) para reasignar emisiones por ramas de actividad, en donde la cantidad de emisiones retenida por las industrias oferentes (ϕ) vendría dada por el valor añadido dividido por la producción neta (total de la producción menos consumos intra-industriales)⁸ y, por tanto, las emisiones transmitidas a los consumidores serían $(1-\phi)$. La aportación de este trabajo supone aplicar este criterio de reparto inter-sectorial de emisiones al cálculo de la responsabilidad compartida de un país con una economía abierta, teniendo en cuenta las emisiones asociadas a las exportaciones y las importaciones. La expresión de responsabilidad compartida para un país A que sólo comercia con un país B (que puede ser el resto del mundo) sería la siguiente:

$$RCompartida_A = \underbrace{\varepsilon < y^r >}_{(7.1)} + \underbrace{\phi_A \varepsilon < y^x >}_{(7.2)} + \underbrace{(1-\phi_B) [\varepsilon^t [A^m (I - A^d)^{-1} < y^r >] + \varepsilon^t < y^m >]}_{(7.3)} \quad (7)$$

Los parámetros incluidos en las matrices diagonales ϕ_A y ϕ_B representan, respectivamente, el cociente entre el valor añadido y el producto neto de las diversas ramas de actividad del país A y del B. La expresión (7.2) cuantifica la parte de responsabilidad de las emisiones asociadas a las exportaciones que hace el país A que se quedan dentro del propio país, y que depende del valor añadido generado por cada industria. La responsabilidad del resto de emisiones se asigna a los países consumidores de esas exportaciones. La expresión (7.3) cuantifica las emisiones de las que se hace responsable el país A procedentes de las importaciones que proceden del país B (es

⁸ Las ventajas que tiene utilizar el valor añadido dividido por el producto neto como forma de distribuir las emisiones, según Lenzen *et al.* (2007) son:

decir, exportaciones de A), lo que depende de la proporción $(1 - \phi_B)$. El país B sería responsable de parte de las emisiones generadas por las industrias que producen esos bienes que exporta al país A, en función de su valor añadido sobre la producción neta (ϕ_B) ⁹. La metodología descrita permite que un país se haga responsable de parte de las emisiones de las que es responsable como consumidor, ya sea a nivel agregado o para cada una de sus ramas¹⁰. Por otro lado, la asignación de responsabilidad compartida propuesta no genera doble contabilización de emisiones, ya que las exportaciones de unos países suponen las importaciones de otros.

Es necesario puntualizar que con esta metodología la asignación de las emisiones de manera compartida por ramas cuenta con dos posibilidades. La expresión (7) da como resultado matrices, ya que los diferentes vectores de demanda final están diagonalizados. Esto implica que se puede obtener una asignación sectorial por filas y otra por columnas.

4.1 Responsabilidad compartida por filas: “shared industrial full producer responsibility”

La asignación sectorial por filas implicaría que a la rama i de la economía A se le hace responsable de las emisiones que genera en la producción de los inputs que vende a otras ramas para atender la demanda doméstica (fila de 7.1), más parte de las emisiones que genera al producir los inputs necesarios para los productos que se exportan (fila de 7.2), más parte de las emisiones que la rama i del país B genera al producir los inputs que importa toda la economía, más parte de las emisiones generadas en la producción de la rama i del país B de bienes finales que importa la economía A. Así, por ejemplo, la industria automovilística española sería responsable de todas las emisiones que genera al producir inputs que utilicen otras ramas españolas para atender la demanda doméstica y de parte de los inputs importados de la misma rama para ese mismo fin, más parte de las emisiones que genera al producir los coches que exporta, pero también parte de las emisiones de los inputs de la rama automovilística que utilicen otros productos

⁹ En nuestro caso, al aplicar un modelo uni-regional y utilizar el supuesto de misma tecnología de producción y contaminación en el resto del mundo y el país, $\phi_A = \phi_B$.

¹⁰ Sin embargo, las distintas ramas de actividad sólo comparten las emisiones que cada una realiza al producir las mercancías, pero no las emisiones asociadas al consumo de bienes intermedios que hace cada rama de actividad. Para que ello se produjera habría que trabajar con sectores verticalmente integrados.

exportados, más parte de las emisiones en la producción de cualquier importación de la economía española que use inputs de la rama del automóvil. La ventaja del uso de las filas es que consiste en repartir entre países y sectores las emisiones que recoge el Protocolo de Kioto bajo el principio de responsabilidad del productor¹¹. El posible inconveniente es que se hace responsable a una rama de parte de las emisiones de la rama homóloga en el extranjero por las importaciones del país, incluso aunque esas importaciones tengan como destino otras ramas de la economía o la demanda final. Sin embargo, este reparto por filas de las emisiones supone una asignación de responsabilidad en las emisiones similar al propuesto en el mercado de derechos de emisiones de la UE entre 2013 y 2020, aunque sólo restringido al comercio intracomunitario. En ese mercado la asignación de emisiones se hace bajo el principio del territorio y el mecanismo del benchmarking calculado a nivel sectorial para todos los países de la UE. Por ello, si nos centramos en el comercio de la Unión el total de emisiones de la responsabilidad compartida por filas es el mismo que el propuesto por la nueva legislación europea. Sin embargo, la asignación de derechos para las distintas ramas de actividad de cada país es diferente, en función de la intensidad de emisiones de las exportaciones e importaciones que realizan los distintos países.

La principal dificultad en la aplicación de esta asignación por filas es conseguir que la industria de un país se haga responsable de parte las emisiones que realiza la misma industria de otro país. Por ello, una opción viable sería que las empresas de cada país tuvieran que hacerse responsables de las emisiones que generan al producir a través del mercado de derecho de emisiones (como en la actualidad) y el país tuviera que responsabilizarse del exceso de emisiones asociadas a la responsabilidad compartida. El país que disponga de unas emisiones de CO₂ superiores a las del criterio del productor sí tendría que comprometerse a tomar medidas adicionales. Entre esas medidas, se podrían adoptar las siguientes: fomento de energías no contaminantes, como son la eólica y la solar, a través del establecimiento de un mecanismo de primas; establecimiento de un impuesto sobre contenido de carbono, ya que las empresas lo acaban trasladando a los consumidores; colocación de un impuesto especial sobre el queroseno de tal forma que se internalicen parte de las importantes emisiones generadas por la aviación; desarrollo de una política de transporte medioambientalmente eficiente, por ejemplo, a través del

¹¹ Si no se aplicaran los porcentajes de reparto ϕ , la suma de las filas proporcionaría las emisiones que realiza cada rama al producir y que proporcionan habitualmente las estadísticas nacionales, como las Cuentas Satélite de Emisiones Atmosféricas del INE, en el caso de España.

desarrollo del transporte público; regulación estricta sobre aislamiento de edificios que evite la pérdida de calor; obligatoriedad de la utilización de energía solar para el suministro de agua caliente en edificios, establecimiento de temperaturas mínimas suministradas por aparatos de aire acondicionado en edificios públicos y privados en verano; un impuesto de matriculación progresivo en función de lo contaminantes que sean los vehículos; etc. En esta misma línea, el sector público podría poner una cláusula medioambiental en la contratación pública de tal forma que se favorezcan las empresas que dispongan de procesos productivos más ecológicos y las que presenten a los concursos proyectos menos contaminantes.

4.2 Responsabilidad compartida por columnas: “shared industrial full consumer responsibility”

Por otro lado, la asignación de la responsabilidad de las emisiones por sectores según las columnas implicaría reasignar las emisiones según sectores verticalmente integrados, considerando las ramas como consumidoras y responsables no solo de lo que producen sino también, en parte, de lo que compran a otras ramas. De esta forma, las ramas serían responsables de las emisiones generadas en la producción de los inputs propios que utilizan más las emisiones de los procesos de producción de los inputs que utilizan de otras ramas para atender la demanda doméstica de sus productos (columna de 7.1), más parte de las emisiones de los inputs propios y de otras ramas que utilice en la producción para atender sus exportaciones (columna de 7.2), más parte de las emisiones asociadas a los inputs importados para su proceso de producción para atender su demanda final doméstica (columna de 7.3), más parte de las emisiones incorporadas en las importaciones de bienes finales de la rama. Las ventajas de este tipo de reparto sectorial por columnas son similares a las de la responsabilidad de consumidor frente a la del productor. Si una rama consume en su proceso de producción inputs con un elevado contenido de emisiones debe ser responsable por ello, ya que de esa forma se le incentivará para buscar un suministrador o un input sustituto medioambientalmente más eficiente. Además, un sector se verá más forzado a reducir sus emisiones si también otras ramas que le compran le exigen menos intensidad de emisiones para permanecer como clientes.

Esta asignación de responsabilidad por columnas es similar a lo que Gallego y Lenzen (2005) y Lenzen *et al.* (2007) denominan “full consumer responsibility” para una

economía cerrada y que recoge las emisiones correspondientes a los subsistemas (Sraffa) o sectores verticalmente integrados (Pasinetti) asociados a cada demanda final. Nuestra aportación en este caso es doble: a) al considerar la posibilidad del comercio internacional y, con ello, calcular la responsabilidad no sólo por industrias, sino también por países; b) al asignar la responsabilidad sobre esas emisiones a las industrias y no a los consumidores finales. Las columnas de la matriz inversa de Leontief muestran todos los inputs que una rama necesita directa e indirectamente de sí misma y las demás para poder producir una unidad de mercancía que pueda ir destinada a la demanda final. En este sentido, se muestra la rama como consumidora de inputs y de ahí nuestra interpretación.

Establecer una política de reducción de emisiones basada en la asignación de emisiones asociadas a la demanda final (consumo, gasto público, inversión¹² y exportaciones), es decir, por columnas, responsabilizando a los agentes que realizan esa demanda puede ser difícil. La imposición puede ser un mecanismo que obligue a los agentes consumidores finales a reducir el consumo de los productos más contaminantes, aunque no exento de problemas. Por otro lado, si asignamos la responsabilidad de las emisiones por columnas a las industrias, nos encontramos con la dificultad de implicar a las empresas en la reducción de emisiones a partir de los inputs que utilizan, ya que implicaría control sobre el proceso de producción de sus suministradores, o el cambio de suministrador con inputs que pueden tener pocos o ningún sustitutivo. Además, las emisiones de la columna pueden estar muy desequilibradas en relación con las de la fila y ello suponer un coste excesivamente alto para la industria.

La propuesta de responsabilidad compartida de Gallego y Lenzen (2005) y Lenzen *et al.* (2007) implica repartir la responsabilidad entre la suma de la fila (emisiones de las que responsabilizan por completo a las industrias) y la suma de la columna (emisiones de las que responsabilizan por completo a las familias). Este reparto podría ser complementario del realizado aquí (Peters, 2008), pero reinterpreta las emisiones de la columna como responsabilidad de las ramas consumidoras. De esa forma se

¹² El tratamiento de las emisiones generadas por los bienes de inversión debería ser distinto a los otros componentes de la demanda final, ya que los primeros entran a formar parte del sistema productivo. En nuestra opinión, lo más adecuado sería que la responsabilidad de las emisiones generadas por la producción de los bienes de inversión recayera sobre las empresas que consumen esos bienes y los utilizan durante varios periodos para la producción de otras mercancías. Por tanto, esas emisiones deberían asignarse a las industrias que usan esos bienes y conforme consumen cada año el capital fijo.

resolverían algunos de los problemas mencionados con anterioridad de las asignaciones solo por filas o solo por columnas¹³.

El concepto de responsabilidad compartida por columnas también sería útil para definir el comportamiento ambiental de un producto a partir de una etiqueta ecológica basada en emisiones de CO₂ (que podría denominarse *ecoemisiones o ecoetiqueta de CO₂*) o de un proceso productivo, similar al ISO 14.001 o sistemas de gestión ambiental. Las empresas que lo desearan podrían evaluar el CO₂ directo e indirecto incorporado en los bienes y servicios que suministran al mercado. De esta forma, las empresas que se acrediten entre las menos contaminantes de su gama ganarían en calidad y diferenciación de producto, pudiéndose asegurar un segmento de mercado. Y lo que es más importante, los consumidores finales podrían guiar conscientemente a través de sus decisiones de consumo un crecimiento respetuoso con el medioambiente. Además, considerar las emisiones asociadas a las importaciones a la hora de definir esta ecoetiqueta de CO₂ podría ayudar a resolver los problemas de pobreza y de degradación ambiental en los países subdesarrollados, de forma similar a las soluciones de Comercio Justo y de Certificación Ambiental (Azqueta *et al.*, 2006).

5. Responsabilidad medioambiental de la economía española

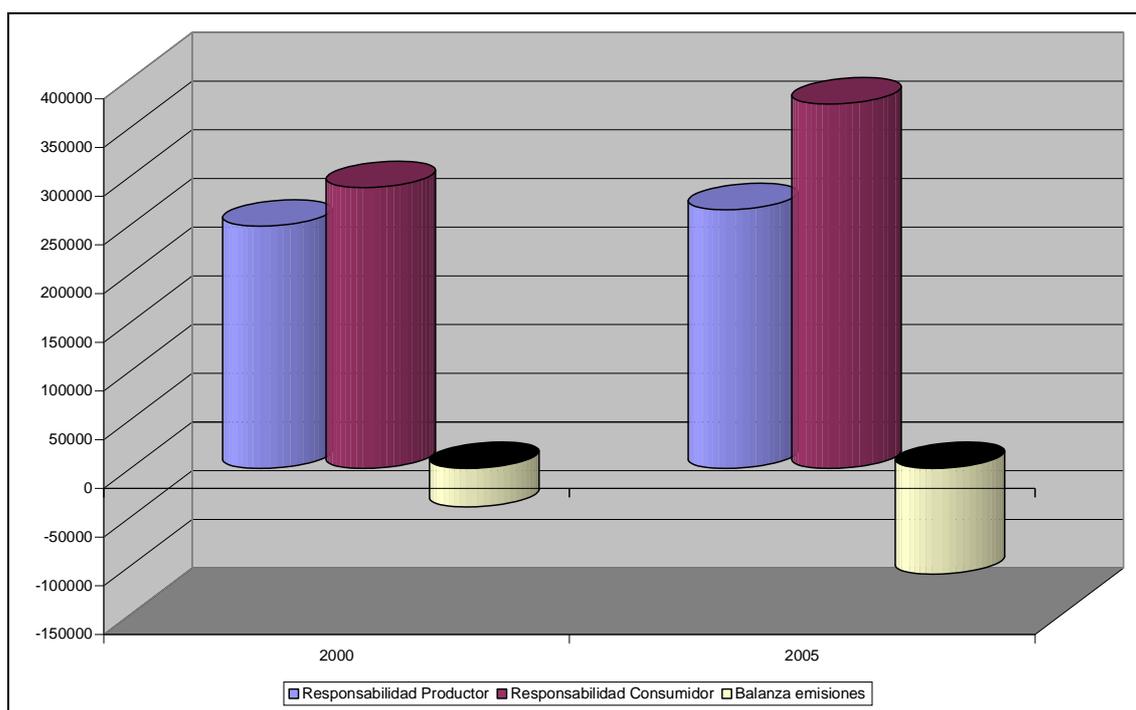
En el análisis empírico se ha calculado la responsabilidad de la economía española sobre las emisiones según la responsabilidad del productor, del consumidor y la responsabilidad compartida. Las principales fuentes de datos han sido las Tablas input-output y las Cuentas Satélite sobre emisiones atmosféricas, ambas elaboradas por el INE. Estos cálculos se han realizado para los años 2000 y 2005 y para 46 sectores.

El importante déficit comercial español da lugar a que la economía española presente un saldo negativo en la balanza de emisiones de CO₂ en el periodo considerado (Gráfico 1), ya que se ha supuesto la misma tecnología de producción y contaminación para las exportaciones y las importaciones. Las emisiones asociadas a las importaciones son

¹³ Según nuestra interpretación de las emisiones por columnas, los hogares solo serían responsables de sus emisiones directas (calefacción y transporte privado, principalmente). No obstante, la parte de emisiones incluidas en las importaciones finales es en ambos casos la más conflictiva para asignar a las ramas nacionales. En este caso, podría plantearse como solución repartir la responsabilidad entre la rama productora (en el extranjero) y los hogares nacionales, que son los que se benefician de esos productos.

muy superiores a las vinculadas con las exportaciones o, lo que es lo mismo, la responsabilidad como consumidor de la economía española es superior a la que tiene desde el punto de vista del productor. Lo más significativo es el empeoramiento del saldo entre 2000 y 2005, pasando de representar un 15% de la responsabilidad del productor en 2000 a un 40% en 2005.

Gráfico 1. Balanza de emisiones de la economía españolas, gigagramos de CO₂



Fuente: elaboración propia.

La balanza de emisiones se puede calcular por productos o por ramas industriales. En el primer caso, la balanza se calcula como la diferencia entre la RP por filas y la RC por filas, lo que tiene en cuenta las emisiones directas asociadas a la producción e importación de cada producto. En el segundo caso, la balanza se calcula como la diferencia entre la RP por filas, emisiones realizadas por la industria, y la RC por columnas, emisiones incorporadas directa e indirectamente en los inputs que utiliza esa misma industria o en los bienes importados como bienes finales producidos por esa industria en el extranjero. En este segundo caso, además de considerar las emisiones incorporadas en las importaciones se reasignan todas las emisiones por sectores verticalmente integrados, agregando a cada rama las emisiones vinculadas al consumo de mercancías en vez de las generadas en su producción.

El estudio de la balanza por productos muestra cómo la rama de crudos de petróleo es la principal responsable del déficit de emisiones. La alta dependencia de la economía española de los derivados del petróleo y la ausencia de yacimientos importantes en el territorio lleva a que la práctica totalidad del petróleo crudo consumido en la economía española sea importada. Así, sus emisiones se incluyen dentro de la responsabilidad del consumidor y de las importaciones, pero no en la del productor. En el año 2000, las emisiones de estas importaciones representaban -44.832 gigagramos (Gg) de CO₂ sobre un saldo negativo de -39.539 y, en el año 2005, -82.272 Gg de CO₂ sobre un saldo negativo de -108.476.

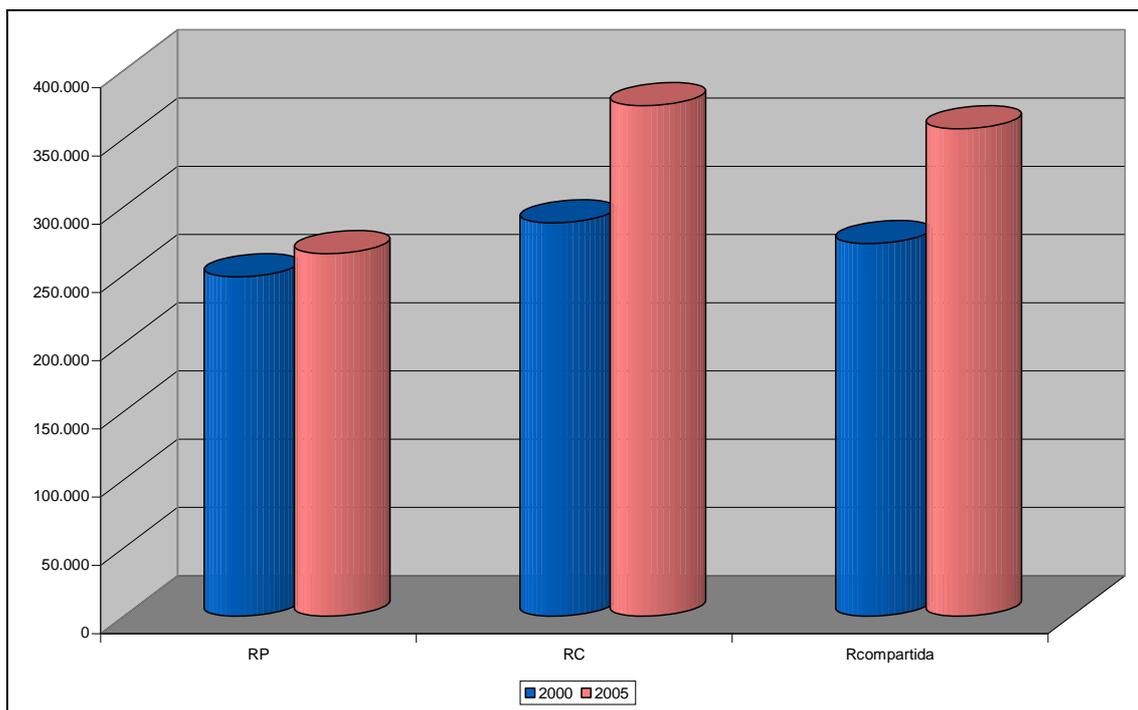
Una vez descontadas las emisiones asociadas a la rama de crudos del petróleo, la balanza de emisiones por productos pasa de presentar un escaso superávit de 5.293 Gg de CO₂ en 2000 a un déficit de 26.206 Gg de CO₂ en 2005. Los productos que muestran un importante saldo negativo en su balanza son, por un lado, los del sector eléctrico y, por otro, el conjunto de ramas extractivas y los de metalurgia. Entre los productos con un importante saldo positivo, aparecen, por un lado, todos los suministrados por las ramas de transporte, por otro, los de la agricultura y también los de otros productos minerales no metálicos. Hay que destacar como entre 2000 y 2005 los productos con saldo negativo empeoran su saldo y los productos que disponen de saldo positivo lo ven reducido. Por otro lado, la aportación de la gran mayoría de ramas manufactureras y de servicios al saldo de la balanza de emisiones es muy escasa, como consecuencia de su carácter poco contaminante directamente

La reasignación de emisiones que supone la balanza de emisiones por industrias da lugar a que ahora las ramas que disponen un saldo negativo sean aquellas que utilizan de forma intensiva aquellos productos más intensivos en energía y recursos naturales que requiere importar la economía española. Las principales ramas son para el año 2000: construcción con -48.700, vehículos y reparación con -16.530, hostelería, fabricación de vehículos de motor, alimentos y bebidas. Con un saldo positivo, encontramos la rama de producción y distribución de electricidad, gas con 52.885 y otros minerales no metálicos con 43.796. La razón de esos guarismos se aposenta, tanto en el saldo positivo comercial, como en que esas dos ramas emiten mucho como productoras (sus procesos de producción son contaminantes) y, sin embargo, muy poco

como consumidoras (los procesos de producción de los inputs que utilizan directa o indirectamente son poco contaminantes).

El gráfico 2 muestra que la responsabilidad compartida de la economía española es un punto intermedio entre la responsabilidad de emisiones asignada a la economía según el principio del productor (RP) y la asignada según el principio del consumidor (RC). No obstante, como puede observarse, en términos de crecimiento, dado el importante aumento de las emisiones según la responsabilidad del consumidor de la economía española, la responsabilidad compartida muestra un comportamiento más cercano a ésta última que a la responsabilidad del productor, debido al importante peso y crecimiento de las importaciones.

Gráfico 2. Responsabilidad del productor (RP), del consumidor (RC) y responsabilidad compartida de la economía española, gigagramos de CO₂.

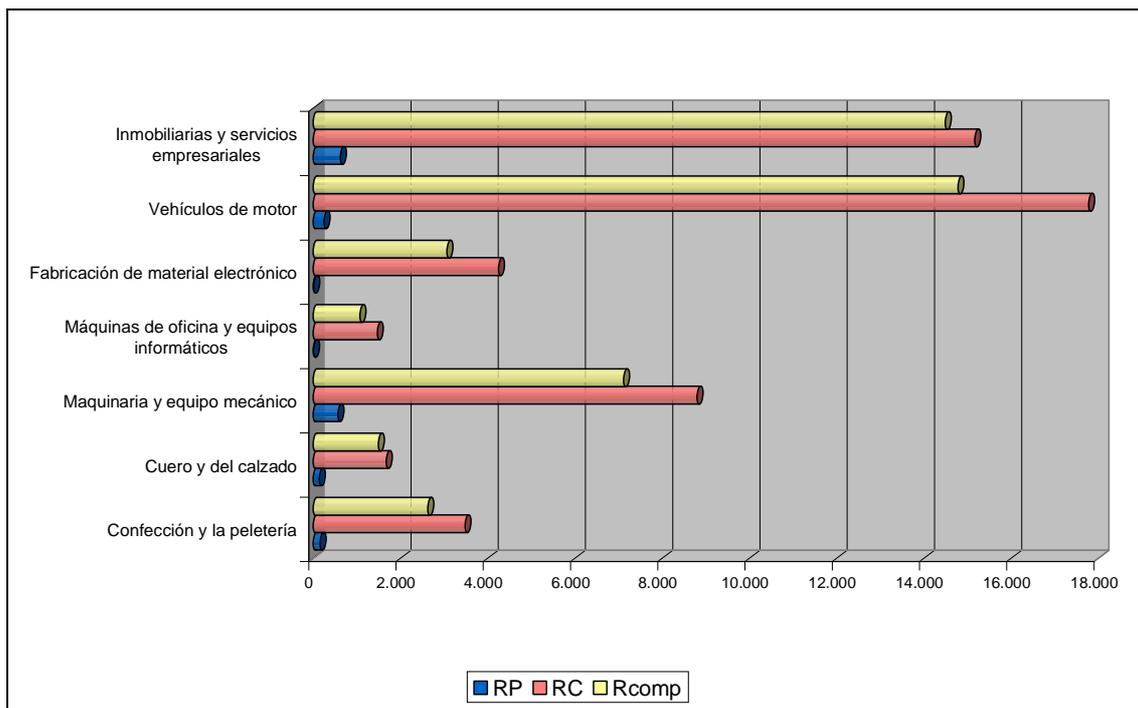


Fuente: elaboración propia.

Las diferencias que se observan en el gráfico 2 entre las distintas mediciones de responsabilidades a nivel agregado se acentúan cuando descendemos a nivel sectorial. Para la economía española en su conjunto el cambio en el criterio de asignación de RP a RC supone un aumento de la responsabilidad de la economía de un 15,9% en 2000 y de

un 40,8% en 2005, mientras que con el criterio de responsabilidad compartida el aumento sería de un 9,8% y un 34,4%, en 2000 y 2005, respectivamente. A nivel desagregado esos aumentos pueden ser de hasta un 42.300%, como en la rama de material electrónico. La desagregación sectorial es necesaria porque constituye un requisito para el establecimiento de políticas concretas y con mayores posibilidades de éxito en la reducción de emisiones. En el gráfico 3 se recogen algunas de las ramas en las que existe un cambio más acentuado entre una asignación de la responsabilidad sobre las emisiones de CO₂ según el principio del productor (RP) o según el del consumidor (RC). Son ramas cuyo proceso de producción no es excesivamente contaminante, pero que utilizan inputs directa e indirectamente (domésticos e importados) muy contaminantes. Son ramas compradoras de contaminación (Sánchez-Chóliz y Duarte, 2004), que para llevar a cabo su producción necesitan que otras ramas (domésticas o extranjeras) contaminen. Por ejemplo, en el caso de la rama de vehículos, su responsabilidad como productor es de 249 Gg de CO₂, mientras que como rama consumidora de inputs su responsabilidad aumenta hasta 17.772 Gg. Esto puede suponer un enorme coste para la rama y la responsabilidad compartida atempera ese resultado disminuyendo la responsabilidad en el caso de la rama de vehículos hasta 14.778 Gg. Esta disminución de la responsabilidad que proporciona la responsabilidad compartida puede llegar hasta los 12.000 puntos porcentuales, como en el caso comentado anteriormente de la rama de material electrónico. Por otro lado, no resulta extraño que muchas de las ramas donde mayor repercusión tiene el cambio de responsabilidad del productor al consumidor sean ramas de servicios, como es el caso de Inmobiliarias y servicios empresariales, que aparece en el gráfico 3.

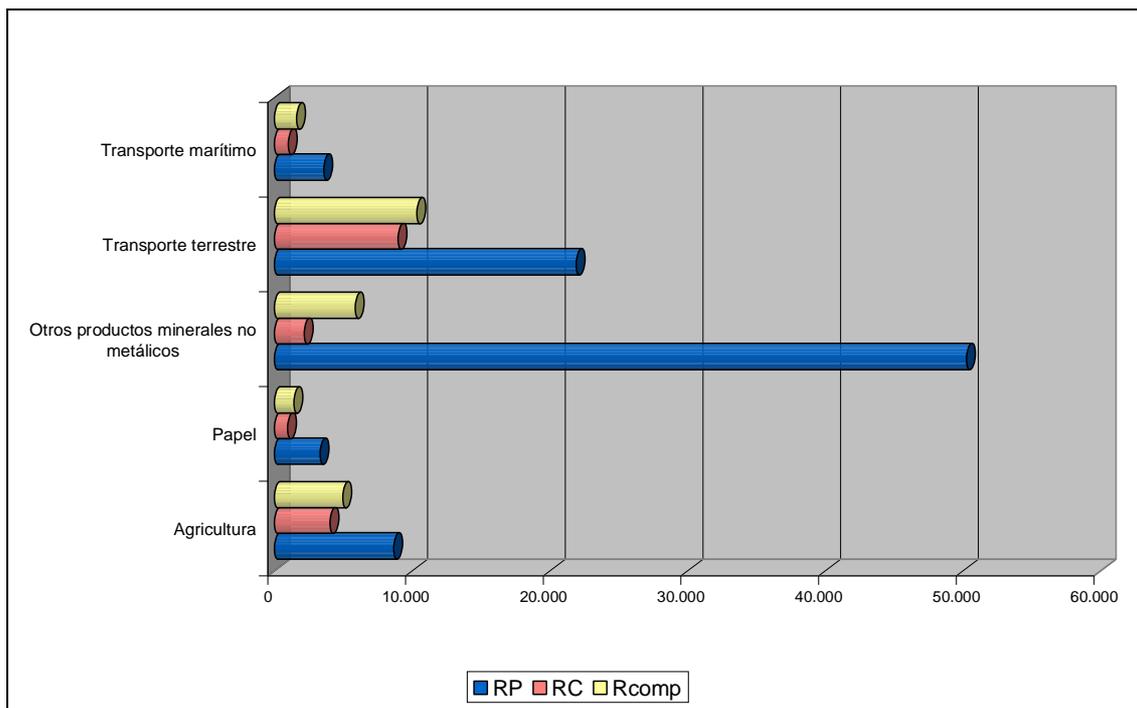
Gráfico 3. RP, RC y Responsabilidad Compartida para sectores seleccionados con RC>RP en 2005, gigagramos de CO₂.



Fuente: elaboración propia.

Del mismo modo que hay ramas que aumentan su responsabilidad como consumidoras en comparación con su responsabilidad como productoras, también hay ramas para las que ocurre lo contrario (gráfico 4). Éstas son ramas típicamente productoras de bienes y servicios intermedios, como otros productos minerales no metálicos, transporte terrestre y marítimo, papel, producción y distribución de energía eléctrica o crudos del petróleo. Su actividad como ramas consumidoras es mucho menos contaminante que su actividad como productoras. En estos casos la responsabilidad compartida también equilibra las diferencias y puede llegar a disminuir el descenso de la responsabilidad del consumidor respecto de la del productor en más de 30 puntos porcentuales como en el caso de la rama de extracción de minerales metálicos.

Gráfico 4. RP, RC y Responsabilidad Compartida para sectores seleccionados con RP > RC en 2005 (Gigagramos de CO₂)



Fuente: elaboración propia.

6. Conclusiones

El cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones de los países firmantes, como España, del Protocolo de Kyoto requiere establecer una amplia variedad de políticas. Éstas serán tanto más eficaces cuanto mejor definido esté el agente responsable de las emisiones contaminantes. El Protocolo de Kyoto utiliza como criterio de asignación de emisiones por países el territorio, de forma que se asigna la responsabilidad de las mismas a quién las produce. No obstante, la globalización ha supuesto un aumento del comercio internacional de bienes finales y sobre todo de bienes intermedios que tiene repercusiones sobre la asignación de emisiones. A través de exportaciones e importaciones un país puede absorber o transferir contaminación. Cuando se transfiere contaminación entre países desarrollados y firmantes de Kyoto y no firmantes se produce la fuga de carbono (o *carbon leakage*), que puede generar un aumento de las emisiones a nivel global. Incluir el comercio internacional en la asignación de responsabilidades sobre las emisiones sería una forma de solucionar el problema. Y esto es lo que hace el criterio de responsabilidad del consumidor.

La posibilidad establecida en el Paquete de Energía y Cambio Climático por parte de la Comisión Europea de incluir en el sistema de derechos de emisión europeo a los

importadores de productos en aquellas ramas con riesgo de fuga de carbono, es una primera aproximación legislativa que considera el criterio de responsabilidad del consumidor como forma de asignar las emisiones de un país. No obstante, el cambio de una asignación según el criterio del productor a otra según el criterio del consumidor puede ser demasiado brusco. A nivel global, los resultados obtenidos indican que la responsabilidad de la economía española en las emisiones de CO₂, según el criterio del consumidor, hasta un 40,8% en 2005. Y el análisis por sectores proporciona resultados más distantes. Una rama como la de la Confección puede pasar de ser responsable como productora de 127 Gg de CO₂ a serlo de 2.626 Gg como consumidora. Esto puede resultar en la imposibilidad de aplicar políticas eficaces de reducción de emisiones en estos casos sin enfrentarse a problemas de rentabilidad y supervivencia de las empresas. Por otro lado, otras ramas básicamente exportadoras o productoras de bienes intermedios pueden perder interés o compromiso en la aplicación de medidas reducción de emisiones si el criterio de responsabilidad del consumidor disminuye las emisiones de las que son responsables al recaer principalmente el peso en otras. Este es el caso, por ejemplo, de la rama de otros productos minerales no metálicos cuya responsabilidad pasa de 50.260 Gg como productora a 2.162 como consumidora.

La responsabilidad compartida puede ayudar a mitigar estos problemas pues es un punto intermedio que implica tanto a consumidores como a productores. La responsabilidad compartida de la economía española aumenta 9,8% y un 34,4%, en 2000 y 2005, respectivamente, en relación con la responsabilidad como productor del país. Esto significa que está más próxima a la calculada bajo el criterio del consumidor que la correspondiente al criterio del productor. Por tanto, si se adoptara el criterio de responsabilidad compartida para calcular y asignar las emisiones de los países, las políticas de control de esas emisiones aplicadas en el caso de la economía española tendrían que ser más incisivas que las tomadas hasta el momento, que tienen como referente el criterio del productor. Más aún si tenemos en cuenta que estas políticas no han logrado hasta el momento cumplir con los objetivos fijados en Kyoto.

BIBLIOGRAFÍA

- Abraham, K. and Taylor, S., 1996. Firm's use of outside contractors: theory and evidence. *Journal of Labour Economics*, 14, 394-424.
- Ahmad, N. and Wyckoff, A., 2003. Carbon dioxide emissions embodied in international trade of goods. *OECD Science, Technology and Industry Working Paper*, 15.
- Antweiler, W., 1996. The pollution terms of trade. *Economic System Research*, 8, 4, 361-365.
- Azqueta, D., Delacámara, G. y Sotelsek, D., 2006. Degradación ambiental, endeudamiento externo y comercio internacional. *Cuadernos Económicos de ICE*, 71, 115-132.
- Bastianoni, S., Pulselli, F. M. and Tiezzi, E., 2004. The problem of assigning responsibility for greenhouse gas emissions. *Ecological Economics*, 49, 253– 257
- Cadarso, M.A., Gómez, N.; López, L.A. and Tobarra, M.A., 2007. El papel de las multinacionales en la deslocalización y la especialización vertical de la industria española. *Revista de Economía Mundial*, 16, 27-55.
- Cadarso, M.A., Gómez, N.; López, L.A. and Tobarra, M.A., 2008. The EU enlargement and the impact of outsourcing on industrial employment in Spain, 1993-2003, *Structural Change and Economic Dynamics*, 19 (1), 95-108.
- Cadarso, M.A., Gómez, N.; López, L.A. and Tobarra, M.A., 2009.
- DGA (varios años): Estadísticas de Comercio Exterior Españolas (Datacomex).
- European Commission, 2001. Nameas for air emissions: results of pilot studies. European Communities, Luxembourg.
- European Commission, 2003. Directiva CE/87/2003. European Communities, Luxembourg.
- European Commission, 2007. EU Energy and transport in figures 2007. Directorate – General for energy and Transport. EC, Brussels.
- European Community Shipowners' Associations (ECSA), 2008a. Climate Change and shipping. Network for transport and environment, <http://www.ntm.a.se>
- European Community Shipowners' Associations (ECSA), 2008b. Climate Change and shipping. ECSA position paper. Network for transport and environment, <http://www.ntm.a.se>
- Ferng, J. J., 2003. Allocating the responsibility of CO₂ over-emissions from the perspectives of benefit principle and ecological deficit. *Ecological Economics*, 46, 121-141.
- Felder, S. and Rutherford, T., 1993. Unilateral CO₂ reductions and carbon leakage: the consequences of international trade in basic materials. *Journal of Environmental Economics and Management*, 25, 162-176.
- Gay, P. W. and Proops, J. L. R., 1993. Carbon-dioxide production by the UK economy: an input-output assessment. *Applied Energy*, 44, 113-130.
- Gallego y Lenzen, 2006.
- Gómez, N.; López, L.A. Y Tobarra, M.A., 2006. Pautas de deslocalización de la industria española en el entorno europeo (1995-2000): la competencia de los países de bajos salarios, Boletín del ICE,
- INE, 2005. Contabilidad nacional de España. Marco input-output. Serie 1995-2000. Madrid, Instituto Nacional de Estadística.
- INE, 2006. Cuentas Satélite sobre emisiones Atmosféricas. Serie 1995-2000. Madrid, Instituto Nacional de Estadística.
- International Energy Agency (IEA), 2000. The road from Kyoto. Current CO₂ and Transport Policies in the IEA, OECD, Paris.

- International Energy Agency (IEA), 2001. CO₂ from fuel combustion, OECD, Paris.
- IPCC, 1997. Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: reporting instructions. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC, 2001. Climate Change 2001: mitigation. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Jones, A., 2002. An environmental assessment of food supply chains, a case study on dessert apples. *Environmental Management*, 30, 4, 560-576.
- Krugman, P., 1995. Growing World trade: causes and consequences. *Brookings Papers on Economic Activity*, 1.
- Lenzen, M., Murray, J., Sack, F. and Wiedman, T., 2007. Shared producer and consumer responsibility – Theory and practice. *Ecological Economics*, 61, 27-42.
- Lenzen, M.; Pade, L.L. and Munksgaard, J., 2004. CO₂ multipliers in multi-region input-output models. *Economic System Research*, 16, 4, 391-412.
- Leontief, W., 1941. *The structure of the American economy, 1919-39*. New York, Oxford University Press.
- Leontief, W., 1970. Environmental Repercussions and the Economic Structure: An Input-Output Approach. *The Review of Economics and Statistics*, 52, 3, 262-71.
- Leontief, W. and Ford, D., 1972. Air pollution and the economic structure: empirical results of input-output computations, in Brody A., Carter A. (Eds.), *Input-output techniques*, Amsterdam, North-Holand, 9-30.
- Machado, G., Schaeffer, R. and Worrell, E., 2001. Energy and carbon embodied in the international trade of Brazil: an input-output approach. *Ecological Economics*, 39, 409-424.
- Mongelli, I.; Tassielli, G. and Notarnicola, B., 2006. Global warming agreements, international trade and energy/carbon embodiments: an input-output approach to the Italian case. *Energy Policy*, 34 (1), 88-100.
- Munksgaard, J. and Pedersen, K., 2001. CO₂ accounts for open economies: producer or consumer responsibility? *Energy Policy*, 29, 327-334.
- Muradian, R., O'Connor, M. and Martinez-Alier, J., 2002. Embodied pollution in trade: estimating the 'environmental load displacement' of industrialised countries, *Ecological Economics*, 41 (1), 51-67.
- Olivier, J. and Peters, G. P., 1999. International marine and aviation bunker fuel: trends, ranking, of countries and comparison with national CO₂ emissions. RIVM report 773301 002. National Institute of Public Health and the Environment (RIVM), The Netherlands.
- Paltsev, S., 2001. The Kyoto protocol: regional and sectoral contributions to the carbon leakage. *The Energy Journal*, 22 (4), 53-79.
- Pasinetti, P. L., 1973. The notion of vertical integration in economic analysis", *Metroeconomica*, 25,1-29.
- Peters, G. P., 2008. From production-based to consumption-based national emission inventories. *Ecological Economics*, 65, 13-23.
- Peters, G. P. and Hertwich, E. G., 2006a. Pollution embodied in trade: the Norwegian case. *Global Environmental Change*, 16, 379-389.
- Peters, G. P. and Hertwich, E. G., 2006b. The importance of imports for household environmental impacts. *Journal of Industrial Ecology*, 10 (3), 89-109.
- Peters, G. P. and Hertwich, E. G., 2008a. CO₂ embodied in international trade with implications for global climate policy. *Environmental Science and Technology*, 42 (5), 1401-1407.

Peters, G. P. and Hertwich, E. G., 2008b. Post-Kyoto gas inventories: production versus consumption. *Climatic Change*, 86, 51-66.

Roca, J. and Serrano, M., 2007a. Income growth and atmospheric pollution in Spain: an input-output approach. *Ecological Economics*, 63 (1), 230-242.

Roca, J. and Serrano, M., 2007b. Trade and atmospheric pollution in Spain: an input-output approach. 2nd Spanish Conference on Input-Output Analysis, Zaragoza, Spain.

Sánchez-Chóliz, J. and Duarte, R., 2004. CO₂ emissions embodied in international trade: evidence for Spain. *Energy Policy*, 32, 1999-2005.

United Nations World Tourism Organization (UNWTO), 2008. Climate change and tourism. Responding to global challenges. Madrid, World Tourism Organization and United Nations Environment Program.

Van Veen-Groot, D. and Nijkamp, P., 1999. Globalisation, transport and the environment: new perspectives for ecological economics. *Ecological Economics*, 31, 331-346.

Van Veen-Groot, D. B.; Nijkamp, P. and van den Bergh, C.J.M., 2001. A scenario study of globalization impacts on international transport and the environment: an application to the Dutch paper industry. *Journal of Environmental Planning and Management*, 44 (1), 21-40.

Wiedman T., Lenzen, M., Turner, K, and Barret, J., 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, 15-26.

Weber, C.L. and Matthews, H.S. (2008). Food-miles and the relative climate impacts of food choices in the United States. *Environmental Science and Technology*, 42, 3508-3513.

World Trade Organization, 1998. Annual Report, Geneva.

Ziesing, H. 2005. Worldwide CO₂ emissions reached new record high. Weekly Report 29/2005, DIW, Berlin, <http://www.diw.de>.