Guadalupe Arce González*

FUGA DE CARBONO, HIPÓTESIS REFUGIO DE EMISIONES E HIPÓTESIS ALTERNATIVAS. UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA

En este artículo se realiza una revisión de los trabajos que evalúan las principales hipótesis que relacionan el comercio internacional y el medioambiente. Tanto las que postulan un impacto negativo, hipótesis refugio y efecto refugio de contaminación, conforme las políticas de mitigación son asimétricas entre países, como las hipótesis alternativas de Porter y de dotación factorial. El argumento de que el comercio, especialmente entre países desarrollados y emergentes, deteriora el medioambiente, nos lleva a revisar los estudios que evalúan las alternativas que luchan contra la fuga de emisiones: enfoques sectoriales, ajustes en frontera y asignación gratuita de derechos de emisión.

Palabras clave: *comercio internacional, medioambiente,* pollution havens, carbon leakage.
Clasificación JEL: *F18, Q54, Q56.*

1. Introducción

La lucha contra el cambio climático se ha convertido en uno de los principales retos de la sociedad actual. La Agencia Internacional de la Energía estima que para alcanzar el objetivo del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático[1], será necesario invertir alrededor de un 0,55 por 100 del PIB mundial. Las emisiones mundiales de CO_2 se han cuadruplicado en los últimos 50 años (AIE, 2010) y de hecho, se estima que un 23 por 100 de las emisiones mundiales se comercian internacionalmente (Davis *et al.*, 2011). Por tanto, es fundamental cuantificar en qué medida el comercio internacional incide sobre el medioambiente e

* Universidad Castilla-La Mancha.
La autora desea expresar su agradecimiento a los profesores D. Luis Antonio López Santiago y Dña. Ángela Triguero Cano, de la Universidad de Castilla-La Mancha, por sus útiles sugerencias y comentarios durante la realización de este trabajo.

[1] El IPCC, con la publicación del *Climate Change Synthesis Report* (2007), afirma que es necesario estabilizar las concentraciones de gases efecto invernadero (GEI) lo suficiente para no exceder el umbral de aumento medio de temperatura global de 2 a 2,4 ºC.

identificar los problemas y oportunidades que genera a la hora de diseñar las adecuadas políticas de mitigación: fuga de emisiones, límites jurisdiccionales o necesidad de acuerdos internacionales entre los primeros, y de transferencia de tecnologías verdes, criterio de responsabilidad consumidor o mecanismos de desarrollo limpio entre los segundos.

Los primeros trabajos en esta línea se preguntan por las consecuencias medioambientales de la caída de las barreras comerciales (Grossman y Krueger, 1993). Desde entonces, en la literatura existe un debate sobre los efectos que la apertura comercial tiene sobre el medioambiente (Copeland y Taylor, 2004). En este sentido, se plantea la hipótesis refugio de contaminación o *pollution haven hypothesis*, que afirma que las emisiones globales van a aumentar a consecuencia de que el crecimiento de los intercambios internacionales genera un cambio en el patrón de comercio, desplazando la producción hacia países más contaminantes.

Ante la falta de resultados que confirmen de forma robusta esta hipótesis, surge el concepto de efecto refugio de contaminación o *pollution haven effect*, definido como el efecto que produce un mayor rigor de la legislación medioambiental[2] sobre las decisiones de localización. Asimismo, se plantean dos hipótesis alternativas, la hipótesis de la dotación factorial o *factor endowments hypothesis* y la hipótesis de Porter, con unos efectos del comercio internacional sobre el medioambiente opuestos a los derivados de los *pollution havens*.

La evidencia empírica al respecto sugiere que la producción de los países desarrollados se está desplazando hacia los países emergentes, coincidiendo con etapas de endurecimiento de la regulación medioambiental en los países más desarrollados (Mani y Wheeler, 1999; Davis *et al*., 2011 o López *et al*., 2013), conforme los países firmantes del Protocolo de Kioto adquieren unos compromisos bajo el criterio del territorio. Por tanto, las actuaciones de las empresas para eludir costes medioambientales cada vez son más habituales, de hecho, la fuga de emisiones o *carbon leakage* hacia países no signatarios del Protocolo de Kioto ha aumentado, materializándose en el traslado total o parcial de sus actividades, especialmente las intensivas en emisiones o uso de la energía, hacia países con una regulación medioambiental más débil. Este es un problema que preocupa a nivel político y la necesidad de regulación de las industrias afectadas porque puede provocar un perjuicio en la competitividad y el empleo de las industrias, como consecuencia de la asimetría en el establecimiento de políticas climáticas (Directiva 2009/29/CE).

En este contexto, este trabajo realiza una revisión de las principales aportaciones que en la literatura económica han tratado de medir[3] cómo el comercio internacional incide sobre el medioambiente atendiendo a las principales hipótesis señaladas (apartado 2). En el apartado 3 se recopila la evidencia empírica que existe en relación al fenómeno de la fuga de carbono y las principales soluciones propuestas en la literatura y legislación medioambiental para minimizar su impacto. Por último, se plantean las principales conclusiones del trabajo.

2. El estudio del efecto del comercio internacional sobre el medioambiente. Principales hipótesis

Copeland y Taylor (2004) estudian si la nueva configuración del orden económico mundial y los cambios

[2] En este trabajo cuando se hace referencia a la «regulación medioambiental» nos centramos fundamentalmente en las medidas encaminadas a la mitigación del problema del cambio climático, si bien es un término mucho más amplio que engloba otros ámbitos tales como la preservación de los recursos naturales y la biodiversidad, el agotamiento y la acidificación del agua, la contaminación de suelos, etc.

[3] Se trata de una revisión de la literatura sobre comercio internacional y medioambiente, en línea con los trabajos de BURGUILLO (2002), CERDÁ (2009), CERDÁ (2011) o HINOJO (2011), que toma en consideración las distintas respuestas que la literatura económica proporciona al abordar las complejas relaciones entre comercio internacional y medioambiente, incluyendo las más recientes.

en el comercio internacional generan un aumento global de las emisiones, y, por tanto, un aumento de la degradación medioambiental a escala mundial. Una nueva configuración, donde la producción en los países desarrollados gira hacia actividades intensivas en conocimiento y del sector servicios, menos intensivas en contaminación, e importan de forma creciente bienes industriales más contaminantes de países en desarrollo. Por otro lado, los países en desarrollo y emergentes, relativamente intensivos en mano de obra y/o recursos naturales, se han especializado en producir bienes industriales altamente contaminantes. En este contexto, se plantean las dos hipótesis fundamentales: la hipótesis refugio de contaminación y el efecto refugio de contaminación.

La hipótesis refugio de contaminación o *pollution haven hypothesis*

Copeland y Taylor (2004) indican que se validará esta hipótesis cuando, conforme se reduzcan las barreras al comercio, la producción se desplace a países que son más contaminantes al disponer de una regulación medioambiental más laxa. Esta hipótesis implica que las distintas regulaciones ambientales se convierten en una fuente de ventaja comparativa (Liddle, 2001) y da lugar a dos efectos distintos según el tipo de país (Field y Field, 2006). Por un lado, los países desarrollados, con una normativa más estricta, están incitando a las empresas a relocalizarse en países en desarrollo, con normativas menos exigentes. Y, por otra parte, los países en desarrollo intentan atraer a estas empresas como una forma de obtener inversión extranjera directa e incrementar su crecimiento y desarrollo. Lo que puede resultar en una carrera de reducción de normas en los países emergentes. En términos de emisiones, el resultado es una disminución de la contaminación en los países desarrollados y un aumento de la contaminación en los países en desarrollo, generando un aumento de las emisiones a escala global.

Los trabajos empíricos que han intentado demostrar la existencia de la hipótesis refugio de contaminación son numerosos. Entre los mismos se pueden diferenciar dos tipos: los basados en la metodología input-output y los que utilizan métodos econométricos. Dentro de los primeros podemos encontrar los de Ackerman *et al.* (2007), Dietzenbacher y Mukhopadhyay (2007), Zhang (2012), Chen y Chen (2011) y López *et al.*, (2013). Estos tienen la ventaja de captar la variación del comercio por ramas de actividad a lo largo del tiempo a través del carbono virtual incorporado en las mercancías comercializadas internacionalmente, considerando las emisiones directas e indirectas incorporadas en toda la cadena global de la producción. Además, permite aplicar técnicas de descomposición estructural para distribuir el crecimiento de la variable estudiada en sus diferentes determinantes y cuantificar la contribución de cada uno de ellos en dicho crecimiento.

Ackerman *et al.* (2007) estudia las emisiones GEI asociadas al comercio Japón-EE UU, utilizando un modelo input-output e incorporando un factor de emisión por unidad de producto, para el año 1995. Estos autores observan cómo este comercio bilateral reduce las emisiones de EE UU un 0,35 por 100 y aumenta las emisiones de Japón un 0,64 por 100 sobre el escenario base. Por tanto, EE UU desplaza carga medioambiental hacia Japón aunque de forma poco significativa, ya que las exportaciones estadounidenses son, en promedio, más intensivas en CO_2 por unidad de producción que las japonesas. Sin embargo, las exportaciones que Japón realiza a EE UU tienen un montante mucho mayor, por lo que ambas fuerzas se compensan y el impacto neto de este comercio bilateral sobre el medioambiente se minimiza. Además se concluye que EE UU y Japón son importadores netos de CO_2, por lo que desplazan hacia el exterior, en forma de emisiones evitadas a través de sus importaciones, alrededor de un 4 por 100 de sus emisiones.

Dietzenbacher y Mukhopadhyay (2007) analizan si se valida la hipótesis en India. En su estudio los

autores consideran dos regiones: India y el resto del mundo. A través del análisis input – output calculan la contaminación causada por un incremento adicional de las exportaciones de 1.000.000 de rupias, y la incorporada por un incremento de las importaciones adicional de la misma cuantía. Con los cálculos obtenidos, en dicho estudio, se comprueba que el incremento de emisiones generado por el aumento de las exportaciones, es mucho menor que el generado por las importaciones, por lo que India gana con el comercio en términos medioambientales, quedando así rechazada la hipótesis refugio de contaminación para India en los períodos considerados (1996/1997-1991/1992).

Zhang (2012) mide las emisiones incorporadas a las exportaciones y las evitadas a través de las importaciones para China, y comprueba que hasta el año 2002 el comercio ha permitido reducir el impacto negativo de las emisiones sobre el medioambiente, al tiempo que en China se produjo cierta mejora de su eficiencia energética hasta 2002. Sin embargo, entre 2002-2007 el crecimiento del comercio de China generó un gran aumento de las emisiones globales, conforme mantuvo un superávit comercial importante y usó de forma intensiva el carbón para producir.

Chen y Chen (2011) calculan la balanza de emisiones evitadas como diferencia entre las emisiones evitadas por las importaciones y las emisiones incorporadas en esas importaciones entre los países del G7, BRICs y el resto del mundo. Estos autores concluyen que el comercio internacional no ayuda a la reducción global de emisiones. En concreto, para 2004 se produce un aumento de emisiones de 0,13 billones de toneladas de CO_2, con lo que el comercio internacional estaría empeorando el medioambiente, confirmando la *pollution haven hypothesis*.

En López et al. (2013), a partir de un modelo input-output biregional, se confirma la hipótesis refugio de contaminación para el comercio España-China en el año 2005, concluyendo que el comercio entre los dos países aumenta las emisiones globales en 29.667,6 $KtCO_2$. Es decir, en un mundo sin comercio, en el que España produjera las mercancias que consume se evitarían esas 29.667,6 $KtCO_2$. Además, la propuesta metodológica permite identificar qué parte del incremento global de emisiones corresponde a las importaciones de bienes finales (43,5 por 100), qué parte a importaciones de bienes intermedios de última ronda de la producción (32,4 por 100) y qué parte corresponde a las cadenas globales de producción entre los dos países (24,1 por 100).

Dentro del segundo grupo de trabajos, basados en el análisis econométrico, destacan las aportaciones de Antweiler *et al.* (2001), Xing y Kolstad (2002), Javorcik y Wei (2004) y He (2006). Antweiler *et al.* (2001) proponen un modelo que permite dividir el impacto del comercio sobre el medioambiente en efecto escala, técnica y composición, concluyendo que el comercio internacional tiene una influencia positiva en el medioambiente. Concretamente las emisiones de dióxido de sulfuro (SO_2) disminuyen un 1 por 100, considerando 44 países en el período 1971-1996, refutando así la hipótesis de refugio de contaminación, al igual que Javorcik y Wei (2004).

Xing y Kolstad (2002) estudian la inversión directa extranjera (IDE) que realiza EE UU, centrándose en aquellas industrias especialmente afectadas por regulaciones ambientales más estrictas y su efecto sobre las emisiones de SO_2. Sus resultados proporcionan apoyo indirecto a la hipótesis refugio de contaminación, y concluyen que los países en desarrollo pueden utilizar regulaciones ambientales permisivas como estrategia para competir por la inversión de las industrias contaminantes de los países desarrollados. Por otra parte, He (2006) analiza cómo el crecimiento económico y los cambios en las emisiones afectan a las decisiones de realizar la IDE en 29 provincias de China durante el período 1994-2001, confirmando la hipótesis refugio de contaminación.

El efecto refugio de contaminación o *pollution haven effect*

Otros trabajos han demostrado que los distintos grados de rigurosidad de la regulación ambiental no son significativos en cuanto a los efectos en los flujos

de comercio y no generan cambios en el patrón de comercio (Tobey, 1990). Esto se debe, en parte, a que la rigurosidad de las medidas contra el cambio climático son difíciles de medir debido a la falta de datos, y el hecho de que los costes de cumplimiento de estándares medioambientales, sean sólo una parte muy pequeña de los costes totales de producción dificulta dicho estudio (Levinson, 2000).

En este contexto, Copeland y Taylor (2004) definen *pollution haven effect* como el efecto que produce un mayor rigor de la legislación medioambiental sobre las decisiones de localización de las empresas. Levinson y Taylor (2008) estudian la existencia de dicho efecto en las relaciones comerciales entre EE UU, Canadá y México (NAFTA, por sus iniciales en inglés North American Free Trade Agreement) en el período 1977-1986 para determinar cuáles son las industrias más afectadas por dicha regulación. Según estos autores, las industrias con mayores costes ambientales presentan un mayor incremento de sus importaciones netas, concretamente las ramas de productos químicos orgánicos, agroquímica, acero, minerales no metálicos, tabaco y la industria del cuero. Demostrando de este modo la existencia de efecto refugio.

Kellenberg (2009) también confirma el efecto refugio de contaminación para la economía estadounidense en el período 1999-2003. Demuestra que las grandes multinacionales norteamericanas pueden atribuir el 8,6 por 100 de su crecimiento a la caída de los niveles de exigencia en la regulación ambiental. Asimismo, en dicho trabajo se comprueba que las industrias más intensivas en capital, más intensamente contaminantes, no son necesariamente las ramas más propensas a reaccionar a cambios en la política ambiental, y que son las tradicionalmente consideradas más limpias las que más afectadas se ven por las modificaciones en materia medioambiental. Resultado confirmado por Ederington *et al*. (2005) para la industria manufacturera estadounidense en el período 1978-1992.

A la luz de los trabajos empíricos revisados, se puede confirmar que existe suficiente evidencia de que la producción de bienes intensivamente contaminantes ha disminuido en los países de la OCDE y que esta producción más contaminante se está desplazando hacia países en desarrollo. Esta es la visión predominante en los últimos años y a la que organismos internacionales se adhieren para proponer acuerdos globales de control de emisiones (United Nations Environment Program, UNEP y World Trade Organization, WTO, 2009).

Hipótesis alternativas

A pesar de que en la actualidad las «*pollution havens*» protagonizan los estudios sobre comercio internacional y medioambiente, en la literatura también podemos encontrar principalmente dos hipótesis alternativas, hablamos de la hipótesis de dotación factorial y la hipótesis de Porter.

La hipótesis denominada *factor endowments o* de dotación factorial considera que los costes que la empresa ha de asumir, para cumplir la normativa medioambiental, representan una parte ínfima de los costes de producción totales de las firmas, y que los flujos de comercio están determinados por los factores clásicos de la teoría del comercio, determinantes tradicionales de la ventaja comparativa, las dotaciones de factores de producción (trabajo y capital) y la tecnología (Copeland y Taylor, 2004).

En general, según esta hipótesis, los países con relativa abundancia en capital van a exportar bienes intensivos en contaminación, mientras que aquellos países con abundancia relativa en mano de obra exportarán productos menos contaminantes. Por tanto, al contrario de lo que planteaba la hipótesis refugio de contaminación, serán los países intensivos en capital (los desarrollados) los que exporten contaminación, mientras que los países intensivos en trabajo (los países en desarrollo) importarán dicha contaminación.

Se afirma que la intensidad del capital, está altamente correlacionada con la intensidad de contaminación de la producción de bienes (Copeland y Taylor, 2004) y, como consecuencia de ello, el efecto que el comercio interna-

cional tiene sobre el medioambiente a nivel global va a depender de la distribución de las ventajas comparativas entre países (Temurshoev, 2006), planteamiento que ya está implícito en los trabajos de Grossman y Krueger (1993). Sin embargo, el creciente desarrollo de países emergentes, como China, Brasil o India, que se convierten en los proveedores de fases específicas de los procesos productivos de los países desarrollados generan «ventajas comparativas caleidoscópicas» (Bhagwati y Dehejia, 1994). Así, Jakob y Marschinski (2012) muestran cómo la especialización de China en la producción y exportación de mercancías contaminantes en 2004 da lugar a un saldo positivo en su balanza de emisiones, que se explica sólo en un 29 por 100 por la especialización en la producción de mercancías muy contaminantes. El resto se explica por el superávit comercial y la intensidad en energía y emisiones de su economía.

La evidencia empírica de la hipótesis de la dotación de factores es bastante ambigua y escasa (Temurshoev, 2006). Trabajos como los de Antweiler *et al.* (2001), Persson (2003) y Temurshoev (2006) han utilizado la hipótesis de la dotación de factores, en ocasiones comparándola con la hipótesis refugio de contaminación, llegando a resultados contradictorios. En Antweiler *et al.* (2001) se concluye que la consideración de ambas hipótesis hace que los efectos se compensen. Persson (2003) confirma la hipótesis de la dotación de factores, al encontrar que la legislación medioambiental, tan sólo tiene efecto sobre los subsectores más intensamente contaminantes de la industria química, y, principalmente, el de la química inorgánica. Temurshoev (2006) contrasta ambas hipótesis para Estados Unidos y China en los años 1992 y 1997. Confirma la hipótesis de dotación de factores sólo para el año 1997, aunque de forma débil. Asimismo, se encuentra una correlación positiva y significativa entre la intensidad del capital, y la intensidad de contaminación para Estados Unidos, aunque muy débil, por lo que él mismo plantea serias dudas sobre su validez.

Por su parte, Porter sostiene que los países que establecen regulaciones medioambientales más exigentes y suscriben compromisos internacionales generan una ventaja competitiva, ya que fuerzan a las empresas a innovar. Este enunciado se conoce como la hipótesis de la innovación inducida (Porter, 1991; Porter y Van der Linde, 1995) y predice que el aumento de competitividad, debido a una regulación más estricta tiene como consecuencia un aumento de exportaciones.

Por tanto, una legislación medioambiental estricta proporciona incentivos al incremento de la inversión empresarial en la investigación y uso de tecnologías más limpias. Esto tiene como consecuencia directa la mejora de la eficiencia de los procesos de producción[4] y un efecto positivo en el medioambiente y la innovación. Se considera que los sectores más contaminantes van a ser los más afectados por las políticas ambientales en un sentido positivo.

En la literatura económica, se han analizado ampliamente los factores que determinan los costes medioambientales en las actividades de innovación (Jaffe y Palmer, 1997; Pickman, 1998; Ambec y Barla, 2006; Rennings *et al.*, 2006; etc.). Dichos estudios concluyen que la implantación de la regulación medioambiental estimula la innovación. Por ejemplo, Jaffe y Palmer (1997) calculan la relación existente entre los gastos en I+D y los costes medioambientales derivados de una normativa ambiental, encontrando una relación positiva, y concluyendo que es más probable que una norma medioambiental eficiente favorezca la innovación, que un aumento de la innovación se derive del uso más eficiente de los recursos.

La hipótesis de Porter, a pesar de haber sido ampliamente utilizada en la literatura, también ha sido criticada. Según Palmer *et al*. (1995), carece de una

[4] Los ahorros en los costes que pueden ser alcanzados con la introducción de nuevos procesos, fruto de la I+D, serían suficientes para compensar los gastos derivados del cumplimiento de la legislación, así como los costes de innovación, generando una mayor competitividad de la empresa. Las mejoras en la actuación de una empresa o una industria sobre el medioambiente llevarán consigo más posibilidades de participar en nuevos mercados, de diferenciar el producto y más oportunidades de comercializar la tecnología implementada para controlar la degradación medioambiental.

base teórica sólida que avale sus hipótesis de partida en el plano conceptual. Por otro lado, se subraya la debilidad de la evidencia empírica en la cual se apoya, discutiendo la posibilidad de que las regulaciones ambientales por sí mismas consigan estimular la innovación y la competencia sin que se cumplan otros supuestos relacionados con la propia empresa.

3. El problema del *carbon leakage*. Efectos sobre la competitividad y posibles soluciones

Los países desarrollados pueden tratar de eludir las responsabilidades adquiridas por los acuerdos internacionales, como el Protocolo de Kioto, importando bienes (finales e intermedios) más contaminantes de países con una legislación medioambiental más laxa. Así, trabajos como los de Machado *et al.* (2001) y Wiedmann *et al.* (2007) ponen de manifiesto, que el incremento global de emisiones de CO_2 viene explicado en parte por el incremento de las importaciones realizadas por los países desarrollados a los países en desarrollo, con procesos productivos más dañinos para el medioambiente.

El *carbon leakage* o fuga de carbono, se define como la reducción de emisiones de dióxido de carbono en aquellos países que han suscrito compromisos de reducción de emisiones, compensadas por un aumento de emisiones en países donde no existe tal control de emisiones (Intergovernmental on Climate Change, IPCC, 2007). Peters y Hertwich (2008) distinguen dos tipos: un «*carbon leakage* fuerte», que se da cuando la producción se traslada desde un país con compromiso de reducción de emisiones hacia otro con una legislación medioambiental menos exigente, y un «*carbon leakage* débil», que se calcula teniendo en cuenta el CO_2 incorporado en las importaciones que los países, con una regulación medioambiental más estricta, realizan a países sin compromiso de reducción de emisiones. En este sentido, el concepto de hipótesis refugio de contaminación se asimila al de *carbon leakage* débil.

Por tanto, se producirán fugas de carbono mientras existan asimetrías en la adopción de política climática debido a un *efecto directo* de dicha política sobre el precio del CO_2 y a un *efecto indirecto,* provocado por el incremento del precio de la electricidad, que aumentan los costes de producción de las empresas (Sijm *et al.*, 2004).

A pesar de que la fuga de carbono puede producirse por distintas vías, vía competitividad, vía inversión y vía precio de los combustibles fósiles (Reinaud, 2008a), el canal más importante, y el que más preocupa especialmente a nivel político, es el de la competitividad (Demailly y Quirion, 2006 y Reinaud, 2008b), ya que la salida de las empresas afectadas perjudicaría a la economía, fundamentalmente en términos de empleo. La preocupación por la pérdida de competitividad de la industria se erige así como uno de los obstáculos a la hora de establecer objetivos de reducción de emisiones de carácter internacional, ya que es probable que la implantación de una política de reducción de emisiones, que no afecte a los agentes implicados en el comercio internacional, genere un problema de fuga de carbono para algunos sectores, principalmente a aquellos más expuestos a ese comercio y más intensivos en emisiones de gases efecto invernadero.

A pesar de que es un problema flagrante y reconocido en la legislación[5], existe un desacuerdo entre los investigadores, tanto en la importancia cuantitativa de las fugas de carbono, como en la eficacia de las medidas propuestas para solucionarlas (Droege, 2009 y Monjon y Quirion, 2011). En la literatura destacan tres soluciones al problema de la fuga de carbono: los enfoques sectoriales, los ajustes en frontera (*border adjustments*) y la asignación gratuita de derechos de emisión en los mercados (*free allocation*).

El establecimiento de un acuerdo sectorial, proporciona un tratamiento distinto en la elaboración de acuerdos internacionales a los sectores con riesgo

[5] Por ejemplo en la legislación europea (Directiva 2009/29/CE), donde se identifican industrias en riesgo significativo de fuga de carbono.

de fuga de carbono, intentando involucrar tanto a los países desarrollados como a los emergentes. Para incentivar la participación de los países en desarrollo, los enfoques sectoriales deben contemplar mecanismos de apoyo a dichos países, como los mecanismos de flexibilidad. A pesar del potencial de los acuerdos sectoriales, son difíciles de plantear y todavía se duda de su eficiencia en términos económicos (Reinaud, 2008b). Por ello, la aplicación de ajustes en frontera y la asignación gratuita de derechos de emisión, es mucho más frecuente en el mundo y son más estudiados. Estas medidas, descansan en la idea de que el fenómeno del *carbon leakage* es más susceptible de aparecer en ciertas industrias que generan una gran cantidad de emisiones de GEI o que tienen mayor intensidad energética, a las que será necesario proteger.

La primera de las medidas, los ajustes en frontera, consiste en introducir ajustes en las importaciones (impuestos a la importación) y exportaciones (subvenciones a la exportación) de productos, en los sectores especialmente vulnerables a la fuga de carbono. Son medidas encaminadas a gravar, generalmente, el consumo de CO_2 y su objetivo es asegurar que los sectores del país con restricciones de emisiones que se encuentran en riesgo de fuga de carbono no estén en una posición de desventaja competitiva con respecto a los productos importados de países con políticas medioambientales más laxas (Ismer y Neuhoff, 2007).

Muchos trabajos, se han dedicado a estudiar los efectos de la implantación de un ajuste en frontera, y algunos concluyen que pueden ayudar a solucionar total o parcialmente el problema de las fugas de carbono. Demailly y Quirion (2008) obtienen, que con un ajuste en frontera, la fuga de carbono en la industria considerada, se reduce alrededor de un 25 por 100. Monjon y Quirion (2011) afirman que lo más eficiente es un sistema de subasta con un ajuste en frontera, que induce a un «*leakage* negativo». Por su parte, Kuik y Hofkes (2010) concluyen que el impacto de un ajuste en frontera sobre la fuga de carbono es limitado porque el ajuste no es capaz de cubrir las exportaciones ni tener en cuenta las emisiones indirectas, y no es capaz de eliminar la fuga de carbono que se produce vía precios de la energía. Antimiani *et al.* (2012) afirman que el efecto de un impuesto sobre el carbono en el *carbon leakage* es limitado y que incluso puede suponer un perjuicio a la competitividad de las industrias.

La asignación gratuita de derechos de emisión, consiste en asignar derechos de emisión[6] gratuitamente beneficiando a aquellos sectores en riesgo real de fuga de carbono, rebajando su nivel de esfuerzo para reducir sus emisiones de CO_2 (Reinaud, 2005; van Asselt and Biermann, 2007). Esta solución tiene la dificultad de escoger el criterio adecuado para determinar qué ramas tienen derecho a recibir derechos de forma gratuita (por ejemplo, la identificación de las ramas que se encuentran en riesgo significativo de fuga de carbono).

La asignación gratuita de derechos de emisión puede realizarse fundamentalmente de dos formas: mediante una cláusula de *grandfathering*, en función de la producción del período anterior (o capacidad instalada del año anterior), u *output based allocation*, en función de las estimaciones del valor presente, futuro o de la tendencia de la producción de la empresa. Demailly y Quirion (2006) comparan el efecto de la aplicación de los dos criterios de asignación gratuita de derechos de emisión sobre la producción, los beneficios y las emisiones de la industria europea del cemento para el período 2008-2012, comprobando que la aplicación de un modelo u otro de asignación, da lugar a resultados muy diferentes. En Demailly y Quirion (2008) también se comparan ambos criterios y obtienen que la fuga de carbono puede variar alrededor de un 20 por 100,

[6] Un derecho de emisión es una licencia para emitir a la atmósfera una tonelada de CO_2 durante un período determinado. Se establece un límite máximo de derechos de emisión a asignar, lo que genera la escasez en el mercado y la necesidad de comerciar, estableciéndose así un precio, determinado por la oferta y demanda de emisiones en el mercado. El funcionamiento de dicho mercado puede poner en peligro la competitividad de las industrias que se encuentren en riesgo significativo de fuga de carbono. Para evitarlo, existe la posibilidad de asignar a sectores y subsectores en riesgo de fuga de carbono la totalidad de sus derechos de emisión gratuitamente.

dependiendo del criterio utilizado. En ambos trabajos se destaca la importancia del establecimiento de un objetivo concreto (mantenimiento de la producción, del beneficio, del empleo, la reducción de emisiones, etc.) por parte del político que toma la decisión, permitiendo la adpción del criterio de asignación adecuado.

Algunos estudios se han planteado qué medida *anti-leakage* de las descritas es más eficiente, y han comparado la aplicación de un ajuste en frontera y la asignación gratuita de derechos de emisión, bajo alguno de los criterios mencionados. Por ejemplo, Monjon y Quirion (2011) comparan un ajuste en frontera, un sistema de asignación de derechos de emisión del tipo *output based allocation* y un escenario donde el 100 por 100 de los derechos son subastados, a través de un modelo de equilibrio parcial y estático para los sectores del cemento, aluminio, acero y electricidad. Todas las medidas analizadas reducen la fuga de carbono, pero obtienen que lo más eficiente es un sistema de plena subasta con un ajuste en frontera, que induciría a una fuga de carbono negativa. Böhringer et al. (2012) comparan el establecimiento de un ajuste en frontera, la asignación de derechos *output based allocation* y las exenciones de las industrias afectadas, concluyendo que los ajustes en frontera son la medida más eficaz, ya que es la que genera un mayor ahorro de costes (un 17 por 100) y la fuga de carbono se reduce de forma significativa, en comparación con el resto de medidas.

4. Conclusiones

El estudio del efecto del comercio internacional sobre el cambio climático (emisiones de CO_2) es un tema candente en la literatura al no encontrarse resultados concluyentes, y dado que a través de ese comercio, las empresas y los países pueden evitar la legislación nacional o soslayar los acuerdos internacionales firmados.

Por un lado, las hipótesis de Porter y de dotación factorial, suponen una vinculación positiva entre comercio y emisiones y sólo han podido ser demostradas con suficiente validez para ciertos casos específicos. Sin embargo, toma fuerza la hipótesis refugio de contaminación y/o la existencia de una fuga de carbono débil (Peters y Hertwich, 2008), que se ve reflejado en el gran incremento de las exportaciones de los países en desarrollo/emergentes y, especialmente en el incremento de las exportaciones de China, desde su entrada en la OMC (Weber *et al*., 2008 y López *et al*., 2013). El principal peligro que entrañaría la confirmación definitiva de la existencia de los *pollution haven (hypothesis* y *effect),* es que la creciente caída de las barreras comerciales estimularían a los países con regulaciones medioambientales débiles, a conservarlas (o empeorarlas) como un elemento más para obtener una ventaja competitiva, convirtiéndose en «paraísos de contaminación» y, con ello, acelerando el crecimiento de las emisiones mundiales.

Las políticas regionales de mitigación del cambio climático han sido lideradas de forma importante por la Unión Europea (con iniciativas como el Programa Europeo sobre el Cambio Climático, el Plan de Acción Energética, el Mercado de Emisiones de la Unión Europea o la Directiva «Euroviñeta»), aunque se pueden cuantificar un gran número de planes nacionales de reducción de emisiones en todo el mundo. En este sentido, hay que celebrar el plan de acción del presidente de Estados Unidos 2013, que supone un compromiso de reducción de emisiones, que implica el menor uso de carbón en su *mix* eléctrico y que propone la reducción de tarifas arancelarias en el marco de la OMC para favorecer su difusión. El Gobierno Chino, en este mismo 2013, ha lanzado un plan progresivo de reducción del uso de carbón en su *mix*, desde el 70 por 100 en 2013 al 60 por 100 en 2017. La importancia de los compromisos de estos dos países radica en que son las dos economías que más emisiones de CO_2 generan y, además, China es la que exporta más carbono virtual (Peters *et al.*, 2011).

No obstante, hay que reconocer la necesidad de una actuación de carácter multilateral en la que

participen todos los países implicados en el comercio. El cambio climático es un problema global donde las políticas parciales resultan ineficientes, siendo necesario un marco institucional común y políticas ambientales eficaces a nivel nacional e internacional. En este proceso es clave establecer un criterio eficiente de asignación de emisiones entre los distintos países, un tema cargado de polémica y uno de los principales escollos en la firma de acuerdos globales.

La materialización del intento más importante de establecer un compromiso común es el Protocolo de Kioto, que se rige por el principio de responsabilidad del productor, asignando las emisiones en función del lugar donde se producen independientemente del lugar de consumo. En este punto los países emergentes y grandes exportadores (como China), apoyaron su negativa de firmar el Acuerdo y es uno de los puntos de máxima fricción a la hora de alcanzar un compromiso que incluya a todos los países y que, tal y como se estableció en la Cumbre del Clima de Durban, debería ser aprobado en 2015 para que entrara en vigor a partir de 2020. Estos países hablan de desviar la responsabilidad hacia el consumidor, siendo cada país responsable de las emisiones generadas en la producción de las mercancías que consume, lo que tampoco está exento de problemas. Una posible solución a este conflicto sería la aplicación de un criterio de responsabilidad compartida (Lenzen *et al*., 2007 o Cadarso *et al*., 2012), un sistema de asignación de responsabilidades intermedio que pretende implicar a todos los agentes que se encuentran en el proceso.

Por tanto, los países han de renunciar a parte de su soberanía en esta materia, de tal forma que las empresas tengan más dificultades para evadir su responsabilidad medioambiental a través de sus importaciones y/o deslocalizando su producción, además de alcanzar la ratificación de un nuevo marco internacional que pueda aportar las severas reducciones de las emisiones que son necesarias según el IPCC, con la participación de un mayor número de países y con la implicación de los emergentes.

Referencias bibliográficas

[1] ACKERMAN F.; ISHIKAWA M. y SUGA M. (2007): «The Carbon Content of Japan-US trade», *Energy Policy*, nº 37, pp. 4455-4462.

[2] AIE (2010): «World Energy Outlook 2010». *International Energy Agency*, Paris.

[3] AMBEC, S. y BARLA, P. (2006): «Can Environmental Regulations be Good for Business? An Assessment of the Porter Hypothesis», *Energy Studies Review*, nº 14.

[4] ANTIMIANI, A.; COSTANTINI, V.; MARTINI, C.; SALVATICI, L. y TOMMASINO, M.C. (2012): «Assessing Alternative Solutions to Carbon Leakage», *Energy Economics*, in Press.

[5] ANTWEILER, W.; COPELAND, B. y TAYLOR, S. (2001): «Is Free Trade Good for the Environment?», *American Economic Review*, vol. 91 (4), pp. 877-908.

[6] BHAGWATI, J. y DEHEJIA, V. (1994): «Free Trade and Wages of the Unskilled: Is Marx striking again?», en BHAGWATI, J. y KOSTERS, M., Trade and Wages, The American Enterprise Institute, Washington.

[7] BÖHRINGER, C.; CARBONE, J. y RUTHERFORD, T. (2012): «Unilateral Climate Policy Design: Efficiency and Equity Implications of Alternative Instruments to Reduce Carbon Leakage», *Energy Economics,* nº 34, pp. 208-217.

[8] BURGUILLO, M. (2002): «Comercio internacional y desarrollo sostenible. Dos visiones contrapuestas», *Boletín Económico de ICE*, nº 2716, pp. 11-18.

[9] CADARSO, M.A.; GÓMEZ, N.; LÓPEZ, L.A. y TOBARRA, M.A. (2012): «International Trade and Shared Responsibility. An Application to the Spanish Economy». *Ecological Economics*, vol. 83, pp. 221-235.

[10] CERDÁ, E. (2009): «Comercio Internacional y Medio Ambiente», *Revista ICE*, nº 847, pp. 111-126.

[11] CERDÁ, E. (2011): «Comercio internacional y cambio climático», *Información Comercial Española*, nº 862, septiembre-octubre, pp. 97-110.

[12] CHEN, Z.M. y CHEN, G.Q. (2011): «Embodied Carbon Dioxide Emission at Supra-National Scale: A Coalition Analysis for G7, BRIC, and the Rest of the World», *Energy Policy,* vol 39 (5), pp. 2899-2909.

[13] COPELAND, B. y TAYLOR, M.S. (2004): «Trade, Growth, and the Environment», *Journal of Economic Literature*, Vol. 42, nº 1, pp. 7-71.

[14] DAVIS, S.J.; PETERS, G.P. y CALDEIRA, K. (2011): «The Supply Chain of CO_2 Emissions», *PNAS*, 108.

[15] DEMAILLY, D. y QUIRION, P. (2006): «CO_2 Abatement, Competitiveness and Leakage in the European Cement Industry under the EU-ETS: Grandfathering Versus Output-based Allocation», *Climate Policy*, nº 6, pp. 93-113.

[16] DEMAILLY, D. y QUIRION, P. (2008): «European Emission Trading Scheme and Competitiveness: a Case Study on the Iron and Steel Industry», *Energy Economics*, vol 30 (4), pp. 2009-2027.

[17] DIETZENBACHER, E., y MUKHOPADHYAY, K. (2007): «An Empirical Examination of the Pollution Haven Hypothesis for India: Towards a Green Leontief Paradox?», *Environmental and Resource Economics,* vol 36 (4), pp. 427-449.

[18] DROEGE, S. (2009): «Tackling Leakage in a World of Unequal Carbon Prices», *Climate Strategies*.

[19] EDERINGTON, J., LEVINSON, A. y MINIER, J. (2005): «Footloose and Pollution-Free», *The Review of Economics and Statistics,* vol 87 (1), pp. 92-99.

[20] FIELD, B. y FIELD, M. (2006): «Environmental Economics: an Introduction», Ed. McGraw Hill (4th edition).

[21] GROSSMAN, G.M. y KRUEGER, A.B. (1993): «Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement», en *The Mexico-U.S. Free Trade Agreement*, Editorial Garber. Cambridge: MIT Press.

[22] HE, J. (2006): «Pollution Haven Hypothesis and Environmental Impacts of Foreign Direct Investment: The Case of Industrial Emission of Sulfur Dioxide (SO_2) in Chinese Provinces», *Ecological Economics*, nº 60, pp. 228-245.

[23] HINOJO, P. (2011): «El problema de las «fugas de carbono» y las opciones para afrontarlo», Información Comercial Española. *Revista de Economía ICE*, nº 862, pp. 111-120.

[24] IPCC (2007): «Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change», Cambridge Univ. Press, Cambridge and New York.

[25] ISMER, R. y NEUHOFF, K. (2007): «Border Tax Adjustment: a Feasible Way to Support Stringent Emission Trading», *European Journal of Law and Economics,* nº 24, pp. 137-164.

[26] JAFFE, A.B. y PALMER, K. (1997): «Environmental Regulation and Innovation: A Panel Data Study», *Review of Economics and Statistics*, nº 79, pp. 610-619.

[27] JAKOB, M. y MARSCHINSKI, R. (2012): «Interpreting Trade-related CO_2 Emission Transfers», *Nature Climate Change*; Online, 23 de septiembre.

[28] JAVORCIK, B.S. y WEI, S.J. (2004): «Pollution Havens and Foreign Direct Investment: Dirty Secret or Popular Myth?», *Contributions to Economic Analysis & Policy*, volume 3 (2).

[29] KELLENBERG, D. (2009): «An Empirical Investigation of the Pollution Haven Effect with Strategic Environment and Trade Policy», *Journal of International Economics*, nº 78, pp. 242-255.

[30] KUIK, O. y HOFKES, M. (2010): «Border Adjustment for European Emissions Trading: Competitiveness and Carbon Leakage», *Energy Policy,* nº 38, pp. 1741-1748.

[31] LENZEN, M., MURRAY, J., SACK, F. y WIEDMANN, T. (2007): «Shared Producer and Consumer Responsibility – Theory and Practice». *Ecological Economics*, vol. 61 (1), pp. 27-42.

[32] LEVINSON, A. (2000): «The Missing Pollution Haven Effect», *Environmental and Resource Economics*, nº 15, pp. 343-364.

[33] LEVINSON, A. y TAYLOR, M.S. (2008): «Unmasking the Pollution Haven Effect», *International Economic Review*, volume 49 (1), pp. 223-254.

[34]LIDDLE, B. (2001): «Free Trade and the Environment-Development System», *Ecological Economics,* nº 39, pp. 21-36.

[35] LÓPEZ, L.A., ARCE, G. y ZAFRILLA, J.E. (2013): «Parcelling Virtual Carbon in the Pollution Haven Hypothesis», *Energy Economics*, in press.

[36] MACHADO, G.; SCHAEFFER, R. y WORRELL, E. (2001): «Energy and Carbon Embodied in the International Trade of Brazil: an Input-Output Approach», *Ecological Economics*, nº 39, pp. 409-424.

[37] MANI, M. y WHEELER, D. (1999): «In Search of Pollution Havens? Dirty Industry in the World Economy, 1960-1995», en FREDRIKSSON, P.G. (ed), Trade, Global Policy, and the Environment, Discussion Paper, nº 402, Washington D.C., World Bank.

[38] MONJON, S. y QUIRION, P. (2010): «How to Design a Border Adjustment for the European Union Emissions Trading System?», *Energy Policy,* nº 38 (9), pp. 5199-5207.

[39] MONJON, S. y QUIRION, P. (2011): «Addressing Leakage in the EU ETS: Border Adjustment or Output-Based Allocation?», *Ecological Economics*, nº 70, pp. 1957-1971.

[40] PALMER, K.W., OATES, W. y PORTNEY, P. (1995): «Tightening Environmental Standards: The Benefit-Cost or the No-Cost Paradigm?», *Journal of Economic Perspectives*, nº 9, pp. 119-132.

[41] PERSSON, M. (2003): «Industrial Migration in the Chemical Sector: Do Countries with Lax Environmental Regulations Specialize in Polluting Industries?», *Chalmers University of Technology Publications*.

[42] PETERS, G. P.; MINX, J. C.; WEBER, C. L.; EDENHOFER, O. (2011): «Growth in Emission Transfers Via International Trade from 1990 to 2008». *Proceedings of the National Academy of Sciences*.

[43] PETERS, G. y HERTWICH, E. (2008): «CO_2 Embodied in International Trade with Implications for Global Climate Change», *Environmental Science & Technology*, nº 42 (5), pp. 1401-1407.

[44] PICKMAN, H. (1998): «The Effect of Environmental Regulation on Environmental Innovation». *Business Strategy and the Environment*, 7 (4), pp. 223-233.

[45] PORTER, M.E. (1991): «America´s Green Strategy», *Scientific American*, nº 264, pp. 168.

[46] PORTER, M.E. y VAN DER LINDE, C. (1995): «Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship», *Journal of Economic Perspectives*, volume 9 (4), pp. 97-118.

[47] REINAUD, J. (2005): «Industrial Competitiveness Under the European Union Emissions Trading Scheme», *IEA Information Paper*, IEA, Paris.

[48] REINAUD, J. (2008a): «Climate Policy and Carbon Leakage – Impacts of the European Emissions Trading Scheme on Aluminium», *IEA Information Paper*, IEA/OECD Paris.

[49] REINAUD, J. (2008b): «Issues Behind Competitiveness and Carbon Leakage – Focus on Heavy Industry», *IEA Information Paper*, IEA/OECD Paris.

[50] RENNINGS, K., SCHROEDER, M. y ZIEGLER, A. (2006): «The European Performance of European Stock Corporations. Does Sustainability Matters?», en SCHALTEGGER, S. y WAGNER, M. (Eds.): *Managing the Business Case for Sustainability*, Greenleaf Publishing, pp. 196-210.

[51] SIJM, J.; KUIK, O.; PATEL, M.; OIKONOMOU, V.; WORRELL, E.; LAKO, P.; ANNEVELINK, E.; NABUURS, G. y ELBERSEN, H. (2004): «Spillovers of Climate Policy. An Assessment of the Incidence of Carbon Leakage and Induced Technological Change Due to CO_2 Abatement Measures», *Netherlands Research Programme on Climate Change*. Report 500036 002.

[52] TEMURSHOEV, U. (2006): «Pollution Haven Hypothesis or Factor Endowments Hypothesis: Theory and Empirical Examination for the US and China». Working Paper, CERGE-EI (ISSN 1211-3298).

[53] TOBEY, J. (1990): «The Effects of Domestic Environmental Policies on Patterns of World Trade: An Empirical Test», *Kyklos*, volume 43 (2), pp. 191-209.

[54] UNEP y WTO (2009): «Trade and Climate Change: A Report by the United Nations Environment Programme and the World Trade Organization*», World Trade Organization Publications*.

[55] VAN HASSELT, H. y BIERMANN, F. (2007): «European Emissions Trading and the International Competitiveness of the Energy-Intensive Industries: a Legal and Political Evaluation of Possible Supporting Measures», *Energy Policy*, nº 35, pp. 497-506.

[56] WEBER, C.L., PETERS, G.P., GUAN, D. y HUBACEK, K. (2008): «The Contribution of Chinese Exports to Climate Change», *Energy Policy*, volume 36 (9), pp. 3572-3577.

[57] WIEDMANN T., LENZEN, M., TURNER, K, y 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*, nº 61, pp. 15-26.

[58] XING, Y. y KOLSTAD C. (2002): «Do Lax Environmental Regulations Attract Foreign Investment?», *Environmental and Resource Economics*, nº 21, pp. 1-22.

[59] ZHANG, Y. (2012): «Scale, Technique and Composition Effects in Trade-Related Carbon Emissions in China». *Environmental and Resource Economics,* nº 51, pp. 371-389.