

---

# POLÍTICA SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO Y SECTOR MANUFACTURERO

## LA EXPERIENCIA DE «COMERCIO DE CARBONO»

**ULRICH J. WAGNER (\*)**

Universidad Carlos III de Madrid

El cambio climático global plantea una amenaza importante para el desarrollo del bienestar económico y humano en muchas partes del mundo durante las décadas y siglos venideros (IPCC, 2013). Causado por los «gases de efecto invernadero» (GEI) provocados por el hombre, el cambio climático se ha caracterizado como el «problema comunal definitivo» (Stavins, 2011).

La mitigación del cambio climático requerirá una reducción sustancial de los GEI procedentes de todos los sectores económicos básicos (Pacala y Socolov, 2004). Para lograr una reducción de las emisiones a un coste mínimo dada la tecnología disponible (eficiencia estática), al tiempo que se estimula la innovación tecnológica que reduzca los costes de mitigación en el futuro (eficiencia dinámica), los economistas han venido abogando durante mucho tiempo por la adopción de políticas basadas en el mercado.

El Sistema de Comercio de Emisiones de la Unión Europea (EU ETS) que se implantó el 1 de enero de 2005 constituye el sistema internacional de cuota-y-comercio (*cap-and-trade*) de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>—el GEI más importante—) más grande del mundo. Esta regulación afecta a los grandes emisores estacionarios de CO<sub>2</sub>, sobre todo a los sectores de la energía y a las industrias manufactureras que usan energía intensivamente (1). Las instalaciones participantes deben entregar un derecho de contaminación, llamado EU *allowance* (EUA), por cada tonelada de CO<sub>2</sub> emitida. El número de derechos (la «cuota») se elige de manera que el total de emisiones

se sitúe a niveles inferiores a los de la situación *business-as-usual* (BAU), es decir, a una situación en ausencia de política de mitigación. Esto significa que los permisos de contaminación son escasos y, por lo tanto, cuando las empresas comienzan a comerciar EUAs en el mercado internacional del carbono emerge un precio del carbono. El precio del permiso indica claramente a todos los participantes en el mercado los costes de oportunidad de la emisión de CO<sub>2</sub> y proporciona un incentivo para reducir las emisiones de carbono hasta el punto de indiferencia entre pagar el coste marginal de la reducción o el precio de un permiso en el mercado de carbono. Esta condición de optimalidad iguala los costes marginales de reducción de todos los participantes, lo que conduce a las empresas a minimizar los costes totales de reducción de una manera descentralizada.

Después de un periodo experimental de tres años, se amplió la cobertura de países y sectores en la Fase II del EU ETS, desde 2008 hasta 2012. En la fase actual, la Fase III, más de 11.400 instalaciones de 31 países participan en el programa. Aunque está previsto que la Fase III finalice en 2020, las características de diseño fundamentales del sistema ya no se

van a tocar en el futuro, baste mencionar que el límite a las emisiones totales se reducirá de forma indefinida a una tasa del 1,78% anual. Es evidente, por tanto, que el EU ETS ha cambiado los parámetros para hacer negocios en Europa para siempre.

Un conocimiento profundo de la respuesta de las empresas a estos cambios es crucial para la toma de decisiones informadas sobre los efectos de cambios futuros en el EU ETS y en esquemas de comercio de carbono aproximadamente similares que han ido surgiendo en otras partes del mundo. En este artículo se hace un balance de cómo esta política ha afectado a la industria europea durante los primeros ocho años de su existencia. Aunque la generación de energía representa la mayor proporción de las emisiones de CO<sub>2</sub> reguladas, este artículo se centra en estudiar los efectos sobre las empresas reguladas del sector manufacturero. Otra razón importante para centrar el estudio en este sector es que las consecuencias económicas del comercio de carbono son ampliamente consideradas como más conflictivas en el sector manufacturero, que representa mucho más empleo que el sector eléctrico. Puesto que la mayoría de sus productos se comercializan en mercados internacionales, existe el riesgo de que las empresas manufactureras reguladas pierdan competitividad internacional y reduzcan su demanda de trabajo o incluso salgan de la industria. Estas preocupaciones han estado alimentando una oposición vehemente a esta regulación que ha dejado huella en el diseño de las políticas implementadas hasta el momento. Además, el sector manufacturero representa casi el 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero en todo el mundo, junto con la industria primaria y, por tanto, juega un papel clave en la lucha por la mitigación del cambio climático.

Con esto en mente, el resto de este artículo se dedica a revisar la evidencia empírica sobre el impacto del EU ETS sobre cuatro aspectos con amplias repercusiones: las emisiones de CO<sub>2</sub>, la actividad económica, la competitividad y la innovación. Además, se destacan las omisiones de la literatura actual y se identifican los principales retos de cara al futuro.

## EFFECTIVIDAD DEL EU ETS EN LA REDUCCIÓN DE EMISIONES †

Medir el impacto del EU ETS sobre las emisiones es crucial dados los objetivos de esta política. En ocasiones se ha señalado que un sistema de cuota-y-comercio como el EU ETS, por definición, implica reducciones de emisiones siempre y cuando se fije una cuota suficientemente baja y los emisores regulados no violen el sistema de manera flagrante. Sin embargo, en muchos sectores las emisiones han estado disminuyendo desde hace algún tiempo. Por otra parte, las fluctuaciones macroeconómicas, como la reciente recesión, afectan a las emisiones, a veces drásticamente. Por lo tanto, se podría considerar que un sis-

tema de comercio de emisiones sería eficaz sólo si reduce las emisiones a niveles inferiores a las que se habrían producido sin ella.

Los investigadores que tratan de estimar el impacto del EU ETS sobre las emisiones industriales se han enfrentado a dos problemas principales. En primer lugar, no se dispone de datos precisos sobre las emisiones de las instalaciones incluidas en el EU ETS anteriores a 2005. En segundo lugar, se necesita una medida adecuada de las emisiones hipotéticas. Un método común en la literatura temprana ha sido construir un contra-factual (*BAU*) para el periodo 2005-2007 mediante la extrapolación de una medida adecuada de las emisiones anteriores a 2005, teniendo en cuenta el crecimiento del PIB y la tendencia a la disminución en la intensidad de la emisión de carbono (Ellerman y Buchner, 2007, 2008). Ellerman y Buchner calculan que las emisiones de CO<sub>2</sub> se han reducido entre 100 y 200 millones de toneladas en todos los sectores y países del EU ETS en los dos años de estudio, lo que corresponde a un porcentaje de reducción total de entre el 2,4% y el 4,7% de las emisiones.

Estudios posteriores de Ellerman, Convery y de Perthuis (2010) y Anderson y Di María (2011), utilizando datos y metodologías mejorados, estiman un rendimiento en el mismo orden de magnitud: cerca de 210 millones de toneladas (un 3%) sobre el conjunto de tres años de la Fase I. La mayor parte de la reducción de emisiones se produjo en la UE-15, en lugar de en los países de Europa del Este (Anderson y Di María, 2011; Ellerman *et al.*, 2010). Para los dos primeros años de la Fase II (2008 y 2009), Egenhofer, Alessi, Fujiwara y Georgiev (2011) encuentran que la intensidad de emisión se redujo en un 3,35% de media, 0,45% de esta reducción corresponde al sector industrial. Kettner, Kletzan-Slamanig y Köppl (2011) muestran que la disminución de la intensidad energética agregada entre 2005 y 2009 se debe exclusivamente a una disminución en la intensidad de la industria de la pasta de papel, mientras que no se observa una disminución significativa en la industria del cemento. Así, estos autores atribuyen la disminución de emisiones a la contracción de la economía durante la gran recesión en lugar del EU ETS.

Desentrañar los efectos causales del comercio de emisiones y la recesión económica sobre las emisiones es fundamental, pero no es sencillo. Siguiendo a la literatura sobre evaluación de políticas, para atribuir una relación causal de manera creíble es precisa una comparación de empresas reguladas y no reguladas dentro de las industrias. Bajo el supuesto de que la recesión afecta a ambos grupos de empresas de manera similar, esta comparación aísla el impacto de las políticas sobre las emisiones. Esta metodología requiere más y mejores datos, en particular, requiere información a nivel de planta o de empresa, que sólo está disponible a partir de fuentes administrativas, como son los institutos nacionales de estadística (2).

En un artículo reciente, Petrick y Wagner (2014) utilizan un panel representativo compuesto por el universo de las plantas de fabricación alemanas con más de 20 empleados. Esta base de datos permite un cálculo muy preciso de las emisiones de carbono. Los autores comparan cada uno de las 450 empresas sujetas al EU ETS con empresas similares no sujetas a esta regulación escogidas tras estimar el *propensity score* sobre un amplio conjunto de características de las empresas. Uno de los principales hallazgos del estudio es que el EU ETS no tuvo un impacto significativo en las emisiones en la Fase I, pero indujo a las empresas reguladas a reducir sus emisiones en un 26% con respecto a las empresas no reguladas entre 2008 y 2010. Además, los resultados indican que estas reducciones se deben totalmente a reducciones en la intensidad de las emisiones, no en la escala. Para reducir la intensidad de las emisiones en la Fase II las empresas reguladas redujeron más que proporcionalmente su consumo de petróleo y gas, pero no su consumo de electricidad. Estos resultados ponen de manifiesto la eficacia medioambiental de esta política, aunque confirmar definitivamente esta eficacia requeriría estudios basados en datos para otros estados miembros.

#### IMPACTO SOBRE LA ACTIVIDAD ECONÓMICA ¶

Los efectos económicos adversos para las empresas reguladas han sido una preocupación desde que la UE empezó a considerar la aplicación de políticas de comercio de derechos de emisión (3). Estas empresas deben llevar a cabo costosas reducciones de emisiones o comprar permisos para cumplir con el EU ETS. Con el fin de mitigar el impacto sobre los beneficios de estas empresas, y asegurar por tanto la viabilidad política en la implantación del instrumento, durante las dos primeras fases del EU ETS la mayor parte de los permisos fueron asignados de forma gratuita a los participantes. Sin embargo, la asignación gratuita no cambia el hecho de que el uso de un permiso para el cumplimiento tiene un coste de oportunidad debido a que el titular del permiso renuncia a los ingresos de la venta del mismo. Esto significa que las emisiones de carbono ya no son un factor de producción libre y el EU ETS podría llevar a las empresas europeas a sustituir procesos de producción intensivos en emisiones de carbono.

El hecho de que el EU ETS imponga un precio de carbono a las empresas de los estados miembros de la UE, pero no a las de otras regiones del mundo, agrava este efecto. En consecuencia, las empresas reguladas que compiten en mercados internacionales de bienes podrían no ser capaces de transferir el coste del carbono a sus clientes finales, lo que resultaría en una pérdida de cuota de mercado, y podría conducir a una reducción de la producción y de los niveles de empleo (4). En el peor de los casos, las empresas pueden incluso optar por re-localizar sus actividades productivas con el fin de esquivar esta política, llevándose sus puestos de trabajos y sus emisio-

nes de carbono a países no regulados. Así, las asociaciones de la industria se han apresurado a señalar el alto precio del EU ETS en términos de pérdida de empleos y escasa eficacia en cuanto a la reducción de emisiones de carbono a nivel mundial.

Tales afirmaciones han motivado una gran cantidad de investigaciones empíricas sobre el posible impacto del EU ETS en la actividad económica. En términos generales, esto incluye indicadores tales como los beneficios, los ingresos, la producción y el empleo. Aunque la mayor parte de los primeros estudios se centraron en evaluaciones *ex ante* de esta política, la investigación reciente se ha centrado en las evaluaciones *ex post*, utilizando datos reales de rendimiento económico observados durante los primeros ocho años de implantación de esta política.

Por ejemplo, Petrick y Wagner (2014) en su estudio de las plantas industriales de Alemania entre 2005 y 2010, no encuentran ningún efecto significativo del EU ETS sobre el empleo en las empresas tratadas. Por el contrario, no pueden rechazar la hipótesis de que el EU ETS ha tenido un impacto positivo tanto en los ingresos totales como en los ingresos de las exportaciones durante la primera mitad de la Fase II. Esto podría indicar que los exportadores alemanes, frente a una demanda inelástica para sus productos, son capaces de trasladar los costes de los permisos de emisión a los consumidores finales de los mercados internacionales de sus productos.

Sin embargo, no todos los países pueden tener esta habilidad. Un estudio realizado por Abrell *et al.* (2011) ofrece un enfoque geográfico más amplio sobre el estudio del impacto del EU ETS en empresas de 18 países. Utilizando datos de balances de la base de datos AMADEUS los autores encuentran una pequeña pero estadísticamente significativa disminución del empleo (del 0,9%) en las empresas del EU ETS durante el período 2004-2008, que parece estar impulsada por un sector en particular, el de los minerales no-metálicos. Los autores advierten que su práctica de tomar como empresas de control sólo a las de los sectores no regulados podría significar que las tendencias sectoriales pueden alterar los efectos estimados del tratamiento.

Tanto Abrell *et al.* (2011) como Petrick y Wagner construyen el grupo de control para las empresas reguladas utilizando la técnica del *propensity score matching*. Esto responde a la preocupación de que la comparación de empresas reguladas y no reguladas puede confundir el efecto de la regulación con el de otras diferencias entre los grupos. Por el contrario, Chan, Li y Zhang (2013) adoptan un enfoque de «diferencias en diferencias» para analizar el impacto en el rendimiento del comercio de emisiones en las industrias de generación eléctrica, cemento y hierro y acero. En una muestra de 10 países y 9 años, los autores descubren impactos estadísticamente significativos del EU ETS sólo en el sector eléctrico, en el que los costes de los materiales aumentaron en

un 5% (8%) en la Fase I (II) del EU ETS y el volumen de negocios aumentó un 30% en la Fase II. Estas regresiones no revelan ningún impacto significativo en el empleo. Además, ni el sector del cemento ni el del hierro y el acero presentan un impacto significativo en cualquiera de las variables de resultados. En resumen, la literatura empírica reciente sólo encuentra evidencia de un efecto adverso muy moderado del comercio de carbono sobre la actividad económica.

## EFFECTOS SOBRE LA COMPETITIVIDAD Y FUGA DE CARBONO ¶

La falta de evidencia clara sobre un impacto económico adverso, sobre el empleo y sobre los ingresos deja entrever la posibilidad de que las empresas reguladas han sido capaces de trasladar los aumentos de costes que surgen del comercio de derechos de emisión y de los mayores costes de la electricidad al precio de sus productos (5). Los investigadores han contrastado esta hipótesis examinando datos de precios agregados. Por ejemplo, de Bruyn, Markowska, de Jong, y Bles (2010) estiman la relación estocástica entre los índices de precios específicos y el precio del carbono en la industria en la UE frente a la de EE.UU. Utilizando datos mensuales de precios desde 2001 hasta 2009, sus resultados muestran que las industrias de alto consumo energético, como la del hierro y el acero y la del refino transfirieron una gran parte del precio del carbono a los mercados de sus respectivos productos. En un análisis similar, Alexeeva-Talebi (2011) muestra que las refinerías europeas trasladaron totalmente el coste de los EUA a los precios minoristas de la gasolina entre 2005 y 2007. Oberndorfer, Alexeeva-Talebi y Loschel (2010) utilizan el mismo método para realizar un estudio sobre la traslación de costes en varias industrias del Reino Unido. Utilizando datos semanales sobre los precios de la gasolina y el diésel en 2005 y 2006 encuentran tasas de traslación de los costes de los EUA a esos productos en un 50-75%. La evidencia es menos clara para los productos de vidrio y cerámica. Los resultados de estos estudios son consistentes con la ausencia de impactos sobre las tasas de beneficio obtenida en los estudios basados en datos de precios agregados antes mencionados. Queda margen para una investigación futura sobre el impacto del comercio de emisiones en los precios a niveles más desagregados, es decir, a lo largo de todo el proceso productivo hasta el producto final.

Una alternativa para estudiar el impacto de la competitividad del EU ETS sería examinar las cantidades en lugar de los precios. Es decir, en vez de estudiar la traslación de costes, los investigadores han comenzado a estudiar cómo el comercio de carbono ha afectado a los flujos de mercancías objeto de comercio entre los países regulados y los no regulados. Por ejemplo, Costantini y Mazzanti (2012) estudian el impacto de la Fase I sobre las exportaciones netas de los países de la UE15 a más de 100 países de destino para una amplia gama de industrias. Los resul-

tados indican que el EU ETS disminuyó las exportaciones netas de todos los sectores excepto en las industrias de tecnología media-baja, en las que las exportaciones netas aumentaron. Reinaud (2008) utiliza un enfoque similar para estudiar los flujos comerciales en la industria del aluminio, que está expuesta a los precios del carbono debido al uso intensivo de energía eléctrica. Un posible inconveniente de estos estudios es que la variable de tratamiento se define a nivel de sector o país, lo que potencialmente genera multitud de factores combinados. Una vez más, contrastes a nivel de empresa o de producto podrían eludir este problema y, por ello, proporcionan un enfoque alternativo prometedor en el futuro de esta importante línea de investigación.

Para los responsables políticos, la preocupación central en relación con la competitividad es si tales impactos provocan el cierre o la reducción de las actividades productivas en Europa, con la consiguiente pérdida de empleos y la fuga de carbono, es decir, una migración de las emisiones de carbono procedentes de Europa a países sin esta regulación. Martin, Muûls, de Preux, y Wagner (2014a) examinan esta hipótesis directamente utilizando datos recogidos en 761 entrevistas con gerentes de seis países europeos. Se preguntó a los gerentes si la empresa tenía planes para reducir el tamaño de las operaciones o para reubicarse en el extranjero en respuesta a los precios del carbono en el futuro cercano. Además, se preguntó a las empresas del EU ETS en qué medida este riesgo de relocalización dependería de que la compañía continuara recibiendo derechos de emisión gratuitos a partir de 2012. A partir de las respuestas a estas preguntas, los autores construyen «puntuaciones de vulnerabilidad» que capturan el riesgo subjetivo de reducción con y sin asignación gratuita de permisos de emisión. El riesgo promedio de reducción de personal es bajo en la mayoría de las empresas que informan de que los precios del carbono no tendrán ningún impacto sobre futuras decisiones de localización. La puntuación del riesgo de reducción de actividad es significativamente mayor para las empresas sujetas al EU ETS en comparación con las empresas no sujetas al EU ETS, aunque la reducción de la producción o el empleo no supere el 10%. Es importante destacar que dentro del grupo de empresas del EU ETS existe una variación sustancial tanto en el nivel de riesgo de reducción de personal como en el grado en que dicho riesgo podría mitigarse otorgando a las empresas derechos de emisión gratuitos.

A pesar de la falta de evidencia empírica sobre si la fuga de carbono está sucediendo realmente, la Comisión Europea pretende reducir el riesgo de fugas mediante la concesión de derechos de emisión gratuitos a los sectores considerados con un mayor riesgo de reubicación debido a los precios del carbono. Estos umbrales se definen en términos de la intensidad de carbono de un sector sobre su valor añadido bruto, así como sobre su exposición comercial medida como la suma de las importaciones y exportaciones dividida por el valor total del mercado. Las

empresas de la industria manufacturera intensivas en carbono y/o suficientemente expuestas al comercio internacional continuarán recibiendo más permisos de emisión gratuitos que otras empresas hasta el año 2020.

Usando la puntuación de vulnerabilidad descrita anteriormente, Martin *et al.* (2014b) muestran que el criterio de la intensidad del comercio es erróneo para mitigar el riesgo absoluto de deslocalización (6). Más concretamente, Martin *et al.* (2014a) sostienen que una medida eficiente sería no compensar a las empresas con una alta propensión a la deslocalización *per se*, sino a las empresas en las que se puede obtener una mayor reducción de la propensión marginal a la deslocalización, y ponderado el «daño» causado por el traslado, que puede ser medido en términos de puestos de trabajo perdidos y/o toneladas de CO<sub>2</sub> «fugadas». Estos autores muestran que aplicar estos conceptos a la Fase III de las asignaciones en el EU ETS podría permitir, sin aumentar la cantidad de permisos de emisión gratuitos, reducir drásticamente el riesgo de pérdida de empleo debido a la deslocalización. Estudios como este ponen de manifiesto la necesidad de más investigación sobre el alcance real de la fuga de carbono, y el gran potencial para mejorar la eficiencia en el diseño de políticas que deben conciliar el principio de «quien contamina, paga» con la fuga de carbono y el empleo.

## IMPACTO SOBRE LA INNOVACIÓN †

En un mundo en el que la reducción de las emisiones de carbono es más costosa en algunas regiones mientras que las emisiones de carbono se pueden mover libremente desde estas regiones a otras jurisdicciones no reguladas, la preocupación acerca de la fuga de carbono está justificada. Conviene señalar, sin embargo, que la regulación puede tener un efecto compensatorio que opera a través de la innovación y la difusión internacional de conocimientos. De hecho, el EU ETS podría reducir las emisiones de carbono en otras partes del mundo, siempre que consiga una innovación sustancial en tecnologías bajas en carbono, y que este conocimiento se transfiera a países no UE en los que las emisiones de carbono no están reguladas (7). Esta última condición no es exclusiva del contexto ambiental y ha sido objeto de una extensa investigación que se sitúa en un ámbito más general que el de la economía ambiental. La primera condición, sin embargo, es fundamental para que el EU ETS sea dinámicamente eficiente. Es evidente que sólo grandes inversiones en I + D y el desarrollo de nuevas tecnologías van a abaratar el coste de los objetivos de la reducción de emisiones.

Conviene distinguir entre los efectos directos e indirectos del EU ETS sobre la innovación. Se entiende por efecto directo aquel que implica que una empresa regulada sea más innovadora de lo que habría sido en ausencia del EU ETS. Un efecto indirecto se produce cuando una empresa que suministra la tecnolo-

gía para empresas o industrias reguladas sea más innovadora de lo que habría sido en ausencia del EU ETS. Téngase en cuenta que el efecto indirecto implica una relación comercial entre el proveedor de la tecnología y la empresa regulada. Por el contrario, una transferencia ocurre cuando la empresa que se beneficia de la innovación no paga por ella.

Los investigadores a menudo basan sus indicadores de innovación en las empresas en datos sobre patentes, que tienen la ventaja de venir en formatos que se pueden comparar con otros conjuntos de datos empresariales sin mayores complicaciones. En un ambicioso estudio en toda la UE, Calel y Dechezleprêtre (2014) observan que después de 2005 las empresas reguladas por el EU ETS muestran niveles significativamente más altos de patentes en tecnologías limpias que las empresas no reguladas. El aumento es especialmente pronunciado a partir de 2008, coincidiendo con la Fase II del EU ETS. El uso de un grupo de comparación de empresas de control emparejadas y seleccionadas cuidadosamente permite a estos autores sugerir que la actividad innovadora causada por la EU ETS se ha traducido en un aumento de 188 patentes de bajas emisiones de carbono respecto a las que hubieran surgido de otro modo. Esto corresponde a un aumento de alrededor del 8,1% para las empresas del EU ETS o de alrededor de 0,85% para todas las patentes de bajas emisiones de carbono presentadas en la Oficina Europea de Patentes. Los autores no encuentran evidencia de que el EU ETS pueda haber desplazado a otros tipos de patentes en innovaciones de bajas emisiones de carbono.

Un inconveniente de los datos de patentes en este estudio es que las solicitudes de patentes son objeto de un largo retraso antes de ser aprobadas (en comparación con la edad del EU ETS). Como resultado de las actividades de investigación, los datos de patentes también pueden ser ruidosos, en el sentido estadístico, y/o incompletos debido a las decisiones de concesión de patentes estratégicas. La alternativa es utilizar datos de *inputs* de la innovación, como los gastos de investigación y desarrollo (I + D). A diferencia de los datos de patentes, que se obtienen a partir de fuentes administrativas, tales datos se suelen recoger en las encuestas personalizadas realizadas entre una muestra aleatoria de empresas. Por ejemplo, Borghesi *et al.* (2012) trabajan con datos de cerca de 1.000 empresas de la Encuesta de Innovación de la Comunidad (CIS) para Italia en 2008. La CIS es parte de un esfuerzo europeo oficial para recoger datos sobre innovación a nivel de empresa. Estos autores encuentran que las empresas del EU ETS tienen más probabilidad de estar involucrada en innovación ambiental, definida en un sentido amplio. También examinan el efecto de la medida de rigurosidad sectorial del EU ETS, que se define como emisiones sectoriales dividido por las asignaciones sectoriales. Esta medida está negativamente correlacionada con la innovación. Sin embargo, dado que el estudio se basa en una sección cruzada de empre-

sas, se debe tener cautela a la hora de interpretar estas correlaciones como relaciones causales.

Utilizando la base de datos de entrevistas a gestores descrita anteriormente (Martin *et al.*, 2014a, b), Martin, Muûls y Wagner (2013) construyen puntuaciones, en una escala de 1 a 5, que representan las actividades de innovación relacionadas con la reducción de emisiones de las empresas en la muestra. Distinguen entre la innovación que reduce las emisiones de carbono durante la fabricación «innovaciones de proceso» y las que reducen las emisiones en el uso final del producto «innovación de producto». Al igual que en la investigación anterior de estos autores (8), una simple comparación de la innovación entre la empresas del EU ETS y las que no participan en el EU ETS no revela diferencias significativas, aunque estas diferencias podrían existir y simplemente estar enmascaradas en la heterogeneidad no observada en la sección transversal de empresas. Para evitar este problema, Martin *et al.* (2013) examinan el impacto de la asignación de permisos de emisión gratuitos sobre la innovación, explotando la variación cuasi-aleatoria en torno a los límites fijados por la UE para la asignación de derechos de emisión gratuitos después de 2012.

Sus resultados muestran que las empresas de los sectores que marginalmente no cumplen con los requisitos para la asignación de permisos de emisión gratuitos realizan significativamente más actividades de innovación que las empresas que marginalmente cumplen con esos requisitos. Este resultado sugiere que el impacto del EU ETS sobre la innovación es significativo, aunque muy heterogéneo. Además, el impacto sobre la innovación depende del número de permisos de emisión gratuitos obtenidos, lo que contradice la «propiedad de la independencia» de los sistemas de cuota-y-comercio, de acuerdo con el que los resultados de mercado son independientes de la asignación inicial de permisos (Hahn y Stavins, 2010). Por último, los efectos sobre la innovación deberían ser más fuertes en la Fase III, en la que las empresas deberán pagar por los permisos de emisión en lugar de obtenerlos de forma gratuita. Esto tiene una relevancia práctica directa para la Comisión Europea, que ha comenzado recientemente un proceso de consulta pública sobre las normas para la asignación de permisos de emisión gratuitos durante la Fase IV, que se pondrá a en marcha a partir del año 2020. El objetivo de la Comisión es el diseño de normas que aborden conjuntamente los problemas de incentivos de la fuga de carbono y de la escasa innovación en tecnologías de bajas emisiones de carbono.

## CONCLUSIÓN ¶

Frente a los desafíos seminales que plantea el cambio climático global, el EU ETS, el sistema transfronterizo de cuota-y-comercio de emisiones de gases de efecto invernadero más grande del mundo, es la estrella de las políticas medioambientales basadas en el mercado. Si bien su implementación no siempre

ha sido fácil y ha sido blanco de críticas vehementes, la Comisión Europea mantiene que el EU ETS es el buque insignia de su política climática, y que está aquí para quedarse. La evidencia disponible que se ha revisado en este artículo sugiere que hay buenas razones para aferrarse a esta política, pues ha conseguido reducir las emisiones de carbono y aumentar la innovación en tecnologías de bajas emisiones de carbono, mientras que en promedio sus efectos negativos sobre la actividad económica y la competitividad internacional han sido muy leves. Al mismo tiempo, es evidente que existe un amplio margen de mejora de esta política. Tales mejoras deben basarse en una evidencia empírica sólida. Como un esfuerzo de investigación, el análisis del impacto del EU ETS sigue siendo trabajo en progreso. Por una parte, esto refleja la naturaleza del EU ETS como un instrumento de política en permanente y continua evolución. Por otra parte, muchos estudios pertinentes aún no se han llevado a cabo. El desarrollo en los próximos años de nuevas bases de micro-datos a nivel de empresa, tanto en términos de las variables de características como en amplitud de la cobertura geográfica, constituiría un estímulo importante para esta línea de investigación.

**(\*) Estoy en deuda con mis coautores Mirabelle Muuls, Laure de Preux, Katrin Rehdanz, Jonathan Colmer, Ralf Martin y Sebastian Petrick por su ayuda y sugerencias en innumerables conversaciones sobre el EU ETS. Agradezco el apoyo financiero del Gobierno español, proyectos SEJ2007-62908 y ECO2012-31358. Este artículo, inicialmente redactado en inglés, ha sido traducido al español por Mercedes Palacios. Quiero dar las gracias a Pablo del Río González por sus comentarios y sugerencias, que me han ayudado a mejorar un borrador anterior de este artículo.**

## NOTAS ¶

- [1] La participación en el ETS de la UE es obligatoria para todas las instalaciones de combustión con una potencia térmica nominal superior a 20MWh, que incluye las centrales eléctricas convencionales. Por otra parte, el plan abarca grandes instalaciones en actividades intensivamente emisoras de CO<sub>2</sub>, tales como refinerías de petróleo, hornos de coque, hierro y acero, fábricas de cemento, vidrio, cal, ladrillos, cerámica, pulpa de papel, para los que también existen umbrales de producción por debajo de los cuales las instalaciones están exentas a participar. En los últimos años el programa se ha ampliado para incluir a otros sectores (por ejemplo, las líneas aéreas, la fabricación de aluminio), y a otros gases de efecto invernadero.
- [2] Estas bases de datos son a menudo adecuadas en cuanto a calidad y representatividad, pero están sujetas a normas estrictas de confidencialidad de acceso y uso.
- [3] Cf. Libro Verde sobre el comercio de emisiones de gases de efecto invernadero en la Unión Europea presentado por la Comisión Europea, COM (2000) 87 final, Bruselas, 8.3.2000.
- [4] En el caso de la generación de energía, este efecto está limitado por aspectos institucionales y técnicos de los mercados europeos de la electricidad. Los mercados eléctricos están segregados por la estructura de las redes de transporte existentes, lo que limita sustancialmente la penetración de importaciones procedentes de países sin un precio del carbono.

- [5] Los datos de Alemania y España sugieren que los generadores de energía trasladaron el coste de las emisiones de carbono a los consumidores de electricidad (Zachmann y von Hirschhausen, 2008; Fobra y Reguant, 2013).
- [6] Estas conclusiones surgen de un análisis de regresión que controla por el «ruido» debido a las características del entrevistador (incluyendo efectos fijos), debido a las características del gestor (incluyendo la permanencia en la empresa, dummies por género y experiencia profesional) y debido al momento de la entrevista (incluyendo dummies por mes, día de la semana y la hora del día). En muchos casos, otros factores como los costes laborales o la proximidad a mercados finales pueden ser más relevantes que el coste del CO<sub>2</sub> en la decisión de relocalización.
- [7] En cierto modo, este fallo de mercado, la incapacidad de los innovadores para apropiarse totalmente de los rendimientos de sus inversiones en I + D, mitiga las consecuencias de otro fallo de mercado –la externalidad ambiental global– cf. Jaffe, Newell, y Stavins, (2005).
- [8] Esto confirma los resultados de la oleada de 2008 anterior de entrevistas con gerentes de casi 200 empresas medianas de fabricación en el Reino Unido, en la que no surgieron diferencias significativas en las medidas de innovación construidas de forma similar (Martin *et al.*, 2012).

## BIBLIOGRAFÍA

ABRELL, J.; NDOYE, A. y ZACHMANN, G. (2011): Assessing the impact of the EU ETS using firm level data. *Bruegel Working Paper* 2011/08, Brussels, Bélgica.

ALEXEEVA-TALEBI, V. (2011): Cost pass-through of the eu emissions allowances: Examining the european petroleum markets. *Energy Economics*, nº 33, S75-S83.

ANDERSON, B. y DI MARIA, C. (2011): Abatement and allocation in the pilot phase of the EU ETS. *Environmental and Resource Economics*, pp. 1-21.

BORGHESI, S.; CAINELLI, G. y MAZZANTI, M. (2012): Brown sunsets and green dawns in the industrial sector: Environmental innovations, firm behavior and the european emission trading. Nota de Lavoro Fondazione Eni Enrico Mattei - 2012.13. <http://www.feem.it/userfiles/attach/2012231516354NDL2012-003.pdf>.

BUSHNELL, J.B.; CHONG, H. y MANSUR, E.T. (2013): Profiting from regulation: An event study of the eu carbon market. *American Economic Journal: Economic Policy*, vol. 5, nº 4, pp. 78-106.

CALEL, R. y DECHEZLEPRÉTRE, A. (2014): Environmental policy and directed technological change: Evidence from the European carbon market. *The Review of Economics and Statistics*, en prensa.

CHAN, H.S.; LI, S. y ZHANG, F. (2013): Firm competitiveness and the European Union emissions trading scheme. *Energy Policy*, vol. 63, pp. 1056-1064.

COSTANTINI, V. y MAZZANTI, M. (2012): On the green and innovative side of trade competitiveness? the impact of environmental policies and innovation on eu exports. *Research Policy*, vol. 41, nº 1, pp.132-153.

DE BRUYN, S.; MARKOWSKA, A.; DE JONG, F. y BLES, M. (2010): Does the energy intensive industry obtain windfall profits through the EU ETS? an econometric analysis for products from the refineries, iron and steel and chemical sectors. CE Delft Publication N° 10.7005.36.

EGENHOFER, C.; ALESSI, M.; FUJIWARA, N. y GEORGIEV, A. (2011): The EU Emissions Trading System and Climate Policy Towards 2050: Real Incentives to Reduce Emissions and Drive Innovation?. Centre for European Policy Studies (CEPS) <http://www.ceps.be/book/eu-emissions-trading-system-and-climate-policy-towards-2050-real-incentives-reduce-emissions-an>.

ELLERMAN, A.D. y BUCHNER, B.K. (2007): The European Union emissions trading scheme: Origins, allocation, and early results. *Review of Environmental Economics and Policy*, vol. 1, nº 1, pp. 66-87.

ELLERMAN, A.D. y BUCHNER, B.K. (2008): Over-allocation or abatement? a preliminary analysis of the EU ETS based on the 2005/06 emissions data. *Environmental and Resource Economics*, vol. 41, nº 2, pp. 267-287.

ELLERMAN, A.D.; CONVERY, F.J. y DE PERTHUIS, C. (2010): Pricing Carbon: The European Union Emissions Trading Scheme. Cambridge University Press, 1 ed.

ELLERMAN, A.D. y FEILHAUER, S.M. (2008): A top-down and bottom-up look at emissions abatement in germany in response to the EU ETS. Working Paper, MIT Center for Energy and Environmental Policy Research, n2008.017, <http://hdl.handle.net/1721.1/45661>.

ELLERMAN, D.; MARCANTONINI, C. y ZAKLAN, A. (2014): The EU ETS: Eight years and counting. RSCAS Working Paper No. 2014/04. Climate Policy Research Unit. European University Institute, Florence, Italy.

FABRA, N. y REGUANT, M. (2014): Pass-through of emissions costs in electricity markets. *American Economic Review*, vol. 104, nº 9, pp. 2872-2899.

HAHN, R.W. y STAVINS, R.N. (2010): The effect of allowance allocations on cap-and-trade system performance. RFF Discussion Paper 10-21.

HEROLD, A. (2007): Comparison of verified co2 emissions under the eu emission trading scheme with national greenhouse gas inventories for the year 2005. European Topic Center on Air and Climate Change Technical Paper n2007/3. [Http://acm.eionet.europa.eu/docs/ETCACC\\_TP\\_2007\\_3\\_CO2\\_ETS\\_vs\\_GHGInv2005.pdf](http://acm.eionet.europa.eu/docs/ETCACC_TP_2007_3_CO2_ETS_vs_GHGInv2005.pdf).

JAFFE, A.B.; NEWELL, R.G. y STAVINS, R.N. (2005): A tale of two market failures: Technology and environmental policy. *Ecological Economics*, vol. 54, nº 2-3, pp. 164-174.

KETTNER, C.; KLETZAN-SLAMANI, D. y KÖPPL, A. (2011): The EU Emission Trading Scheme-sectoral allocation patterns and the effects of the economic crisis. WIFO Working Papers 408/2011.

LOSCHEL, A.; HEINDL, P.; ALEXEEVA-TALEBI, V.; LO, V. y DETKEN, A. (2010): KfW/ZEWCO 2 panel: Vermeiden oder kaufen-deutsche Unternehmen im Emissionshandel. *Zeitschrift für Energiewirtschaft*, vol. 34, nº 1, pp. 39-46.

MARTIN, R.; DE PREUX, L.B. y WAGNER, U.J. (2014c): The impact of a carbon tax on manufacturing: Evidence from microdata. *Journal of Public Economics*, DOI: 10.1016/j.jpubeco.2014.04.016

MARTIN, R.; MUÛLS, M.; DE PREUX, L.B. y WAGNER, U.J. (2012): Anatomy of a paradox: Management practices, organizational structure and energy efficiency. *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 63, nº 2, pp. 208-223.

MARTIN, R.; MUÛLS, M.; DE PREUX, L.B. y WAGNER, U.J. (2014a): Industry compensation under relocation risk: A firm-level analysis of the EU Emissions Trading Scheme. *American Economic Review*, vol. 104, nº 8, pp. 1-25.

MARTIN, R.; MUÛLS, M.; DE PREUX, L.B. y WAGNER, U.J. (2014b): On the empirical content of carbon leakage criteria in the EU Emissions Trading Scheme. *Ecological Economics*, vol. 105, pp. 78-88.

MARTIN, R.; MUÛLS, M. y WAGNER, U. (2013a): Carbon markets, carbon prices and innovation: Evidence from interviews with managers. Paper presented at the *Annual Meetings of the American Economic Association*, San Diego, January 6.

ÖBERNDORFER, U.; ALEXEEVA-TALEBI, V. y LOSCHEL, A. (2010): Understanding the competitiveness implications of future phases of EU ETS on the industrial sectors. ZEW Centre for European Economic Research, Discussion Paper N°. 10-044, Mannheim, Germany.

PACALA, S. y SOCOLOW, R. (2004): Stabilization Wedges: Solving the Climate Problem for the Next 50 Years with Current Technologies. *Science*, vol. 305, nº 5686, pp. 968-972.

PETRICK, S. y WAGNER, U.J. (2014): The impact of carbon trading on industry: Evidence from German manufacturing firms. Kiel Working Paper No. 1912. Kiel Institute for the World Economy, Kiel, Germany.

REINAUD, J. y AGENCY, I.E. (2008): Climate policy and carbon leakage: Impacts of the European emissions trading scheme on aluminium. OECD/IEA.

SANDOFF, A. y SCHAAD, G. (2009): Does EU ETS lead to emission reductions through trade? the case of the swedish emissions trading sector participants. *Energy Policy*, vol. 37, n° 10, pp. 3967-3977.

SIJM, J.; NEUHOFF, K. y CHEN, Y. (2006): CO2 cost pass through and windfall profits in the power sector. *Climate Policy*, vol. 6, n° 1, pp. 49-72.

STAVINS, R.N. (2011): The Problem of the Commons: Still Unsettled after 100 Years. *American Economic Review*, vol. 101, n° 1, pp. 81-108.

ZACHMANN, G. y VON HIRSCHHAUSEN, C. (2008): First evidence of asymmetric cost pass-through of eu emissions allowances: Examining wholesale electricity prices in germany. *Economics Letters*, vol. 99, n° 3, pp. 465-469.