

# Colección Completa

Tenemos a su disposición  
las tapas del año 2007  
de **principios**

Si desea encuadernar los ejemplares  
publicados en 2007 de la Revista  
**Principios**, tenemos las **tapas** a su  
disposición (precio de las  
tapas 2007: 6 €).

Si desea recibir un  
**volumen encuadernado**  
del año 2007 de la Revista  
**Principios**, puede solicitarlo ahora  
(precio del volumen 2007: 40 €).

Pedidos a

## principios

C/ Fuencarral, 127, 1ª Izda. 28010 Madrid Tel. (+34) 91 448 73 19. Fax. (+34) 91 448 73 39

email: fsistema@teletel.es



**debates**

**NOVEDAD**

**BRANKO  
MILANOVIC**

**LA ERA DE LAS  
DESIGUALDADES**  
DIMENSIONES DE LA DESIGUALDAD  
INTERNACIONAL Y GLOBAL

EDITORIAL **SISTEMA**

292 páginas  
ISBN: 84-89497-68-X  
PVP: 32,00 €

## **La era de las desigualdades. Dimensiones de la desigualdad internacional y global.**

Este libro analiza las dimensiones de la desigualdad mundial entre los países y entre las personas y relaciona la evolución observada de la desigualdad con los procesos de crecimiento económico experimentados durante la segunda mitad del siglo veinte. *La era de las desigualdades* es uno de los esfuerzos más importante y riguroso por medir las desigualdades en la distribución de la renta mundial, profundizando en el debate sobre la convergencia de las rentas entre países, así como en la relación entre globalización y desigualdad.

**Branko Milanovic.** Doctor en Ciencias Económicas por la Universidad de Belgrado y Jefe del Development Research Group del Banco Mundial. Es autor de *Inequality and Poverty During the Transition From Market Economy* (World Bank, 1996) y coautor, junto con Ethan Kapstein, de *Income and Influence: Social Policy in Emerging Economies*, (Russell Sage, 2002).

Pedidos a

**EDITORIAL SISTEMA**

Fuencarral, 327. 1º - 28010 MADRID  
Teléf.: 91 448 73 19 - Fax: 91 448 73 39  
[www.fundacionsistema.com](http://www.fundacionsistema.com)

# El mercado de emisiones y el impuesto de CO<sub>2</sub>

*Félix Hernández Álvarez*

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

**Resumen.** En este trabajo se analizan el mercado de emisiones (ME) y el impuesto de CO<sub>2</sub> como procedimientos de reducción de emisiones. Se ha tratado de establecer el comportamiento al aplicar estas dos formas de regulación vinculadas a la eficacia ambiental y la eficiencia económica de cada uno de ellas. También se ha estudiado el ámbito adecuado de aplicación de los dos instrumentos y se han examinado las características de los sectores obligados a participar en el ME de acuerdo con la evolución de los precios del CO<sub>2</sub>. Unas conclusiones generales han sido establecidas.

**Palabras clave.** Mercado de emisiones; impuesto de CO<sub>2</sub>; eficacia ambiental, eficiencia económica.

**Clasificación JEL.** H23, M38, M48, Q52.

**Abstract.** This study analyses the implications of the emissions trading (ET) and CO<sub>2</sub> taxes as two distinct mechanisms to reduce emissions. An analysis of the performance of both schemes with respect to the environmental effectiveness and the cost-effectiveness criteria is provided. The paper shall also examine the appropriate scope of application of both instruments as well as the characteristics of the different sectors covered by the ET. General conclusions are provided.

**Key words.** Emissions trading market, CO<sub>2</sub> tax, environmental effectiveness, economic efficiency.

**JEL classification.** H23, M38, M48, Q52.

## Lista de acrónimos

CMR: Costes Marginales de Reducción

GEI: Gases de Efecto Invernadero

PK: Protocolo de Kyoto

MDL: Mecanismo de Desarrollo Limpio

PEN: Permisos de Emisión Negociables

PM: País Miembro

UE: Unión Europea

## 1. Introducción

Los procedimientos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> representan un conjunto amplio de medidas, cuya aplicación debe resolverse atendiendo a los compromisos adquiridos en un triple ámbito: planetario, europeo y nacional. El primero se refiere a las cuotas de reducción pactadas en el Protocolo de Kyoto (PK) y a los tres procedimientos flexibles seleccionados para alcanzarlas (*mercado de emisiones –ME– de CO<sub>2</sub> y proyectos de aplica-*

*ción conjunta* y de *mecanismos de desarrollo limpio* –MDL–). A escala europea, y para cumplir con los objetivos de reducción de cada *país miembro* (PM), la Unión Europea (UE) ha puesto en marcha los tres procedimientos del PK y ha establecido y fomentado además planes y estrategias con efectos indirectos de mitigación de CO<sub>2</sub> (por ejemplo, el plan de promoción de energías renovables, los acuerdos voluntarios del sector del automóvil, etc.). En el ámbito nacional, cada PM debe arbitrar procedimientos complementarios de reducción de CO<sub>2</sub>, tales como planes de eficiencia energética y políticas fiscales, de impuestos y desgravaciones. Para el caso concreto del impuesto de CO<sub>2</sub>, la UE ha aceptado este procedimiento como complementario al ME<sup>1</sup>. Se trata de una medida que cada PM puede tomar voluntariamente, siempre que la vincule al marco general europeo de fiscalidad energética, cuya filosofía propugna la convergencia de las cuotas tributarias de los PM.

Existe por tanto una diversidad de procedimientos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> cuyo uso prioritario es difícil de establecer, debido a la complejidad de combinar los pactos internacionales de Kyoto y posteriores, los objetivos de reducción de la UE y los procedimientos complementarios nacionales.

A escala global, dos inconvenientes principales han complicado y complican los acuerdos internacionales sobre cambio climático: la irregular distribución territorial de su incidencia, en un contexto donde dominan las incertidumbres en la estimación de daños, y los problemas éticos y técnicos que presenta implicar en el compromiso de reducción a los países menos desarrollados, cuyas pequeñas contribuciones históricas a las emisiones de *gases de efecto invernadero* (GEI) les exime moralmente de la obligación. Respecto al primero, se ha constatado que la diferencia de costes de los daños causados y futuros por el cambio de clima entre países de distinto emplazamiento y grado de desarrollo ha resultado un gran obstáculo en la mesa de negociación del PK y posteriores. El segundo inconveniente está relacionado con el grado de vinculación exigible a los países no pertenecientes al Anexo I, es decir, a los excluidos del compromiso de la reducción de emisiones.

Por un lado, las diferentes apreciaciones de la amenaza global del cambio climático no predisponen a la reducción voluntaria de emisiones, sino que alientan al aprovechamiento de las acciones de «los otros» para beneficiarse de ellas sin aceptar los costes propios<sup>2</sup>. De este modo el proceso de negociación internacional resulta bastante complicado, más aún si se tiene en cuenta que cada país no defiende una posición única; bien al contrario, patrocina intereses combinados de diferentes grupos y sectores económicos (derivados del petróleo, transporte, eléctrico, energías limpias, etc.)<sup>3</sup>. En efecto, durante las sucesivas reuniones mundiales se han alineado dos bloques principales

<sup>1</sup> A este respecto, ha habido una fuerte discusión en la UE a propósito de si es pertinente o no aplicar impuestos de CO<sub>2</sub> de alcance europeo o dejar que cada PM elija libremente esta opción como complementaria. Finlandia, Holanda, Irlanda y Reino Unido se han opuesto firmemente a que la UE pueda ejercer la función recaudatoria y distributiva de estos impuestos; Dinamarca y Holanda establecieron un impuesto de CO<sub>2</sub> a principios de la década 1990-2000; Portugal ha sido partidaria de un impuesto europeo de CO<sub>2</sub> y de dejar que cada PM fije su propia cuota tributaria.

<sup>2</sup> Nos referimos a la clásica posición del *free rider* o gorrón social.

<sup>3</sup> Se trata de intereses combinados, y a veces encontrados, entre distintos sectores económicos. Mantener una posición y compromiso en un marco tan complejo no es sencillo. Este conflicto de intereses ayuda a entender la retirada de EEUU del PK, pero también permite contemplar la esperanza de su futuro regreso.

que han defendido posiciones sensiblemente alejadas entre sí: el bloque representado principalmente por los EEUU y el bloque de la UE.

Por otro lado, el asunto de la participación de los países no desarrollados en las obligaciones de mitigación de emisiones ha sido discutido intensamente. Una parte importante del debate se ha centrado en si los países pertenecientes al Anexo I pueden o no cumplir su cuota de reducción de emisiones tomando medidas en los países no pertenecientes. La legitimidad de este tipo de acciones descansa en el principio de reciprocidad: el país desarrollado alcanza su objetivo de reducción de emisiones de un modo más eficiente desde el punto de vista económico; el país no desarrollado recibe transferencia de capital y de tecnología a cambio. En este principio se basa el procedimiento MDL, cuya fundación trata de estimular la cooperación coordinada y voluntaria entre países del Anexo I y países en vías de desarrollo.

En el ámbito europeo, y como se ha dicho anteriormente, la UE ha desarrollado los tres procedimientos flexibles del PK. En el ME están obligados a participar en torno a 12.000 instalaciones europeas y 1.100 españolas, que representan apenas el 50% de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Estas instalaciones pertenecen a los sectores de generación de energía, de refino de petróleo, cementero, siderúrgico, papelero, cerámico (incluidos azulejo, teja y ladrillo) y del vidrio, subrogándose la UE las siguientes funciones:

- Vigilar que se apliquen los mismos criterios de asignación de *permisos de emisión negociables* (PEN) en todos los PM para garantizar la competencia.
- Prevenir distorsiones del mercado de emisiones (ayudas estatales, restricciones de acceso al mercado, abuso de posición dominante en el ME...).

En el contexto nacional, es competencia de cada PM dentro del ME:

- Asignar los PEN a todas las instalaciones pertenecientes a los sectores implicados en el ME.
- Respetar la competitividad sin dificultar el acceso al mercado nacional a instalaciones de empresas foráneas en los planes de asignación.

Respecto a los procedimientos complementarios de reducción de CO<sub>2</sub>, ya se ha referido más arriba la competencia de cada PM para establecer las medidas fiscales pertinentes de impuestos y desgravaciones, como la recién implantada en el impuesto español de matriculación de automóviles relacionado con su potencia.

Finalmente, conviene aludir a las funciones esenciales que la literatura especializada exige a los procedimientos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, y que son las siguientes:

- Garantía participativa. La combinación de procedimientos seleccionada debe estimular la participación de las empresas y los sectores en el objetivo de reducción de CO<sub>2</sub> previamente establecido.
- Eficacia ambiental. La selección de procedimientos debe facilitar el cumplimiento del objetivo.
- Eficiencia económica. Debe alcanzarse el objetivo al menor coste.

## 2. Principios básicos del ME<sup>4</sup>

El ME reconoce los PEN como unidades negociables en el mercado de CO<sub>2</sub>. Estos permisos funcionan a todos los efectos como concesiones para emitir un volumen limitado de GEI, una vez registrados<sup>5</sup>. No se trata por tanto de títulos de propiedad. Los PEN están controlados por el Estado, y su otorgamiento a las instalaciones limita su uso al período de duración del ME (normalmente un quinquenio), bien para emitir CO<sub>2</sub>, mantenerlos en depósito (*banking*), prestarlos (*borrowing*) o transferirlos a otras empresas.

No hay incertidumbre alguna por tanto en la definición de los PEN, pero existen dudas razonables sobre el funcionamiento del ME. Como en cualquier otro mercado, la información asimétrica de su estado y funcionamiento representa una causa genérica de distorsión. Asimismo, existen causas específicas, como el tratamiento diferencial de los sistemas fiscales<sup>6</sup>, los costes de transacción del ME y los fallos institucionales en su aplicación.

Un problema clave en la aplicación del ME es la asignación de los PEN, desencadenante principal de las distorsiones específicas que puede sufrir este mercado. Por ejemplo, si los criterios de asignación de los permisos beneficiaran a unos sectores determinados respecto a otros en el mismo PM, se produciría a corto plazo un desplazamiento de empresas por otras menos eficientes, con el consiguiente perjuicio del consumidor. Si la asignación favoreciera a un PM respecto a otros dentro del mismo sector, con agravio para otros, se originarían flujos de renta que representarían signos de distorsión del ME. Es el caso del reparto de la carga de reducción de emisiones acordado por la UE para cada PM, donde se ha evitado el principio de distribución proporcional a las emisiones de CO<sub>2</sub>/habitante, o inversamente proporcional al PIB/habitante. Al prescindirse de estas formas de reparto, más conformes con la política de convergencia al desarrollo europeo, se ha ayudado a que los flujos de renta circulen de los PM menos desarrollados a otros más desarrollados. Atendiendo a los proyectos de reducción presentados por los PM, por ejemplo, representados en la **Figura 1**, está previsto que el ME de la UE ocasione flujos de renta de España, Portugal, Dinamarca, Irlanda, Austria, Finlandia, Francia y Grecia, por este orden, hacia Suecia, Reino Unido, Holanda, Alemania y Bélgica, por este orden.

Otras formas específicas de distorsión presentes en el ME son las que otorgan ventajas a las instalaciones de empresas establecidas respecto a las nuevas, cuando el método de asignación de PEN es distinto para las primeras que para las segundas, o si no se evita el abuso de posición dominante en el ME que una empresa de gran tamaño puede ejercer. Ambas distorsiones pueden corregirse con un régimen de asignación alternativo al gratuito (*grandfathering*). Nos referimos al régimen de subasta, que al emitir señales sobre los precios de los PEN amortigua la posibilidad de que se controle el mercado y limita la obstaculización de acceso a las empresas nuevas. Como ventaja añadida, la

<sup>4</sup> Para una información exhaustiva de este apartado, véanse los Capítulos 2 y 3 del libro *El Protocolo de Kyoto y su impacto en las empresas españolas* (Hernández F., y del Río, P., 2007).

<sup>5</sup> Las concesiones funcionan de un modo similar a los casos de cesión de uso de un bien público (salto hidráulico o plaza de aparcamiento municipal, por ejemplo).

<sup>6</sup> Nos referimos a la diferencia de las políticas fiscales entre los PM, como la inclusión o exclusión del CO<sub>2</sub> como concepto tributario, la ausencia o presencia de desgravaciones por consumo de la energía verde, etc.

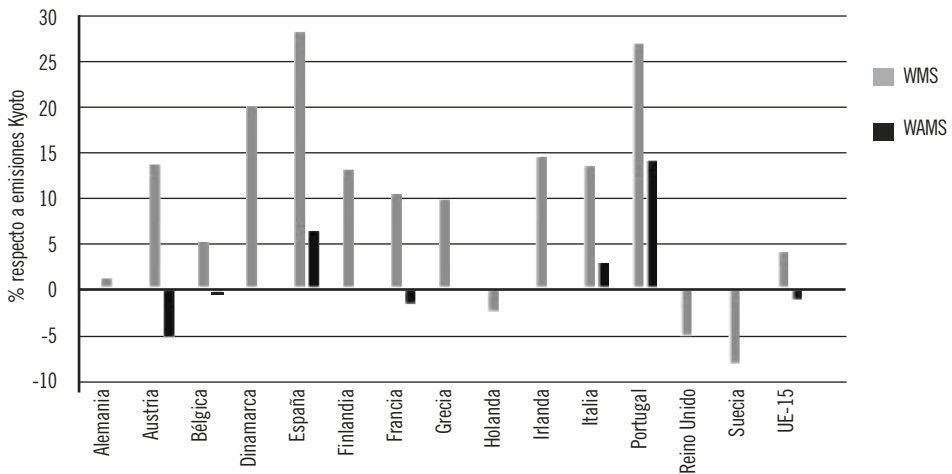
asignación por subasta permite destinar la recaudación por la puja de las empresas para adquirir PEN a objetivos sociales (reducir cargas fiscales del factor trabajo, por ejemplo) o a objetivos ambientales (amortizar los costes de reducción de emisiones, por ejemplo). En el primer caso, el efecto sería similar a un impuesto, en tanto que la recaudación jugaría un papel distributivo de la renta; en el segundo caso, funcionaría como una ecotasa, en tanto que el montante de la subasta se invertiría en el mismo campo objeto de la subasta, es decir el ambiental.

Para ayudar al manejo de conceptos empleados hasta ahora, se presentan en el **Cuadro 1** las definiciones más básicas usadas en el ME.

### 2.1. Eficiencia del ME

Conocida la curva de costes marginales de reducción de CO<sub>2</sub> (CMR), y dadas las cuotas obligatorias de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> (OQ\*) y asignadas de PEN

**Figura 1.** Proyecciones de reducción de GEI 2010



Fuente: Servicio de Datos de la Agencia Europea del Medio Ambiente.

**Cuadro 1.** Definiciones relativas al ME

<b>ME</b>	Permite la compra y venta de PEN entre países del Anexo I (artículo 17 del PK)
<b>PEN</b> • Banking • Borrowing	Concesión para emitir una tonelada de CO <sub>2</sub> (susceptible de compra y venta) • Depósito • Préstamo
Métodos de asignación	<i>Granfathering</i> Método gratuito de asignación
	Subasta Mediante puja entre empresas y sectores
Países del Anexo I	Países comprometidos en limitar sus emisiones (artículo 3 del PK)



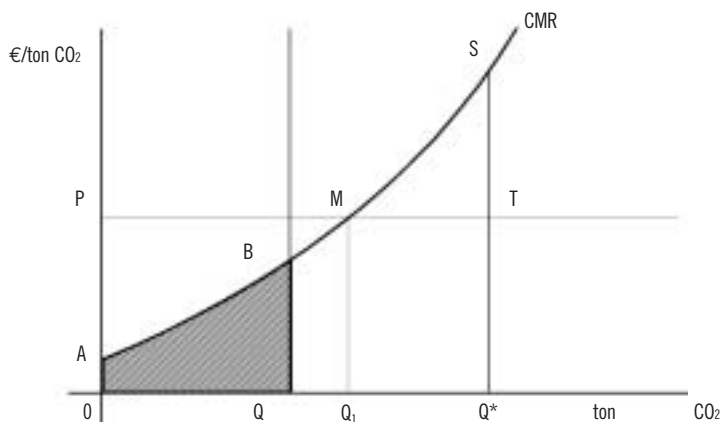
(OQ), así como el precio de mercado de CO<sub>2</sub> (P), cualquier empresa que participe en un ME debe gestionar la reducción de las emisiones obligatorias menos las otorgadas, es decir  $QQ^* = (OQ^* - OQ)$  toneladas de CO<sub>2</sub> (véase **Figura 2**).  $QQ_1$  toneladas pueden ser reducidas por la propia empresa sin necesidad de recurrir al ME, en tanto que el coste de reducción en el tramo BM de la curva CMR es menor que P. Esta opción significa el siguiente ahorro respecto al ME, representado por la diferencia de áreas  $P \cdot QQ_1 - QBMQ_1$ .

Para mitigar las  $Q_1Q^*$  toneladas restantes, la mejor alternativa es el ME. En efecto, el coste de reducción de emisiones en este tramo, definido por la CMR, es MS, y la opción del ME supone el coste de  $P \cdot Q_1Q^*$ . Por tanto, el ahorro en euros por recurrir al ME para reducir las últimas  $Q_1Q^*$  toneladas es el siguiente:  $Q_1MSQ^* - P \cdot Q_1Q^* = MST$

Así pues, el ME es un procedimiento que reporta un ahorro de costes de reducción de emisiones, a partir de que la curva de costes marginales supera el precio de mercado del CO<sub>2</sub>. Se trata por tanto de un método eficiente de reducción, basado en la diferencia de CMR entre las distintas empresas. Esta diferencia puede venir determinada por los distintos recursos que cada empresa disponga para mitigar emisiones (opciones tecnológicas, por ejemplo), o por la mayor o menor capacidad para sustituir combustibles de superior contenido en C por otros de inferior contenido, incluso por fuentes renovables. Pero también puede ser ocasionada por las distorsiones potenciales del ME señaladas más arriba: diferencia de información, ventajas de las instalaciones de empresas ya establecidas, abuso de posición dominante, tratamiento diferencial de los sistemas fiscales y fallos institucionales en su aplicación. En resumen, la eficiencia del ME está fundamentada, como la de cualquier mercado, en la diferencia (de capacidad tecnológica, de información, de posición, etc.).

Abundando en la diferencia, vamos a analizar los beneficios recíprocos obtenidos por dos empresas, A y B, con dos curvas distintas de CMR:  $CMR_A$  y  $CMR_B$  (véase **Fi-**

Figura 2. Análisis de gestión de la reducción de emisiones



gura 3). Supongamos que A y B emiten en principio  $E_{A0}$  y  $E_{B0}$  toneladas de CO<sub>2</sub>, respectivamente, y que se las obliga a reducir las emisiones a la mitad, es decir hasta  $E_{A1}$  y  $E_{B1}$ . Si se admite la reducción conjunta a través del ME, los PEN otorgados a la empresa A serán  $E_A$  y  $E_{B1}$  a la empresa B. Inmediatamente surgen incentivos para que la empresa A compre PEN a la empresa B y la empresa B se los venda, siempre que  $CMR_A > CMR_B$ .

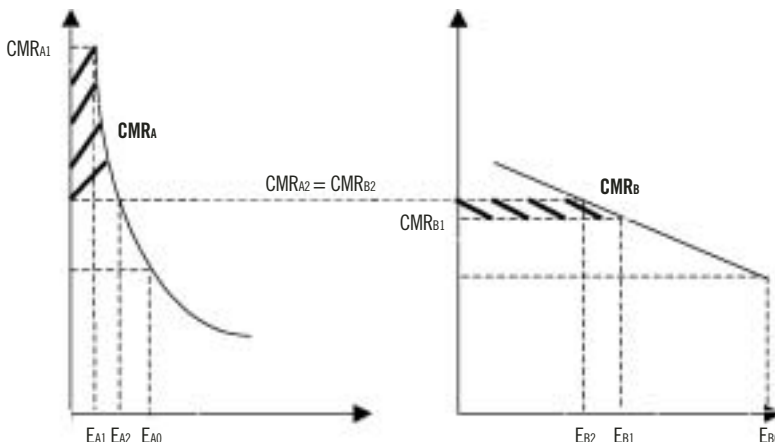
El doble estímulo, de comprar PEN de la empresa A, y de venderlos de la empresa B, continuará hasta que los CMR de las dos empresas se igualen, es decir, cuando  $CMR_{A2} = CMR_{B2}$ . Por tanto, la empresa A reducirá emisiones desde  $E_{A0}$  a  $E_{A2}$  y comprará  $(E_{A2} - E_{A1})$  PEN al precio  $CMR_{A2} = CMR_{B2}$ . La empresa B reducirá todas sus emisiones obligatorias, desde  $E_{B0}$  a  $E_{B1}$ , y seguirá reduciendo voluntariamente hasta  $E_{B2}$ . Venderá, por tanto, las emisiones sobrantes,  $(E_{B1} - E_{B2}) = (E_{A2} - E_{A1})$ , al precio  $CMR_{B2} = CMR_{A2}$ . Después de la operación, la empresa A se ahorrará el área rayada de la parte izquierda de la Figura 3, y la empresa B obtendrá el beneficio añadido equivalente al área rayada de la parte derecha.

El análisis muestra la eficiencia del procedimiento del ME, pero sin perder eficacia ambiental. En efecto, el objetivo previo de reducción de emisiones era  $E_{A1} + E_{B1}$ . Al final del intercambio de PEN resulta  $E_{A2} + E_{B2} = E_{A1} + E_{B1}$ .

Otra cuestión importante de analizar es hasta dónde alcanza el estímulo de reducir emisiones a medida que el objetivo de reducción es más ambicioso. El ME incentiva a los agentes emisores a mantener sus niveles de emisión bajos cuando el precio del CO<sub>2</sub> es lo suficientemente alto. Si la demanda de PEN es sostenida y lo mantiene elevado, puede incluso incentivar alternativas de reducción de emisiones dentro de la propia empresa (inversión en tecnologías limpias por ejemplo), sin necesidad de optar al ME.

Aunque no hay suficiente experiencia empírica sobre el grado de eficiencia del ME, se estima que el objetivo de reducción europeo del 8% respecto a la línea base de 1990

Figura 3. Costes marginales de reducción de emisiones de las empresas A y B



ha resultado sencillo de alcanzar gracias al ME. Según un informe de la *European Environment Agency* (EEA, 2005), hasta cotas de reducción del 20% el coste de reducción de emisiones en el ME supondría alrededor del 0,6% del PIB europeo. Sin embargo, un objetivo mayor del 20% comportaría subidas del precio del CO<sub>2</sub> importantes, lo que supondría una limitación muy severa para poder cumplirlo.

El comportamiento real del ME de la UE en período de pruebas, desde el comienzo de su funcionamiento (1 de enero de 2005) hasta el final (31 de diciembre de 2007), ha sido heterodoxo. Los PEN subieron rápidamente a cotas más altas de las esperadas, hasta abril de 2006, aunque en los estudios financiados por la UE estaba prevista la evolución ascendente y moderada del precio en el primer tramo del período de funcionamiento del mercado seguida de un descenso lento y prolongado. En octubre de 2006 se produjo una caída en picado del precio del CO<sub>2</sub> hasta el final del período, no pronosticada en los estudios citados, que preveían un período corto de escalada final.

La primera conclusión de esta corta experiencia es que el bajo precio de los PEN ha confirmado la eficiencia del ME, pero no ha tenido un efecto significativo sobre la competitividad de los distintos combustibles intensivos en carbono. La incorporación a la UE-25 de PM (República Checa, Chipre, Eslovaquia, Eslovenia, Estonia, Hungría, Letonia, Lituania, Malta y Polonia) con bajas cuotas de emisión de CO<sub>2</sub> ha contribuido de modo relevante a conservar el precio bajo de los permisos. Pero es muy poco probable que esta situación se mantenga en el próximo período del ME europeo iniciado este año. A título ilustrativo se presentan en la **Tabla 1** distintos tramos de precios de CO<sub>2</sub> y su incidencia en los precios del carbón, gas natural, gasolina y gasoil en España.

## 2.2. *Ámbito adecuado de aplicación y sinergias facilitadas por el ME*

Para que un ME funcione regularmente debe producirse una concurrencia máxima de ofertas y demandas de PEN. Se trata por tanto de garantizar una extensión territorial amplia del mercado, cuyo tamaño propicie un reparto no oneroso de los costes de

**Tabla 1.** *Incidencia de los precios de CO<sub>2</sub> en los precios de los combustibles más usuales en España\**

Combustible			Tramos de precios (€/tonelada de CO <sub>2</sub> )			
			15-25	25-35	35-45	45-55
Incremento del precio (%)	Carbón	Nacional	8,5-14,5	14,5-20,5	20,5-26	26-32
		Importado	2-3	3-4	4-5	5-6,5
	Gas natural		0,5-1	1	1-1,5	1,5-2
	Gasolina		1,5-3	3-4	4-5	5-6
	Gasoil		2-3,5	3,5-4,5	4,5-6	6-7

*Fuente:* elaboración propia, a partir de los datos de Commission of the European Communities (1998), IEA (1999) y Ministerio de Industria y Energía (1983).

\* Se supone que la cuota de cumplimiento de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en España se ha rebasado un 50% en el sector transporte.

transacción<sup>7</sup> del ME y que evite al mismo tiempo el abuso de posiciones dominantes de instalaciones, empresas o sectores poseedores de un alto porcentaje de PEN. En efecto, la extensión del ME aumenta el número de instalaciones comprometidas en la amortización de los costes de transacción, cuyo montante puede hacer fracasar la eficiencia económica del mercado<sup>8</sup>. Pero también el número de instalaciones puede resultar un grave inconveniente a la hora de inspeccionar, certificar y verificar la contabilidad de las emisiones. Potencialmente el ME es adecuado para sectores donde el control de las emisiones y de PEN comprados y vendidos resulte sencillo, pero francamente inadecuado en la práctica en aquellos otros, como el sector transporte por carretera, donde las emisiones están completamente dispersas. En este caso cada conductor representa una fuente emisora, y la tarea de controlar las emisiones y la compra-venta de PEN se antoja verdaderamente difícil; como procedimiento alternativo, la regulación de emisiones a través del impuesto de CO<sub>2</sub> resulta más adecuada.

En cuanto a las sinergias propiciadas por el ME, las empresas o sectores más deficitarios en PEN respecto a sus necesidades de emisión deben buscar acuerdos favorables, para evitar su compra cuando los precios del CO<sub>2</sub> son excesivamente altos. La teoría de juegos señala la posibilidad de construir coaliciones estables en el ME para obtener ganancias recíprocas de cooperación. Nos estamos refiriendo a acuerdos entre empresas que contemplen la contraprestación de PEN bajo condiciones especiales de asistencia de un determinado servicio. Por ejemplo, se puede establecer un contrato de larga duración entre una industria y una empresa eléctrica, y que la fidelidad de la industria revierta en la garantía prioritaria del suministro y en la asistencia concertada a esa misma industria de PEN por parte de la empresa eléctrica. Se pueden negociar también acuerdos previos entre el sector del automóvil y el refino, para que el coste económico y ambiental del refino de un combustible menos emisor que otro usual sea compensada por los beneficiados, es decir, por el sector automovilístico. Otra fórmula interesante de evitar grandes desembolsos por la compra de PEN de las multinacionales es constituir un ME interno (caso de la multinacional BP). Pero las posibilidades de establecer acuerdos ente sectores y empresas desbordan cualquier intento de sistematización, y queda aquí una alternativa complementaria al ME muy importante para desarrollar por las partes interesadas en los distintos escenarios que se presenten.

<sup>7</sup> Los costes de transacción están vinculados a las dos tareas principales del funcionamiento del ME: la asignación de PEN y el control del cumplimiento de los compromisos, que comprende a su vez las funciones de inspección, certificación y verificación contable de las emisiones. Cuando el tamaño del mercado sea insuficiente, puede suceder que estos costes se eleven hasta cotas que superen los ahorros de costes de reducción previstos por el ME. En estas circunstancias menguaría la eficiencia del ME, o en el caso extremo se truncaría. Para más información sobre costes de transacción, véanse los trabajos de Hargrave T., *et al.* (1999), Weyant J. P., y Hill G. N. (1999) y Yamin F. y Lefevre F. (2000).

<sup>8</sup> Una idea de la diferencia de costes de transacción respecto al grado de concurrencia del ME puede ilustrarse con las estimaciones de los costes de reducción de emisiones de la UE: en un escenario de mercados estatales separados, el coste supondría 9,0 miles de millones de €/año; en un mercado europeo global, 7,3 miles de millones de €/año; el mismo caso con la participación exclusiva del sector generación de la energía, 7,2 miles de millones de €/año; el mismo caso con la participación del sector generación y las industrias intensivas de la energía, 6,9 miles de millones de €/año; el mismo caso con la participación de todos los sectores, incluido agricultura, transporte y servicios, 6,0 miles de millones de €/año.

En cualquier caso, se supone que los sectores europeos obligados a participar en el ME constituyen los ámbitos más representativos de su funcionamiento. Son afectados directamente por la evolución de los precios del CO<sub>2</sub> de acuerdo con las características propias de cada sector. En el ámbito español, estas características son las siguientes:

#### *Sector eléctrico*

- Alto potencial de reducción de emisiones, en tanto que existen aún oportunidades relativamente baratas de mitigarlas mediante mejoras de eficiencia energética y cambios de combustible de alto contenido en carbono por otros de menor contenido.
- Demanda inelástica y poca competencia internacional, con cuotas de comercio con el exterior apenas del 2%, lo que permite trasladar el coste de la reducción de emisiones al consumidor.
- Altas expectativas de crecimiento de la demanda, que se puede mantener en torno al 3,5% hasta 2011.

#### *Sector refino*

- Bajo potencial de reducción de emisiones, con pocas oportunidades baratas de mitigarlas.
- Demanda inelástica y baja competencia internacional, a pesar de que el índice de exportación alcanza el 20%, lo que permite trasladar el coste de la reducción de emisiones al consumidor.
- Peculiaridad del sector, donde la mejora de la calidad de los combustibles a costa de emisiones en el proceso de refinado supone un ahorro de emisiones en el sector transporte; esta característica estimula acuerdos de intercambio de PEN en condiciones favorables para el sector refino, en contraprestación del servicio de mejora del combustible.

#### *Sector cemento*

- Bajo potencial de reducción de emisiones, con pocas oportunidades baratas de mitigarlas.
- Demanda relativamente inelástica y alta competencia internacional, con cuotas de comercio con el exterior del 26%, lo que permite trasladar el coste de la reducción de emisiones al consumidor.
- Mayor impacto del ME que en el resto de sectores por el menor margen de valor añadido.

#### *Sector siderúrgico*

- Bajo potencial de reducción de emisiones, con pocas oportunidades baratas de mitigarlas.
- Demanda bastante elástica y alta competencia internacional, con cuotas de comercio con el exterior del 16%, lo que no permite trasladar el coste de la reducción de emisiones al consumidor.
- El impacto del ME, añadido a otros factores, estimula la emigración de empresas hacia otros países.

#### *Sector papelero*

- Residual potencial reducción de emisiones, con alguna oportunidad no demasiado cara de mitigarlas.

- Demanda elástica por existir opciones alternativas al papel y al cartón y alta competencia internacional, con cuotas de comercio con el exterior del 17%, y alto crecimiento de la demanda, lo que apenas permite trasladar el coste de la reducción de emisiones al consumidor.

### *Sector vidrio y cerámica*

- Bajo potencial de reducción de emisiones, con pocas oportunidades baratas de mitigarlas.
- Demanda relativamente inelástica, alta competencia internacional, con cuotas de comercio con el exterior del 32%, alto crecimiento de demanda y estructura de PYMES, lo que limita la posibilidad de trasladar el coste de la reducción de emisiones al consumidor.

### 2.3. Conclusiones

Las conclusiones más importantes del análisis del sistema de ME son las siguientes:

- Se trata de un sistema eficiente económicamente y eficaz ambientalmente, cuyas distorsiones más importantes pueden producirse por las siguientes causas: información asimétrica de su estado y funcionamiento; ventajas eventuales de las instalaciones de empresas ya establecidas respecto a las nuevas a la hora de asignar PEN, que pueden suponer incluso el origen del asentamiento de una posición dominante en el ME; tratamiento diferencial de los sistemas fiscales de los PM, y fallos institucionales en su aplicación.
- El ME está expuesto a fallos de aplicación, como usar métodos de asignación diferentes entre los PM o establecer reglas de funcionamiento que supongan altos costes de transacción (costes de inspección, certificación y verificación contable de las emisiones). El primero puede evitarse mediante la asignación por subasta; el segundo puede corregirse simplificando el procedimiento del ME.
- Este procedimiento incentiva a las empresas a mantener sus niveles de emisión bajos cuando el precio del CO<sub>2</sub> es lo suficientemente alto.
- Como método de reducción de CO<sub>2</sub> resulta apropiado para los sectores cuyas emisiones están focalizadas (instalaciones industriales, por ejemplo), lo que facilita su control, pero es francamente inadecuado cuando las emisiones están completamente dispersas, como en el transporte por carretera, donde la regulación de emisiones a través del impuesto de CO<sub>2</sub> resulta más adecuada.

### 3. Principios básicos del impuesto de CO<sub>2</sub><sup>9</sup>

Recurriendo de nuevo a la curva de costes marginales de reducción de CO<sub>2</sub> (CMR), se puede abordar un análisis elemental del comportamiento de cualquier empresa cuyas emisiones son reguladas a través de una tasa impositiva de CO<sub>2</sub>, fijada previamente en €/tonelada de CO<sub>2</sub>. La cuestión clave es comparar el coste de reducción con dicha tasa.

---

<sup>9</sup> Dado el reducido espacio del que disponemos, no vamos a insistir aquí en la característica propia de los sistemas impositivos y de la que carece un sistema de mercado puro: la redistribución de rentas. En el caso del impuesto de CO<sub>2</sub>, es interesante distinguir los efectos distributivos entre PM cuando el ámbito es europeo (Padilla E., y Roca, J., 2006) y la mayor eficiencia que supone un impuesto centralizado por la UE respecto a impuestos diferenciados (Conrad, K., y Schmidt, F. N., 1998; Barker, T., 1999).

La **Tabla 2** presenta un ejemplo numérico para ilustrar el análisis comparativo que fundamenta la actuación de una empresa. Se trata de reducir 10 toneladas de CO<sub>2</sub>. Se toma como referencia un impuesto de 5 €/tonelada CO<sub>2</sub> y la CMR de la empresa, cuyas cifras de coste marginal y total de reducción se indican en la segunda y tercera columnas de la tabla. En la columna cuarta se incluye el impuesto total, proporcional a las toneladas emitidas de la primera columna, y en la quinta el coste total de la reducción más los impuestos, es decir, la suma de la tercera y cuarta columnas.

Si la empresa decidiera emitir las 10 toneladas, el coste total de reducción más impuestos sería 50 €, cantidad desembolsada totalmente en concepto del impuesto de emisión de 10 toneladas de CO<sub>2</sub>. Si decidiera reducir 1 tonelada, el coste total descendería hasta 45,4 €: 0,4 € imputados como coste de reducción de 1 tonelada y 45 € en concepto de impuesto de 9 toneladas de CO<sub>2</sub>; se ahorraría por tanto 5 € de impuestos. Siguiendo esta lógica, la empresa debería seguir reduciendo emisiones hasta que la tasa de impuestos se encontrara por encima de los costes marginales de reducción. Así pues, debería disminuir voluntariamente las emisiones hasta que el coste marginal de reducción resultara igual o superior a la tasa de impuestos por tonelada de CO<sub>2</sub> (fila sombreada de la **Tabla 2**). En este caso, la empresa reduciría sus emisiones voluntariamente hasta 4 toneladas de CO<sub>2</sub>; su coste total, de reducción de 6 toneladas de CO<sub>2</sub> (12,8 €) más los impuestos de 4 toneladas (20 €), alcanzarían el mínimo de 32,8 €.

A partir de la fila sombreada, a la empresa no le interesaría seguir reduciendo emisiones, ya que los costes marginales de reducción (segunda columna) superarían la cifra del impuesto por tonelada de CO<sub>2</sub> (5 €). Por tanto, optaría por pagar los impuestos correspondientes a 4 toneladas de CO<sub>2</sub> mientras que no cambiara su CMR.

La **Figura 4**, que proyecta sobre el eje de abscisas las toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas y el coste en € de la reducción sobre el de ordenadas, representa el mismo ejemplo en forma gráfica. El coste total de reducción equivale al área comprendido entre la CMR y el eje de abscisas, es decir B. El pago total de impuestos es el área abarcada por las emisiones, mul-

**Tabla 2.** Análisis comparativo de los costes de reducción y el impuesto de CO<sub>2</sub>

Emisiones (ton CO <sub>2</sub> )	Coste de reducción emisiones (€)		Impuesto total (5 €/ton CO <sub>2</sub> )	Coste total (€)
	Marginal	Total		
10	0,0	0,0	50	50,0
9	0,4	0,4	45	45,4
8	0,8	1,2	40	41,2
7	1,2	2,4	35	37,4
6	2,0	4,4	30	34,4
5	3,4	7,8	25	32,8
4	5,0	12,8	20	32,8
3	7,6	20,4	15	35,4
2	10,4	30,8	10	40,8
1	14,4	45,2	5	50,2
0	20,0	65,2	0	65,2

tipicadas por la tasa de impuestos, es decir el área A. La superficie C supone el ahorro alcanzado por reducir 6 toneladas de CO<sub>2</sub> voluntariamente, hasta que el coste marginal de reducción iguala la tasa de impuestos por tonelada de CO<sub>2</sub> (5 €).

### 3.1. Conclusiones

En el análisis diferencial entre el impuesto de CO<sub>2</sub> y el ME, se pueden establecer las siguientes conclusiones, a retener en cualquier código de buena práctica en la selección de procedimientos de reducción de emisiones:

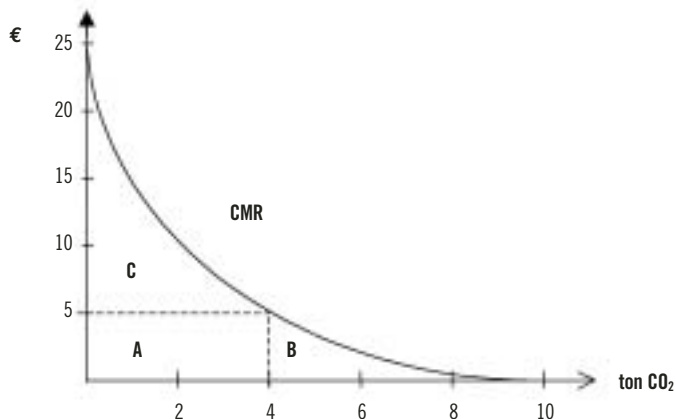
- El ME es un instrumento directo más eficiente, aunque puede resultar indirectamente más eficiente el impuesto de CO<sub>2</sub> si sus efectos distributivos corrigen distorsiones de mercado e integran externalidades sin suponer excesivo impacto sobre el coste total de reducción de emisiones.
- Los costes de transacción (costes de organización, control y seguimiento) son menores en un sistema de impuestos de CO<sub>2</sub> que en un ME.
- La eficiencia ambiental de un ME es superior que la de un impuesto de CO<sub>2</sub>, en tanto que el objetivo de reducción puede ser fijado previamente con precisión y cumplido en el primer caso, pero la regulación a través de un impuesto es disuasoria y muy incierta.
- El ME es más adecuado para sectores donde el control de las emisiones resulta sencillo por su focalización, pero el impuesto de CO<sub>2</sub> resulta más indicado si las emisiones están completamente dispersas, como en el transporte por carretera.

## 4. Referencias

BARKER, T. (1999), «Achieving a 10 per 100 cut in Europe's CO emissions using additional excise duties: coordinated, uncoordinated and unilateral action using the econometric model E3ME», *Economic System Research*, n.º 11 (4), págs. 401-421.

Commission of the European Communities (1998), «Energy policy options for responding to the climate change challenge: Towards the definition of a 'post-Kyoto energy policy strategy».

Figura 4. Análisis gráfico comparativo.





- CONRAD, K. y SCHMIDT, F. N. (1998), «Economic impacts of an uncoordinated versus a coordinated carbon dioxide policy in the European Union: an applied general equilibrium analysis», *Economic System Research*, n.º 10 (2), págs. 161-182.
- EEA (2005), «Climate Change and a European low-carbon energy system. EEA Report n.º 1/2005», Office for Official Publication of the European Communities, Luxembourg.
- HARGRAVE, T., HELME, N., KERR, S. y DEMME, T. (1999), «Defining Kyoto Protocol non-compliance. Procedures and Mechanisms». Centre for Clean Air Policy (CCAP). Washington D.C.
- HERNÁNDEZ, F. y DEL RÍO, P. (2007), *El Protocolo de Kyoto y su impacto en las empresas españolas*, CSIC, Madrid.
- IEA (1999), *Key World energy Statistics*, París.
- Ministerio de Industria y Energía (1983), «Manuales Técnicos y de Construcción para Conservación», Secretaría General de Energía, Madrid.
- PADILLA, E., y ROCA, J. (2006), «Efectos distributivos interterritoriales de las políticas ambientales: el caso de las propuestas de impuesto europeo sobre la energía y el CO<sub>2</sub>», *Cuadernos económicos de ICE*, n.º 71, págs. 221-249.
- WEYANT, J. P. y HILL, G. N. (1999), «Introduction and overview». En Weyant, J. P. (editor). *The Cost of the Kyoto Protocol: A multi-model evaluation*, Special Edition on Kyoto, *Energy Journal*.
- YAMIN, F. y LEFEVERE, F. (2000), «Designing Options for Implementing an Emissions Trading Regime for Greenhouse Gasses in the European Union», Foundation for International Environmental Law and Development (FIELD) Report.