

**INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA EL CONTROL DE FENÓMENOS DE
LLUVIA ACIDA: UNA ILUSTRACIÓN PARA EL CASO ESPAÑOL**

Xavier Labandeira Villot
Departamento de Economía Aplicada
Universidade de Vigo

Agradecimientos

Estoy muy agradecido a Alberto Gago, Daniel McCoy, David W. Pearce y Stephen Smith por sus valiosos comentarios sobre versiones anteriores, aunque todas las limitaciones y errores son de mi única responsabilidad. Estoy especialmente endeudado con David W. Pearce por haber hecho posible mi estancia en CSERGE-University College London.

Este artículo es resultado parcial del proyecto de investigación XUGA30002A95, financiado por la Consellería de Educación y Ordenación Universitaria de la Xunta de Galicia.

Sumario

La deposición de sustancias ácidas ha sido calificada como un problema ambiental de carácter regional cuyas principales causas se encuentran en la emisión de óxidos de azufre y nitrógeno durante procesos de combustión. En este artículo se consideran las propiedades de la imposición sobre emisiones de dióxido de azufre (SO₂) como instrumento para reducir los daños ambientales causados por fenómenos de acidificación. Como ilustración, se examinan los efectos de la aplicación de un hipotético 'impuesto sobre el azufre' para España.

Puesto que es posible observar la cantidad de dióxido de azufre que será emitida al quemar distintos tipos de combustibles fósiles, podremos equiparar un impuesto sobre emisiones a un impuesto más simple sobre producto acompañado de reducciones fiscales para los que usen tecnologías descontaminantes. La introducción de este último impuesto inducirá efectos importantes sobre la economía española, especialmente en el corto plazo. Dada la actual dependencia del sector eléctrico español de la utilización de centrales térmicas a carbón, el impuesto originará incrementos significativos en el precio de la electricidad. Los ingresos fiscales también serán significativos, aunque los beneficios ambientales serán probablemente menos relevantes: la mayoría de los suelos españoles son resistentes a deposiciones ácidas y la influencia de las emisiones españolas en el extranjero es bastante baja. En cualquier caso, el impuesto considerado va a posibilitar una mejor adaptación a los crecientes compromisos internacionales sobre reducción de emisiones de SO₂, con un movimiento más rápido y de forma más barata hacia la reestructuración del sector eléctrico español a centrales a carbón menos contaminantes, al cierre total de centrales a fuel-oil, y a nuevas capacidades productivas con una extensa introducción del gas natural.

Abstract

Acid deposition is widely recognized as a regional environmental problem, the chief causes of which are oxides of sulphur and nitrogen emitted during combustion of fossil fuels. In this paper we consider the relative usefulness of taxes on SO₂ emissions as instruments to reduce environmental damages caused by acid rain phenomena. As an illustration, we examine the likely effects of the application of a hypothetical Spanish sulphur tax.

Since it is possible to recognize the amount of sulphur dioxides which will be emitted in the combustion of different types of fossil fuels, a product tax accompanied by fiscal rebates for desulphurizing processes is used as a proxy of the genuine emissions tax. The introduction of such a tax is likely to have important effects on the Spanish economy, at least in the short term. Given the current reliance of the electricity sector on coal fired stations for its production, the tax will involve significant increases in the price of electricity. The sulphur tax revenues are likely to be considerable, although the induced environmental benefits will probably be not so relevant: most Spanish soils are resistant to acid depositions, and the influences of Spanish-induced depositions abroad are quite small. In any case, the sulphur tax will allow for a better adaptation to the growing international commitments on SO₂ emission reductions, with a faster and cheaper move towards the restructure of the Spanish electricity sector to less dirty coal fired stations, total closure of the fuel-oil fired plants, and new cleaner production capabilities with an extensive introduction of the natural gas.

1. Introducción

En las últimas décadas se ha suscitado un gran interés en el papel de los mecanismos de mercado para la conservación de la calidad ambiental. Hace casi setenta años, Pigou sugería que se deberían usar impuestos para internalizar los efectos negativos externos y empleaba la contaminación como un caso ilustrativo. Algunos años después, Dales defendía el establecimiento de mercados para permisos de contaminar. Posteriormente, ha habido una ampliación y profundización de estas y otras nuevas ideas para su implantación en las políticas ambientales. En general, los instrumentos de mercado se prefieren a las estrategias regulatorias tradicionales por sus propiedades en aras de una mayor eficiencia estática y dinámica (coste-efectividad y fomento del progreso tecnológico).

En este artículo se pretende estudiar la relevancia de la imposición ambiental para controlar los daños que surgen de los fenómenos de lluvia ácida, con una ilustración para el caso español. La lluvia ácida se origina por la transformación de los productos ácidos de la combustión, óxidos de azufre (principalmente SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y cloruro de hidrógeno (HCl). La deposición ácida puede caracterizarse como un problema ambiental regional (transfronterizo), donde es importante la localización de las fuentes contaminantes, y afecta a la vida animal y vegetal así como a construcciones humanas.

En nuestro análisis solo consideramos el uso de mecanismos fiscales para controlar las emisiones de uno de los contaminantes mencionados, SO₂, emitido por los productores de electricidad. Puesto que este contaminante contribuye en gran medida a la lluvia ácida, y las centrales térmicas generalmente causan una proporción significativa de las emisiones de SO₂, el procedimiento parece adecuado para enfrentarse a este problema ambiental. Al mismo tiempo, un impuesto sobre SO₂ es factible desde un punto de vista administrativo porque grava a un número limitado de agentes. Al evaluar los efectos asociados con la implantación de este impuesto, se discute su papel en la reducción de las externalidades negativas asociadas con las emisiones de azufre, así como el uso eficiente de sus ingresos fiscales.

La estructura del artículo es la siguiente. La sección 2 describe la naturaleza del problema ambiental. La sección 3 cubre las estrategias disponibles para enfrentarse al problema de la lluvia ácida, subrayando algunas de las respuestas teóricas y prácticas a éste. La sección 4 trata del diseño y efectos de un impuesto sobre el azufre para España. Finalmente, el último apartado resume las principales conclusiones del estudio.

2. La Lluvia Ácida como Externalidad

La lluvia ácida es el término general con el que se conoce la deposición de aquellos contaminantes atmosféricos de una naturaleza ácida o potencialmente ácida. Comprende la precipitación y otros medios de deposición que son más ácidos de un pH 5.0. La deposición seca lleva a un impacto del contaminante en el suelo, agua, estructuras humanas, o vegetación. La deposición húmeda se produce por la absorción del contaminante en gotas, seguida por su caída por precipitación en forma de lluvia, niebla o nieve. Los contaminantes dejan el medio aéreo por ambos procesos, aunque en climas húmedos la deposición dominante será húmeda.

Las emisiones de SO₂ pueden afectar a la salud humana, y parece demostrado que la lluvia ácida daña edificios y otros materiales a través de sus propiedades corrosivas, árboles y otras plantas por medio de daño a las hojas y reducción de crecimiento, y recursos acuáticos a través de la reducción de su capacidad para posibilitar la vida de muchas especies. Sin embargo, las consecuencias ecológicas y económicas de la lluvia ácida son bastante complejas y en muchos casos están sujetas a una considerable incertidumbre.

3. Afrontando los Problemas de la Lluvia Ácida

3.1 La Teoría

La lluvia ácida constituye un claro ejemplo de un problema ambiental transfronterizo, con amplias diferencias en las exportaciones e importaciones relativas de contaminantes entre países. La información procedente del Programa Europeo de Evaluación y Seguimiento (EMEP) muestra los considerables beneficios de una acción coordinada contra este problema: puesto que la ratio de las deposiciones totales europeas a las emisiones totales europeas es más grande que cualquier ratio nacional, los costes de obtener un determinado nivel de deposiciones serán significativamente más bajos cuando los países actúen conjuntamente. Por tanto, parece existir una fuerte razón para la cooperación internacional a la hora de afrontar esta cuestión. Sin embargo, también existen dificultades para conseguir una acción concertada porque los acuerdos internacionales pueden verse afectados, por ejemplo, por comportamientos estratégicos o falta de recursos económicos.

Respondan o no a un acuerdo internacional, serán los países individualmente los que tomen medidas para reducir sus emisiones. En el caso de las emisiones de azufre provenientes de la producción de electricidad, las reducciones pueden conseguirse a través de cambios estructurales en la composición del sector productivo (por ejemplo, sustituyendo centrales a carbón por centrales a gas natural), a través de la introducción de políticas de conservación de energía, o por una modificación de los procesos productivos en unidades contaminantes existentes. En este último caso, las alternativas son la sustitución de combustibles, la desulfurización de combustibles, las modificaciones en la combustión y el uso de métodos de limpieza de gases al final del proceso. En general, todas las estrategias mencionadas pueden ser fomentadas por la introducción de regulación de carácter convencional (alternativa 'mandato y control'), o persiguiendo la adaptación de los contaminadores por medio del uso de incentivos económicos ('instrumentos de mercado').

Los procedimientos de mandato y control establecen reglas de obligado cumplimiento que definen requisitos a cumplir en el nivel de emisiones, en las características de los productos o servicios finales producidos, y/o en los procesos técnicos de producción. Sin embargo, el uso de estos mecanismos puede llevar a resultados negativos porque las dificultades para obtener y procesar grandes cantidades de información inducen al regulador a establecer reglas uniformes que provocan desigualdades en los costes marginales de descontaminación para diferentes emisores (ineficiencia estática). Además, la mera existencia de un requerimiento fijo provoca ineficiencia dinámica porque los contaminadores no se sienten incentivados a buscar una reducción continua de emisiones, por tanto afectando al desarrollo tecnológico de procesos limpios. Es evidente que toda política ambiental solvente debería contemplar los problemas

precedentes. Sin embargo, la solución no es sencilla y probablemente implica la combinación de un número de instrumentos, incluyendo las propias regulaciones mandato y control.

Los argumentos que sustentan la aplicación de los llamados instrumentos de mercado pueden encontrarse en los procedimientos de primer óptimo para internalizar efectos externos (la solución Pigouviana). No obstante, dadas las grandes demandas de información y las considerables dificultades teóricas de las aproximaciones de primer óptimo, es generalizada la referencia a soluciones de segundo óptimo (Baumol y Oates, 1988)¹. Los mecanismos de mercado establecen un precio por la emisión de sustancias contaminantes a través del uso de impuestos directos o indirectos sobre emisiones², o con el diseño de mercados para permisos de contaminar. En ausencia de incertidumbre sobre las curvas de coste de descontaminar (Weitzman, 1974) y con una idéntica definición de los derechos de propiedad (Pezzey, 1992), los resultados de ambos mecanismos son perfectamente equivalentes.

Los impuestos ambientales y los mercados de derechos contaminantes han sido tradicionalmente tratados del modo más simple, sin tener en cuenta la dimensión espacial. Por tanto, son rasgos comunes un tipo único para los impuestos y una única tasa de intercambio (uno por uno) para los permisos comercializables. Al hacer esto, se evita la complejidad en el diseño y administración de los instrumentos de política, y simultáneamente se mejora la viabilidad de la modelización teórica. De hecho, algunos autores han sugerido que los instrumentos de mercado pueden no ser demasiado apropiados cuando las consideraciones espaciales son importantes (OCDE, 1993). Sin embargo, existe soporte teórico para el diseño de mecanismos incentivadores que se adapten a las características espaciales de muchos problemas ambientales. En el caso de los sistemas de permisos la solución puede tomar la forma de múltiples mercados simultáneos, y para los impuestos la prescripción Pigouviana puede ser conseguida considerando los coeficientes de dispersión a la hora de definir los tipos.

En todo caso, puede haber fuertes razones que sustenten el uso de instrumentos incentivadores 'simples'. En primer lugar, porque un tratamiento espacialmente diferenciado puede ser muy costoso para la agencia ambiental (compleja definición y seguimiento) y para los contaminadores. Además, es posible que los costes (económicos) de complicar los mecanismos con la introducción de la dimensión espacial sean mayores que los beneficios (ambientales) asociados con este proceso. Por último, la comparación de los costes que resultan del uso de instrumentos simples con los sistemas de mandato y control puede justificar la adopción de la primera aproximación, incluso en el caso de contaminantes con diferentes efectos espaciales. Las diferencias en costes entre los sistemas de mandato y control y los sistemas de incentivo 'simples' pueden descomponerse en el componente de igualdad marginal de costes, y el componente de grado de control de la contaminación requerido. El primero favorece las aproximaciones incentivadoras porque para cada grado de requerimiento de control lo conseguirían al mínimo coste. Sin embargo, el signo del segundo componente es ambiguo porque la distribución de las

¹La aproximación de segundo óptimo no pretende obtener el nivel óptimo de externalidades, sino que busca conseguir de forma eficiente un objetivo ambiental predeterminado.

² Los impuestos indirectos usan un sustituto de las emisiones para determinar sus bases imponibles (en general son impuestos sobre productos).

responsabilidades de control entre las unidades contaminadoras será diferente para cada sistema en una situación en la que la localización de los contaminadores es relevante (Tietenberg, 1995).

3.2. La Práctica

La estructura básica para la cooperación internacional en relación al problema de la lluvia ácida es la Convención sobre Contaminación Aérea Transfronteriza de Largo Alcance de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (UNECE Convention of Long-range Transboundary Air Pollution), adoptada en Ginebra el mes de noviembre de 1979 y en vigor desde marzo de 1983. Dentro de este esquema genérico se enmarcan los 'Protocolos del azufre'. El primer Protocolo³ requería a sus firmantes (veinte países, con la ausencia de algunos grandes emisores como el Reino Unido, Polonia o España) una reducción uniforme de sus emisiones de SO₂ en un 30% durante el período 1980-1993, que ha sido conseguida e incluso sobrepasada por la mayoría de los países europeos. El Protocolo actual⁴ utiliza una aproximación orientada a los efectos, basando la cantidad de reducción de emisiones en la susceptibilidad de los ecosistemas naturales a la deposición ácida. Los objetivos ambientales a largo plazo son extremadamente ambiciosos puesto que pretenden alcanzar las denominadas 'cargas críticas', esto es un daño ecológico nulo. Sin embargo dadas las dificultades técnicas y económicas para alcanzar estos objetivos en el corto plazo, el Protocolo fomenta un movimiento gradual hacia estos objetivos en el que la distancia entre las deposiciones de azufre en 1990 y el 5 percentil de las cargas críticas (protegiendo el 95% de los ecosistemas de una excesiva deposición de azufre) ha de ser reducida al menos en un 60%.

Ciertamente, estos compromisos internacionales de cara a una reducción de las emisiones y deposiciones de azufre demandan un desarrollo de estrategias tradicionales de control y una simultánea introducción de nuevos instrumentos que se enfrenten al problema. A continuación consideramos algunas de las aplicaciones prácticas de las alternativas mencionadas en la sección precedente.

Mandato y Control

Un breve análisis del principal instrumento de regulación usado por la Unión Europea (UE) para afrontar el problema de la acidificación, la Directiva de Grandes Instalaciones de Combustión (88/609/EC), puede servirnos para ilustrar la aplicación de las aproximaciones de mandato y control en esta área. Sigue el principio de prevención mediante el uso de la mejor tecnología disponible para evitar emisiones, así como la aceptación de niveles máximos de emisiones a nivel de la UE⁵. La directiva se refiere a plantas de combustión mayores de 50 MW, y consiste

³ Protocolo sobre Reducción de Emisiones de Azufre o sus Flujos Transfronterizos en al menos un 30 por ciento, adoptado en Helsinki en julio de 1985 y en vigor en septiembre de 1987.

⁴ Segundo Protocolo del Azufre, adoptado en Ginebra en junio de 1994.

⁵ Hay sólo una excepción a estos niveles comunes, precisamente para España: hasta finales de 1999 se pueden autorizar centrales térmicas de más de 500MW con menores requerimientos sobre los niveles de emisiones.

de dos elementos: (i) niveles de emisión para nuevas plantas, dependiendo de su tamaño, y (ii) techos de emisión que limitan la contaminación proveniente de plantas existentes a lo largo de tres fases (1993, 1998 y 2000). En general, cuanto mayor es el tamaño más rigurosos son los niveles de emisión permitidos. Si los niveles de emisión no pueden ser alcanzados, algo que puede ocurrir cuando se utilizan combustibles autóctonos de baja calidad, ha de conseguirse un grado de desulfurización mínimo. Es evidente que esta regulación uniforme y prefijada puede llevar a los fenómenos de ineficiencia estática y dinámica citados con anterioridad.

Instrumentos Económicos

La mayoría de las experiencias con los llamados mecanismos incentivos han tenido lugar en Europa. Se han utilizado impuestos para controlar las emisiones de azufre en casi todos los países escandinavos (OCDE, 1994), y los EEUU cuentan con un sistema de intercambio para los derechos de emisión de SO₂ desde comienzos de esta década (Rico, 1995). En este apartado nos concentramos en evaluar la experiencia sueca con la imposición sobre las emisiones de azufre por su relevancia dentro de la política ambiental, su incardinación con el proceso de reforma fiscal, y por las similitudes que presenta esta figura con el impuesto propuesto para España en la siguiente sección.

El impuesto sueco fue introducido en 1991. Grava cada 0,1% de azufre en peso de carbones y gasóleos utilizados para la generación de energía, con diferentes tipos impositivos para cada clase de combustible. La escasa información existente sobre los costes ambientales causados por los óxidos de azufre ha hecho que el tipo impositivo haya sido establecido considerando el premio pagado en el mercado por combustibles con menores niveles de azufre, así como los costes estimados de desulfurización del combustible en cuestión. El impuesto no sustituye a las regulaciones anteriores sino que las complementa con el objetivo de obtener resultados coste-eficientes. La recaudación fiscal no se encuentra afectada porque la imposición ambiental pretende compensar la caída en la recaudación causada por las recientes reformas en la imposición sobre la renta.

La administración del impuesto es bastante simple porque se utiliza el mismo aparato administrativo que gobierna los impuestos sobre energía y sobre emisiones de CO₂. Además las regulaciones existentes ya requerían la medición de los contenidos de azufre de los combustibles, por tanto no se introdujeron nuevas complejidades. De hecho se estima que los costes administrativos son probablemente menores del 1% de sus ingresos totales. Finalmente, el impuesto sobre el azufre parece haber influido considerablemente en los mercados, con reducciones considerables de los contenidos medios de azufre en diferentes combustibles, y mejora de la eficiencia en la descontaminación de la mayoría de centrales térmicas (Labandeira, 1994a).

Debemos concluir indicando que la práctica totalidad de los instrumentos incentivos que se han usado para controlar los problemas de la lluvia ácida presentan elevadas dosis de simplicidad y una ausencia de la variable espacial. La supuesta superioridad teórica de los instrumentos que incluyan la cuestión espacial no se ha materializado en la práctica, posiblemente por la ya citada complejidad implícita. La preferencia teórica a favor de los instrumentos incentivos sobre las regulaciones de mandato y control también parece haber sufrido un cierto revés, con solamente un número limitado de aplicaciones prácticas de impuestos y mercados. Hay múltiples razones

que explican el fenómeno anterior, principalmente las asunciones incorrectas de la teoría, que compara alternativas ideales a regulaciones desgastadas por la práctica y exagera la superioridad de los mecanismos incentivadores a partir de investigaciones empíricas imperfectas (Baumol, 1991). Además, las ventajas de utilizar regulaciones de mandato y control cuando nos enfrentamos a problemas ambientales con una dimensión espacial puede suministrar otra explicación del escaso uso de los mecanismos incentivadores.

4. Un Impuesto sobre el Azufre para España

4.1. Contexto

Puesto que el impuesto sobre el azufre propuesto busca una reducción de las deposiciones ácidas y está aplicado exclusivamente sobre algunas plantas productoras de electricidad parece necesario ofrecer una descripción general tanto del sector eléctrico español como de las características de las emisiones y deposiciones originadas en España.

El Sector Eléctrico Español

El sector eléctrico español ha experimentado cambios importantes en los últimos años. En primer lugar ha tenido que responder, como sus homónimos europeos, a la crisis del petróleo con un cambio en el uso de combustibles, favoreciendo los componentes nuclear, hidráulico y a carbón. Además, se ha enfrentado a una demanda exponencial causada por los extensos procesos de crecimiento económico de la economía española de finales de los ochenta. Finalmente, ha sufrido modificaciones estructurales e institucionales después de la nacionalización de la red de alta tensión (1984) y del establecimiento de Red Eléctrica de España, una sociedad controlada por el gobierno, en 1985. Red Eléctrica de España realiza una gestión integrada de las unidades de generación, ejecutando un proceso simultáneo de minimización de costes conjuntos y decidiendo quién oferta electricidad en cada momento. Además es responsable de la red de distribución y de los intercambios internacionales de electricidad.

Los precios de la electricidad han estado tradicionalmente regulados en España. Desde 1988 existe un nuevo sistema para la determinación de estos precios denominado 'Marco Legal y Estable' (RD 1538/1987), que señala que el precio medio pagado por la electricidad debe permitir a los productores cubrir sus 'costes de servicio'. Estos costes (generalmente estandarizados) incluyen costes fijos de generación, costes de operación y mantenimiento, costes de combustibles, costes de distribución, etc. Cada año el gobierno debe establecer los precios de la electricidad para conseguir la igualización de los costes totales de servicio con los ingresos obtenidos por las ventas de electricidad. De hecho, el proceso de optimización centralizado, el alto grado de integración entre los productores, y los costes de los combustibles como uno de los determinantes de la fijación de precios, hacen factible un cálculo simplificado de los cambios en precios después de la introducción de un impuesto sobre el azufre en el sector eléctrico.

A continuación suministramos algunos datos sobre la situación presente y tendencias futuras del sector eléctrico español en el cuadro 1. Esta información ha sido obtenida del Plan Energético Nacional 1991-2000, PEN-91 (Ministerio de Industria, 1991), aunque la no consideración de la reciente crisis económica indudablemente hará que muchas de las previsiones sean erróneas. De

fijarnos en el lado de la oferta existen algunas tendencias interesantes que deben subrayarse: el incremento en la demanda es satisfecho aunque con importantes modificaciones en la estructura interna de la oferta. Así, los componentes nuclear e hidráulico observan una caída en términos relativos después de la estabilización de su producción en torno a los 46,000 y 32,000 Gwh respectivamente. Las razones son diversas: en el caso de la energía nuclear se encuentran en la moratoria que existe desde 1984, mientras que las capacidades hidráulicas parecen estar cerca del estado de desarrollo máximo. Las consecuencias son claras, con el exceso de demanda a ser cubierto por centrales térmicas a carbón y por la irrupción de centrales a gas natural hacia finales del milenio. Como intentamos demostrar en las siguientes secciones, la introducción de un impuesto sobre el azufre va a reforzar fuertemente esas tendencias apuntadas.

(Cuadro 1, aquí)

Emisiones y Depositiones de Azufre en España

España es uno de los mayores emisores europeos de dióxido de azufre. Esto no es sorprendente dada la elevada dependencia del sector eléctrico español en el uso de centrales térmicas a carbón. Sin embargo, ha habido una reducción significativa de dichas emisiones desde 1980 (en torno a un 30%). Estas reducciones han sido conseguidas por el endurecimiento regulatorio, especialmente después de la entrada de España en la Comunidad Europea. Las reducciones se han obtenido fundamentalmente por medio de cambios de combustible (de los carbones sulfurados nacionales a otros importados) y, en menor medida, con la instalación de mecanismos de desulfurización. De hecho, el declive moderado de las emisiones de SO₂ ha permitido que España cumpla con los requisitos del primer Protocolo del azufre a pesar de no haberlo firmado en su momento. El cuadro 2 contiene alguna información sobre las tendencias y estructura de las emisiones españolas desde 1980 al año 2000 de acuerdo con el PEN-91. La reducción más importante de emisiones ha tenido lugar en los ochenta, predominantemente ocasionada por el sector energético.

(Cuadro 2, aquí)

Tabla 2. Relevancia en términos absolutos y relativos (.) de las deposiciones inducidas por las emisiones españolas de SO₂ para 1994, en toneladas

PAÍS	Depositiones desde España (A%)	Depositiones totales (B%)
ALEMANIA	9.400 (9,6)	759.100 (1,24)
ESPAÑA	202.400 (207,4)	265.900 (76,1)
FRANCIA	46.900 (48,0)	337.200 (13,9)
ITALIA	5.800 (5,9)	293.600 (2,0)
PORTUGAL	11.800 (12,1)	36.000 (32,8)

Fuente: Elaboración propia con datos del EMEP (Barret y otros, 1995)

A%: Porcentaje de las deposiciones inducidas por España en dicho país sobre el total de las deposiciones identificadas españolas en el extranjero (excluyendo mares y océanos).

B%: Porcentaje de las deposiciones inducidas por España sobre el total de las deposiciones recibidas por el país.

La tabla 2 resume los efectos de las emisiones españolas de SO₂, mostrando los resultados para los países más afectados. Los números son claros indicando los efectos relativamente pequeños de las emisiones españolas en otras zonas de Europa, y únicamente puede decirse que Portugal y Francia sufren una externalidad significativa por causa de las actividades españolas. En esencia, las condiciones meteorológicas y geográficas hacen que España no exporte grandes cantidades de sus emisiones (solo algo menos del 20% de las deposiciones totales causadas por las emisiones españolas se materializan sobre el territorio de otros países), aunque tampoco importa demasiada contaminación (en torno al 75% de las deposiciones en España tienen un origen español). Al mismo tiempo, los problemas de acidificación tienden a ser menos sustanciales en muchas regiones españolas que en la mayoría del continente debido a los efectos neutralizadores de la deposición de cationes de base, principalmente el llamado polvo sahariano. No obstante, se considera que el norte del país sufre fenómenos de lluvia ácida porque existen numerosas centrales térmicas a lignito y tanto suelos como clima se aproximan más a las características del norte europeo.

Resumiendo, aunque los efectos nacionales e internacionales de las emisiones españolas de SO₂ parecen comparativamente limitados, pueden existir razones para la introducción de un impuesto sobre el azufre. En primer lugar, algunas áreas del norte español son susceptibles a los efectos de la lluvia ácida, por lo que cualquier medida que fomente un mayor control debe ser bienvenida. Por otro lado España ha firmado el segundo Protocolo del azufre, y el mecanismo fiscal puede constituir un método coste-efectivo para alcanzar sus ambiciosos objetivos.

4.2. Diseño y Puesta en Práctica

El diseño de un impuesto ambiental contra la acidificación debe considerar la existencia de varias posibilidades, cada una con ventajas y desventajas. Así, podríamos definir un impuesto sobre emisiones cuya base imponible fuese la cantidad de SO₂ emitido a la atmósfera, o un impuesto sobre producto cuya base imponible fuese la cantidad de combustibles fósiles utilizados para producir electricidad. Los impuestos sobre producto son fácilmente gestionables por la administración tributaria pero generan algunos inconvenientes cuando existen tecnologías de limpieza de final de proceso (mecanismos desulfurizadores en nuestro caso), ya que suministran una mala aproximación a los daños ambientales reales. Los impuestos sobre emisiones son presumiblemente la mejor solución, aunque generalmente requieren altos costes de administración y control. En esencia adoptaremos una solución simple e intermedia, utilizando un impuesto sobre producto como un sustituto de un impuesto sobre emisiones genuino⁶. Esta propiedad es bastante potente e interesante, y proporciona amplios ahorros en costes de administración y seguimiento, de hecho otra razón para elegir la imposición sobre las

⁶ Sin embargo, para aproximar este impuesto sobre producto a un impuesto sobre emisiones (indirectamente estimado) debemos considerar la posible utilización de mecanismos anticontaminantes. Esto podría hacerse a través de la concesión de reducciones fiscales variables a todos aquellos contaminadores con algún tipo de desulfurización de final de proceso.

emisiones de SO₂ como método para combatir fenómenos de acidificación⁷. Por simplicidad este impuesto será aplicado exclusivamente sobre fuel-oil y carbones utilizados por las centrales térmicas.

Para completar el diseño impositivo es necesario discutir el establecimiento del tipo del impuesto. Existen de nuevo dos posibilidades: tipos uniformes en todo el país, o tipos diferenciados geográficamente. Cada opción muestra el mejor funcionamiento en cada uno de las vertientes del 'trade-off' entre viabilidad administrativa y ambiental. Sin embargo, siguiendo las conclusiones apuntadas en la sección 3.1, evitaremos estructuras ambientales complejas con el uso de un tipo uniforme sobre las emisiones estimadas de SO₂.

El cálculo del tipo de este hipotético impuesto sobre el azufre se basa en los costes medios unitarios de las emisiones de SO₂ calculados por Pearce (1994) para el Reino Unido. El tipo se obtiene de la estimación de los daños asociados con las emisiones de SO₂ a la salud humana (mortalidad), a los bosques y a los edificios. No se incluyen otros costes de estas emisiones como la acidificación de aguas dulces, los efectos negativos sobre la biodiversidad o los daños a la vegetación. Después de considerar la diferente relación entre emisiones y deposiciones para el caso español, los costes unitarios medios asociados con las emisiones de un kilogramo de SO₂ se indican en la tabla 3.

Tabla 3. Valoración de los efectos económicos de la emisión de un kilogramo de dióxido de azufre desde España (pesetas)

Daños a la salud humana	4,0
Daños a superficies forestales	40,0
Daños a edificaciones y otras estructuras humanas	44,2
<u>Totales</u>	<u>88,2</u>

Fuente: Cálculos propios a partir de Pearce (1994) y Elvingson (1993)

Es evidente que aparecen varios problemas serios por el uso de este procedimiento para estimar el tipo impositivo del impuesto español sobre el azufre. En primer lugar, la eliminación del componente espacial por la utilización de valores medios distorsiona considerablemente la naturaleza del problema ambiental que nos ocupa. En segundo lugar, la extrapolación a partir de datos británicos puede introducir algunas inexactitudes por las diferencias existentes entre España y el Reino Unido en cuestiones como renta per cápita, demografía o usos de la tierra. Finalmente, existe una consideración implícita de daños ambientales constantes, una asunción muy fuerte. Sin embargo, a pesar de las limitaciones previas, hemos decidido seguir adelante con la extrapolación por la no disponibilidad de datos para España y dada la necesidad de tener una base no discrecional para el establecimiento de un tipo impositivo compatible con ciertas

⁷ En particular las emisiones de NO_x no pueden ser extrapoladas con anterioridad y necesitan amplios esfuerzos de seguimiento que podrían afectar a la propia viabilidad del impuesto.

dosis de simplicidad. En cualquier caso consideramos que el nivel sugerido de daños debería entenderse como el máximo esperable de las emisiones españolas de SO₂⁸.

Como se muestra en el cuadro 3, los atributos del impuesto ambiental propuesto para España son bastante similares a los del impuesto sueco considerado en la sección 3.2. Las mayores diferencias aparecen por la definición más extensiva del impuesto sueco y por los procesos de cálculo del tipo impositivo. Por tanto, puede haber ya una primera indicación sobre la efectividad ambiental del impuesto español.

Cuadro 3. Principales características del impuesto sobre las emisiones de SO₂ propuesto para España

Naturaleza: impuesto estimado indirectamente sobre las emisiones de SO₂

Base Imponible: consumo de combustibles fósiles (carbones y fuel-oil)

Tipo Impositivo: uniforme en todo el país, aunque se aplican distintos tipos a los diferentes combustibles de acuerdo con sus contenidos en azufre (v. tabla 6)

Sujetos Pasivos: entidades que usen carbón y fuel-oil para producir electricidad

Devoluciones: solo cuando el contaminador demuestre el uso de algún proceso de desulfurización. La devolución será igual (en %) a las actividades de desulfurización (en %)

Ingresos: no afectados

Administración: Agencia Estatal de Administración Tributaria

4.3. Efectos del Impuesto

Los cálculos de los efectos de la introducción en 1995 de un impuesto sobre las emisiones de SO₂ provenientes del sector eléctrico español comprenden los siguientes pasos:

(i) Obtención de la demanda de electricidad a partir del PEN-91 y extrapolación de la composición de este sector productor para 1995.

(ii) Estimación de las emisiones de SO₂ de los sectores a carbón y a fuel-oil, asumiendo que la producción de electricidad a partir de lignito y antracita se mantiene constante en términos absolutos con respecto a 1990 (PEN-83). Por tanto, se considera que los requerimientos extra de producción se cubren con el uso de carbones menos sucios, españoles o importados.

⁸ Se observan dos tendencias: por un lado la no inclusión de algunos de los daños causados por las deposiciones ácidas podría infraestimar los valores reales, aunque por otro lado la resistencia del medio natural español a estas deposiciones podría causar una sobreestimación de los valores reales.

(iii) Determinación del tipo impositivo para cada uno de los combustibles a partir de los daños medios causados por las emisiones de azufre y de datos sobre emisiones y consumo de combustibles fósiles.

(iv) Estimación de los ingresos totales que se obtendrían de este impuesto sin una modificación de demanda en el corto plazo. Asumiendo que el impuesto es totalmente transferible a los consumidores, se calcula el incremento en el precio de la electricidad a partir de datos de demanda y de ingresos fiscales.

El cuadro 4 y las tablas 4, 5 y 6 muestran los principales resultados de dichos procesos de cálculo.

Cuadro 4. Ingresos tributarios totales en España (1994) y la recaudación del impuesto sobre el azufre. Millones de pesetas.

Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas	4.899.088
Impuesto sobre Sociedades	1.088.766
Total Impuestos Directos	6.016.588
% Ingresos Tributarios Totales	53,2
% Producto Interior Bruto	9,3
Impuesto sobre el Valor Añadido	3.196.103
Total Impuestos Indirectos	5.151.247
% Ingresos Tributarios Totales	45,5
% Producto Interior Bruto	7,9
Ingresos del Impuesto sobre el azufre (1995)	160.856
% Ingresos Tributarios Totales (1994)	1,4
% Producto Interior Bruto (1994)	0,25

Fuente: Cálculos previos, AEAT (1995) y Banco de España (1995)

Tabla 4. Producción de electricidad por los sectores emisores de azufre (1995)

Combustible	1000 toneladas SO₂	1000 TEP	Gwh
Lignito	21.000	4.200	16.800
Antracita	6.000	3.000	11.760
Carbón blando	16.852		33.705
Total carbones			62.265
Fuel oil	1.695		6.783

TEP: Toneladas equivalentes de petróleo, Gwh: Gigawatios hora

Fuente: Cálculos propios a partir de PEN-83 y PEN-91

Tabla 5. Toneladas de SO₂ emitidas (1995)

Carbón blando	320.188
Lignito	1.276.800
Antracita	114.000
Fuel oil	112.767
<u>Total</u>	<u>1.823.755</u>

Fuente: Cálculos propios a partir de la tabla 4 y de World Council of Energy (1992)

Tabla 6. Tipos impositivos para diferentes combustibles (pesetas por tonelada)

Lignito	5.363
Antracita/carbón blando	838
Fuel oil	5.968

Fuente: Cálculos propios a partir de tablas 3, 4 y 5

¿Cuál es el conjunto de efectos económicos y ambientales originados por la implantación del impuesto sobre SO₂? Comenzamos asumiendo implícitamente que cualquier reducción de emisiones mejora la eficiencia porque reduce la cantidad de externalidades negativas asociadas con las emisiones de SO₂⁹. Sin embargo, el concepto de eficiencia económica es muy amplio y por ello se deben estudiar algunas de las consecuencias económicas de la introducción del impuesto (incremento en los costes de producción de electricidad, efectos sobre la competitividad internacional, uso de nuevos ingresos públicos, etc.).

En primer lugar debemos destacar las limitaciones que aparecen en nuestro proceso de cálculo de los efectos del impuesto sobre el azufre. En esencia, han sido ocasionadas por la falta de información sobre los costes de producción de las unidades generadoras de electricidad. Por tanto, no ha sido posible modelizar el funcionamiento real del sector, y los efectos del impuesto sobre las emisiones de SO₂ no han sido evaluados correctamente. La utilización de un programa de simulación que determinase los cambios en la estructura del sector productivo sería un procedimiento sólido e instructivo para definir los efectos sobre emisiones y costes originados por el impuesto sobre el azufre (ver por ejemplo London Economics, 1992).

La introducción del impuesto ambiental incrementa los costes de producción de ciertos productores, modificando su posición relativa a la hora de suministrar electricidad al mercado. Sin embargo, los tipos requeridos para que se produzcan cambios en dicha posición van a ser elevados, y con una demanda fija que debe ser cubierta con una capacidad limitada de generación los cambios tenderán a ser bastante pequeños al menos en el corto plazo. Por ello, la alternativa utilizada en este artículo es mucho más simple y parte de presupuestos cualitativos sobre el comportamiento del sector eléctrico español. Consideramos que esta simplificación permite obtener algunos resultados interesantes sobre los efectos a corto plazo de la imposición

⁹ Para una interesante discusión teórica de este asunto puede verse Baumol y Oates, 1988, cap. 7.

sobre las emisiones de SO₂, y una indicación de las tendencias inducidas sobre la evolución del sector eléctrico español.

El impuesto propuesto para España implica algunas pérdidas de eficiencia cuando se compara a su homónimo sobre emisiones: por un lado estima la cantidad de emisiones a partir de datos sobre el consumo de combustibles sólidos y, por otro, no pretende una diferenciación espacial. Sin embargo, sus ventajas son numerosas: reduce costes porque utiliza sistemas de administración y seguimiento ya existentes¹⁰, y simplifica el diseño y puesta en práctica del impuesto. Al mismo tiempo, la relación entre el consumo de combustibles y las emisiones de SO₂ es bastante estable y fiable. Consecuentemente, si por eficiencia entendemos el fomento de mejoras ambientales a costes moderados, hay razones para suponer que el impuesto sobre el azufre diseñado puede ser más eficiente en la realidad que la mayoría de las otras alternativas discutidas.

La reducción de emisiones conseguida con el impuesto será probablemente relevante. Puesto que los precios se elevarán de forma considerable por el traslado a los consumidores del nuevo gravamen, el sector eléctrico tenderá a reaccionar para evitar caídas de demanda¹¹. La mayoría de los daños ambientales con origen español tienen su principal causa en las emisiones causadas por la combustión del lignito. Dado que estas emisiones están muy localizadas en tres centrales (As Pontes, Meirama, Teruel), el impuesto recaerá especialmente sobre estas unidades que se verán especialmente potenciadas a introducir mecanismos desulfurizadores y a reducir el uso de los lignitos en favor de otros combustibles más limpios.

Como se ha recogido en la sección 3.2, la efectividad en la reducción de emisiones puede no conllevar beneficios ambientales comparables. Nótese que el impuesto será establecido sobre todas las unidades generadoras que emitan SO₂, no solo sobre aquellas que contribuyen primordialmente a los daños. En este sentido, parte de los costes incurridos con la introducción del impuesto pueden no estar justificados. Sin embargo, estas conclusiones pierden consistencia cuando nos planteamos obtener un resultado ambiental determinado, ya que los instrumentos de mercado son la opción preferida en términos de costes. También cuando se incorporan otros beneficios que surgen con la introducción del impuesto sobre las emisiones de SO₂ porque se fomentarían reducciones en las emisiones de otras sustancias no deseadas como el dióxido de carbono o las partículas¹². Ciertamente, unos precios más altos de la electricidad también reducirán la demanda y emisiones asociadas a ella, promoviendo ahorros y medidas de eficiencia por parte de los consumidores.

¹⁰ En el primer caso porque utiliza mecanismos equivalentes a los de los impuestos existentes sobre productos. Además, los sistemas de seguimiento ambiental proporcionan información sobre calidades del combustible y la utilización de sistemas de desulfurización.

¹¹ No hay estimaciones fiables de las elasticidades precio de las demandas industrial y residencial de electricidad para el caso español. Sin embargo, estudios empíricos realizados en otros países postulan una escasa sensibilidad a los cambios de precios de la electricidad en el corto plazo, y de fuertes procesos de adaptación en el largo plazo.

¹² El dióxido de carbono es un gas de efecto invernadero que contribuye a los procesos de calentamiento global. Las partículas (solas o combinadas con otros contaminantes) es probable que produzcan efectos negativos sobre la salud humana.

Existe otro efecto de la imposición ambiental sobre la eficiencia que debe ser considerado. Oates (1991) ha argumentado que estas figuras pueden producir beneficios extra por la reducción del coste de financiación de los gastos públicos. Los impuestos ambientales proporcionan ingresos fiscales que pueden sustituir los conseguidos por otros tributos más distorsionantes. Así, estos impuestos causarían un 'doble dividendo' porque conseguirían una internalización parcial de las externalidades y una reducción simultánea de los excesos de gravamen ocasionados. Sin embargo, Bovenberg y De Mooij (1994) han demostrado que el argumento previo podría ser inexacto porque ignora que los impuestos ambientales pueden exacerbar los excesos de gravamen previos.

Esta reciente aportación usa una metodología de equilibrio general que pone de manifiesto la relación entre todas las variables económicas y, en este sentido, supera el optimismo que caracterizaba los análisis parciales precedentes. Parece claro que los impuestos ambientales también van a afectar a múltiples mercados, introduciendo también distorsiones en la economía. Sin embargo, la magnitud de la distorsión es probable que sea comparativamente más baja que la creada por otros impuestos tradicionales¹³. En todo caso, hay que indicar el consenso generalizado sobre la existencia de un cierto doble dividendo por el uso de la recaudación, teniendo en cuenta que la sustitución impositiva siempre será la mejor opción una vez decidida la implantación de la imposición ambiental.

El cuadro 4 suministra información sobre la estructura actual del sistema fiscal español, y de los ingresos que produciría el hipotético impuesto sobre las emisiones de SO₂. Puede observarse que el volumen de ingresos suministrados por el impuesto ambiental es indicativo de la importancia que esta figura puede jugar en el conjunto del sistema fiscal. Podría sustituir hasta un 3,5% de los ingresos procedentes de la distorsionante imposición personal sobre la renta, e incluso podría usarse para reducir el perenne déficit del sector público español. Sin embargo, el éxito ambiental del impuesto sobre el azufre va a privar al sistema fiscal de unas aportaciones estables y continuas de ingresos. Puesto que el impuesto inducirá el cambio de combustibles y la introducción de procesos desulfurizadores (intermedios y finales), la capacidad recaudatoria se verá comprometida en el medio y largo plazos. Este fenómeno es consistente con el comportamiento observado del impuesto sueco sobre el azufre, donde los ingresos iniciales se han visto severamente reducidos en el tiempo. Como corolario, la fiabilidad recaudatoria fiscal y la presencia de un 'doble dividendo' parecen tener una validez limitada cuando valoramos los impuestos ambientales diseñados con propósitos de incentivación.

¹³ Ballard, Shoven y Whalley (1985) estimaron que para la economía estadounidense el exceso de gravamen marginal de los impuestos sobre la renta podría aproximarse al 30% de los ingresos fiscales obtenidos. No hay estudios similares para la economía española, aunque las pérdidas de eficiencia señaladas para los EEUU pueden ser extrapolables. En particular, los EEUU no se caracterizan por una presión fiscal demasiado elevada y en España se ha producido una fuerte tendencia al alza de esta variable desde principios de los años ochenta.

5. Conclusiones

En este artículo hemos discutido la relevancia de los impuestos sobre el azufre como instrumentos para reducir las deposiciones ácidas originadas por las actividades del sector eléctrico. Hemos revisado las ventajas teóricas del uso de mecanismos incentivadores en las políticas ambientales, acentuando sus propiedades de mejora de la eficiencia tanto desde un punto de vista estático como dinámico. Sin embargo, hemos confirmado la importancia de las alternativas de mandato y control en la práctica, y las dificultades para diseñar instrumentos económicos cuando nos enfrentamos a problemas ambientales en los que el componente geográfico es importante. Hemos usado experiencias con regulaciones de mandato y control e instrumentos de mercado para ilustrar los puntos previos.

Una simulación simple de la introducción de un impuesto sobre el azufre que afecte al sector eléctrico español ofrece resultados útiles. El tributo fue concebido como un impuesto sobre producto con la introducción de un descuento variable para considerar el uso de procesos de desulfurización. Sus efectos se han demostrado importantes: incrementos significativos en el precio de la electricidad y grandes ingresos fiscales. Parece claro que el hipotético impuesto español sobre las emisiones de SO₂ provocaría una acentuación de los cambios ya adelantados en la estructura de la generación eléctrica española, con una disipación rápida en el largo plazo de tanto los ingresos fiscales como de los movimientos de precios. Por último, los beneficios ambientales asociados a la introducción del impuesto son relevantes, aunque algo limitados por las características geográficas y climáticas españolas.

En cualquier caso, existen razones que justificarían la introducción de un impuesto de estas características. En primer lugar, sus efectos neutrales en el largo plazo. En segundo lugar, su contribución al cumplimiento de modo coste-eficiente con las estrictas regulaciones ambientales ya introducidas por la Unión Europea. Además, el impuesto permitiría una transición suave hacia la configuración del sector eléctrico español prevista para comienzos del próximo siglo. Por último, se potenciarían los esfuerzos para cumplir con el segundo Protocolo del azufre, recientemente firmado por España, y se garantizaría una mayor protección a los suelos y bosques del norte del país, ya afectados por fenómenos de incipiente acidificación.

Referencias bibliográficas

- [1] AEAT (1995): *Informe Anual de Recaudación Tributaria. Año 1994*. Agencia Estatal de Administración Tributaria, Ministerio de Economía y Hacienda, Madrid.
- [2] AMANN, M. y KORNAI, G. (1987): "Cost Functions for Controlling SO₂ Emissions in Europe", *IIASA Working Paper No. 87-065*, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg.
- [3] BANCO DE ESPAÑA (1995): *Boletín Estadístico*, septiembre.
- [4] BALLARD, C., SHOVEN, J. y WHALLEY, J. (1985): "General Equilibrium Computations of the Marginal Welfare Costs of Taxes in the United States", *American Economic Review*, número 75, páginas 128-138.
- [5] BAUMOL, W. (1991): "Toward Enhancement of the Contribution of Theory to Environmental Policy", *Environmental and Resource Economics*, número 1, páginas 333-352.
- [6] BAUMOL, W. y OATES, W.E. (1988): *The Theory of Environmental Policy*, Cambridge University Press, Cambridge.
- [7] BARRET, K. y otros (1995): *European Transboundary Acidifying Air Pollution. Ten Years Calculated Fields and Budgets to the End of the First Sulphur Protocol*, EMEP/MSC-W Report 1/95, Oslo
- [8] BENNETT, G. (1991): *Air Pollution Control in the European Community. Implementation of the EC Directives in the Twelve Member States*, Graham and Trotman, Londres.
- [9] BOHM, P. y RUSSELL, C. (1985): "Comparative Analysis of Alternative Policy Instruments", en Kneese, A. y Sweeney, J. (eds.) *Handbook of Natural Resource and Energy Economics I*, North Holland, Amsterdam.
- [10] BOVENBERG, A. y DE MOOIJ, R. (1994): "Environmental Levies and Distortionary Taxation", *American Economic Review*, número 94, páginas 1085-1089.
- [11] CONSEJO MUNDIAL DE LA ENERGÍA (1992): *Estudios de recursos de la Energía*, Oxford.
- [12] ELVINGSON, P. (1993): "EMEP Report", *Acid News*, número 5, páginas 16-17.
- [13] HAHN, R. y HESTER, G. (1989): "Marketable Permits: Lessons from Theory and Practice", *Ecology Law Quarterly*, número 16, páginas 361-406.
- [14] JOHNSON, P., MCKAY, S. y SMITH, S. (1990): "The Distributional Consequences of Environmental taxes", *IFS Commentary*, número 23.

- [15] KLASSEN, G. (1993): "Trade-Offs in Emission Trading", *Environmental and Resource Economics*, número 2, páginas 191-219.
- [16] LABANDEIRA, X. (1994a): "The Sulphur Tax in Sweden" en Smith, S (ed.) *Ex-ante and Ex-post Evaluation of Economic Instruments for Environmental Policies*, informe presentado a la OCDE, París.
- [17] ----- (1994b): "The Emission Trading System for Sulphur Dioxide Emissions in the United States of America" en Smith, S (ed.) *Ex-ante and Ex-post Evaluation of Economic Instruments for Environmental Policies*, informe presentado a la OCDE, París.
- [18] ----- (1996): "Economic Instruments and the Control of Acid Rain. An Illustration for Spain", *CSERGE Working Paper*, University College London.
- [19] LABANDEIRA, X. y GAGO, A. (1993): "Mecanismos Fiscales para la Protección del Medio Ambiente. Diseño y Experiencias", *Jornadas sobre Economía, Imposición y Medio Ambiente*, Asociación Galega de Economía Pública.
- [20] LONDON ECONOMICS (1992): *The Potential Role of Market Mechanisms in the Control of Acid Rain*, Department of the Environment Environmental Economics Research Series, HMSO, London.
- [21] LÖVGREN, K. (1993): "Economic Instruments for Air Pollution Control in Sweden", *International Conference on Economic Instruments for Air Pollution Control*, IIASA, Laxenburg.
- [22] MASON, B.J. (1992). *Acid Rain. Its Causes and Effects on Inland Waters*, Clarendon Press, Oxford.
- [23] MINISTERIO DE INDUSTRIA (1984): *Plan Energético Nacional 1983-1992*, Servicio de Publicaciones, Madrid.
- [24] ----- (1991): *Plan Energético Nacional 1991-2000*, Secretaría General de la Energía y los Recursos Minerales, Madrid.
- [25] NEWBERY, D. (1990): "Acid Rain", *Economic Policy*, octubre, páginas 298-346.
- [26] OATES, W. E. (1991): "Pollution Charges as a Source of Public Revenues", *Working Paper 91-22*, Department of Economics, University of Maryland.
- [27] OCDE (1989): *Economic Instruments for Environmental Protection*, París.
- [28] ----- (1993): *Taxation and the Environment. Complementary Policies*, París.
- [29] ----- (1994): *Managing the Environment. The Role of Economic Instruments*, París.

- [30] PEARCE, D.W. (1994): "Costing the Environmental Damage from Energy Production", *Royal Society Discussion Meeting on Technology in the Third Millennium: Energy*, London.
- [31] PEARSON, M. y SMITH, S. (1991): *The European Carbon tax: an Assessment of the European Commission's Proposals*, The Institute for Fiscal Studies, London.
- [32] PEZZEY, J. (1992): "The Symmetry between Controlling Pollution by Price and Controlling it by Quantity", *Canadian Journal of Economics*, número 25, páginas 983-991.
- [33] RICO, R. (1995): "The U.S. Allowance Trading System for Sulfur Dioxide: An Update on Market Experience", *Environmental and Resource Economics*, número 5, páginas 115-129.
- [34] RODRÍGUEZ, L. y CASTRO, F. (1995): "Aspectos Económicos de la Configuración del Sector Eléctrico en España: ¿Una Falsa Competencia Referencial?", *Cuadernos Económicos del ICE*, número 2, páginas 161-183.
- [35] SÁNCHEZ, P. (1993): "La Eficiencia del Sector Eléctrico Español: 1979-1991", *Documento de Trabajo 9309*, CEMFI, Madrid.
- [36] SMITH, S. (1992): "Taxation and the Environment: a Survey", *Fiscal Studies*, número 4, páginas 21-57.
- [37] TIETENBERG, T.H. (1995): "Economic Instruments for Pollution Control when Emission Location Matters: What have We Learned?", *Environmental and Resource Economics*, número 5, páginas 95-113.
- [38] UNECE (1993): "The State of Transboundary Air Pollution 1992 Update", *Air Pollution Studies*, número 9, Ginebra.
- [39] UNESA (1992): *Consumos de Combustibles en las Centrales Termoeléctricas*, Dirección General Técnica, Madrid.
- [40] ----- (1993): *Memoria Estadística Eléctrica 1992*, Madrid.
- [41] WEITZMAN, M.L. (1974): "Prices vs Quantities", *Review of Economic Studies*, número 41, páginas 477-492.