

Impuestos pigouvianos vs. suplementos ambientales.
Análisis teórico y simulación para el sector eléctrico español

José María Elena Izquierdo (jomarel@usal.es)

Fernando Rodríguez López (frodri@usal.es)

María José Sánchez García (mariasan@usal.es)



Universidad de Salamanca

Octubre de 2002

Introducción

Un conocido resultado de teoría económica sugiere la intervención de los poderes públicos cuando ésta es necesaria para evitar la ineficiencia producida por los fallos de mercado, incluyendo entre éstos los efectos externos debidos a la contaminación ambiental. La bibliografía propone varios métodos para realizar esta tarea, entre los que cabe destacar por su adaptación al sistema de mercado la alteración de los precios relativos de las mercancías contaminantes mediante impuestos *pigouvianos*, en una cuantía que internalice el coste externo que genera su producción o su consumo.

El método es sencillo desde un punto de vista conceptual, en cuanto que su objetivo es el de restaurar las condiciones necesarias para que el mecanismo de mercado llegue a soluciones asignativas eficientes. A pesar de ello, no es frecuente encontrar en España instrumentos de intervención vía precio diseñados con este fin. Ello puede deberse a la baja sensibilidad ambiental de la sociedad española y a la impopularidad de las medidas en forma de cargas, que puede dar lugar a que el legislador prefiera desarrollar intervenciones vía cantidad en las que el coste para el consumidor final es menos aparente –aunque igualmente real–. En cualquier caso este argumento no debe considerarse como un impedimento para la utilización de instrumentos vía precio, sobre todo en un contexto como el actual, en el que el cumplimiento de los compromisos del Protocolo de Kioto –ratificado por España y el resto de los estados de la Unión Europea en junio de 2002– puede requerir la adopción de nuevas medidas que incentiven bien la reducción en la intensidad de uso de la energía o bien la sustitución de fuentes energéticas contaminantes por otras menos contaminantes.

El análisis desarrollado en este trabajo sugiere la utilización de instrumentos vía precio para internalizar parte de los costes externos asociados a la generación de energía eléctrica, y estudia los efectos de realizar dicha internalización bien aplicando impuestos *pigouvianos* o bien mediante “suplementos ambientales” que alteren los precios ofertados por los generadores de electricidad en el *pool* eléctrico español. La estructura del trabajo es la siguiente: en primer lugar se analizan los fundamentos teóricos de la utilización de instrumentos vía precio como medio de internalización de externalidades. En segundo lugar, se describen las características y el funcionamiento del *pool* eléctrico español. En tercer lugar se discute sobre la idoneidad de utilizar los resultados del programa ExternE de la Comisión Europea como fuente de información para la valoración de los costes medioambientales asociados a la producción de energía eléctrica. Por último, se presentan los resultados de un

modelo de simulación basado en la integración de los datos reales del *pool* eléctrico español con impuestos y suplementos calculados a partir de los costes externos valorados por ExternE. El trabajo termina con una revisión de las potencialidades de este tipo de sistemas y propuestas para profundizar en la investigación.

1. Impuestos *pigouvianos* y suplementos ambientales como vía de internalización de externalidades

El planteamiento teórico básico que sugiere la internalización de externalidades mediante instrumentos de precio es sobradamente conocido en la teoría económica. El argumento esencial parte de la base de que el resultado del primer teorema fundamental del bienestar, es decir, la eficiencia de los equilibrios competitivos, es válido únicamente en el caso de mercados universales. La ausencia de mercados producida por las externalidades invalida la previsión de eficiencia y, por consiguiente, impide una de las condiciones necesarias para la maximización del bienestar social. En estas circunstancias puede considerarse justificada la intervención de los poderes públicos para restaurar la eficiencia, bien mediante la implementación de soluciones *coasianas* cuando éstas son posibles o bien mediante la aplicación de impuestos *pigouvianos* y estándares eficientes.¹

Los suplementos ambientales (*environmental adders*) pueden considerarse como una variación de los impuestos *pigouvianos*.² Al igual que éstos, los suplementos alteran los precios relativos de las mercancías al internalizar los efectos externos que generan, sirviendo así como señal al mercado del coste social real de una determinada mercancía. Sin embargo, al contrario que en los instrumentos citados, la aplicación de suplementos no conlleva una carga real para los agentes que participan en el mercado, para quienes el precio de intercambio de la mercancía se fija en el coste marginal privado de producción. Obsérvese que, en definitiva, resulta irrelevante para la eficiencia del resultado –salvo quizá desde la óptica de las teorías del doble dividendo– que el precio que se paga en el mercado incluya o no una carga que internalice la externalidad, *siempre que* la disposición a pagar que manifiestan los agentes sea mayor o igual que el coste marginal social. En este sentido, la función de los suplementos es simplemente la de hacer explícitas las externalidades inicialmente ocultas y permitir así la obtención de los precios sombra que llevarían a la

¹ El planteamiento teórico completo puede revisarse en numerosas obras de la literatura económica. Probablemente uno de los más completos es el de Cornes y Sandler (1996).

² Véase Burtraw y otros (1995) y Harrison y Nichols (1996).

consecución de equilibrios eficientes, mientras que los impuestos *pigouvianos* van un poco más allá al requerir que los agentes utilicen realmente dichos precios.

Es preciso destacar, por las razones anteriores, que los suplementos no son instrumentos válidos para todas las situaciones de mercado, ya que no en todos los casos es posible trasladar al mercado la señal requerida vía precio sin aplicar una carga que deban asumir los agentes implicados. No parece muy sensato, por ejemplo, instruir a los conductores de automóviles del coste externo generado por cada litro de gasolina que consumen en la esperanza de que reducirán su demanda hasta el punto en el que su disposición a pagar sea igual o superior al precio incrementado en el coste externo marginal. De hecho, únicamente parece adecuado confiar en este tipo de instrumentos en los casos en que exista una institución encargada de valorar decisiones de inversión o de asignación de cuotas de producción tomando en consideración las diferentes posibilidades o las ofertas presentadas por distintos agentes. La función de tal institución sería la de evaluar y comparar las alternativas disponibles, valoradas no por su coste privado sino por el coste social incluyendo los suplementos apropiados, aunque el precio de intercambio de la mercancía correspondiente no sería otro que su coste marginal privado.

La configuración actual del sector eléctrico español se adapta al marco preciso para la aplicación de suplementos. Por una parte, los agentes generadores de electricidad utilizan sistemas diversos que producen en mayor o menor medida efectos externos ambientales en forma de residuos, daños directos y disminución de la calidad de vida. Cabe añadir que estos efectos externos no están internalizados en la actualidad en los precios de la energía eléctrica. Por otra parte, como se expondrá inmediatamente con mayor detalle, la forma mediante la que estos agentes venden en el mercado la electricidad que producen es a través de un sistema tipo *pool*, al que presentan ofertas de venta con la producción que estarían dispuestos a aportar para distintos posibles precios de mercado que supuestamente cubran su coste marginal privado. El Operador del Mercado Eléctrico –OMEL– proporciona el marco de mercado adecuado para casar demandas y ofertas de electricidad, y en su labor podría considerar suplementos ambientales y actuar así como la institución evaluadora antes mencionada. Obviamente, la aplicación de impuestos *pigouvianos* es igualmente posible, siempre que se decida por las Administraciones Públicas con competencia para ello.

2. El funcionamiento del mercado de electricidad en España

El RD 2019/1997 de 26 de diciembre por el que se organiza y regula el mercado de producción de energía eléctrica desarrolla la Ley 54/1997 del Sector Eléctrico en lo referente a la creación y puesta en marcha de un mercado de electricidad al por mayor en nuestro país, en el que tanto oferentes –generadores– como demandantes –inicialmente distribuidores y, paulatinamente cada vez más, consumidores cualificados y comercializadores– interactúan realizando ofertas de venta y de compra de energía eléctrica respectivamente. Siguiendo la pauta iniciada previamente en otros países –Chile ya en los años 80 del siglo pasado y posteriormente en la primera mitad de la década de los 90 Inglaterra y Gales, Argentina, Noruega, y algunos estados australianos– y en parte gracias a los cambios tecnológicos en el sector de generación eléctrica que rompen la supuesta condición de “monopolio natural” que se daba en dicha actividad, España se adhiere a la tendencia liberalizadora en el sector eléctrico y trata de introducir las bondades de la competencia en la compra-venta de energía eléctrica³.

La configuración de un mercado eléctrico es una tarea compleja debido a la naturaleza física del producto comercializado que impone una serie de restricciones al sistema y que hace imprescindible la labor de coordinación de las decisiones basadas en aspectos económicos –casación de ofertas de precios y cantidades de las unidades de compra y venta de energía– y las decisiones basadas en consideraciones técnicas de viabilidad y seguridad del sistema. Esta importante coordinación se produce en nuestro país entre la sociedad Operadora del Mercado Eléctrico –OMEL– y la sociedad Operadora del Sistema –Red Eléctrica de España, o REE–. En el caso español, de manera similar a otros países, el mercado mayorista de generación eléctrica consta de varios mercados secuenciales regulados por ambas entidades de manera coordinada⁴.

OMEL se encarga de la recepción de las ofertas de venta y compra de electricidad por parte de los agentes que operan en el mercado. En una primera fase no es precisa la intervención del operador del sistema y la gestión realizada es básicamente de tipo económico aunque incluye también consideraciones técnicas de viabilidad del sistema. En un estadio posterior se necesita una mayor coordinación entre OMEL y REE al acercarse

³ El transporte y la distribución siguen manteniéndose como actividades reguladas por el Estado.

⁴ La normativa que regula el funcionamiento de este mercado son las Reglas de Funcionamiento del Mercado de Producción de Energía Eléctrica aprobadas por Resolución de 5 de abril de 2001 (B.O.E. 20/04/2001) y que modifican las aprobadas el 15 de febrero de 1999.

progresivamente la transacción al momento real de transmisión de energía y ser necesario incorporar una gestión de restricciones técnicas y gestionar los posibles desvíos que garanticen el equilibrio en la red.

El *mercado diario* es el primer mercado en entrar en funcionamiento y en él se realizan la mayoría de las transacciones. En 2001, 177.363 GWh, un 88% del total, se comerciaron en el mercado diario, y más del 90% del precio horario final corresponde al precio de este mercado. La importancia mayor de este mercado justifica, a nuestro modo de ver, el hecho de que centremos nuestro análisis de simulación posterior en datos del mercado diario. Pueden actuar como agentes del mercado diario los productores, comercializadores de electricidad, los consumidores cualificados, los agentes externos (compañías eléctricas o consumidores de otros países) y los distribuidores. Excepto estos últimos, el resto puede celebrar *contratos bilaterales físicos al margen del mercado organizado*⁵. En el mercado diario los agentes presentan ofertas de compra y venta de energía eléctrica para el día siguiente. Ambas clases de ofertas pueden realizarse incorporando hasta 25 tramos por hora y cada uno incluirá la cantidad de energía ofertada y el precio dispuesto a pagar –en las ofertas de compra– o la compensación requerida por esa cantidad –en las ofertas de producción–, ordenados de modo decreciente respecto al precio en las primeras y creciente en las segundas.

OMEL ordena todas las ofertas de venta de energía en orden creciente respecto al precio y construye así la *curva de oferta de producción*, y las ofertas de adquisición en orden decreciente para construir la *curva de demanda del mercado diario*. Una vez recibidas las ofertas de compra y de venta de energía, OMEL pone en marcha un algoritmo de casación a modo de subasta⁶ y define el precio marginal del sistema como el ofertado por la última unidad de generación necesaria para atender la demanda del periodo horario correspondiente. El mercado eléctrico español se aproxima al modelo teórico de subasta uniforme de primer precio puesto que *todas* las unidades de producción que hayan entrado en la casación reciben el precio marginal del sistema que es el mismo precio que han de pagar todas las unidades de adquisición.

⁵ El Real Decreto 841/2002 del 2 de septiembre, permite a los comercializadores realizar contratos bilaterales con agentes externos y con productores acogidos al régimen especial.

⁶ Debido a las características técnicas de la generación eléctrica (límites de rampa, mínimos técnicos, costes de arranque y de acoplamiento, etc.) la subasta de energía ha de tener en cuenta el acoplamiento temporal que se produce en varios periodos de programación. Por este motivo el mecanismo real de casación en el mercado diario es de tipo semi-complejo a medio camino entre una casación compleja a modo de programación horaria con métodos de optimización clásicos y una subasta simple de múltiples unidades.

Con el objetivo de mejorar la eficiencia técnica y económica del sistema y ayudar a los agentes que en él operan a reajustar sus decisiones de compra y venta de energía eléctrica se han creado una serie de mercados sucesivos que, con distintos horizontes temporales, dan continuidad al sistema en su conjunto. Estos mercados tienen sistemas de casación similares, y son el *mercado de servicios complementarios* –que da lugar al *programa diario viable*– y el *mercado intradiario* –organizado en 6 sesiones y que da lugar al *programa horario final* para cada periodo horario–. El precio final horario del mercado de producción publicado por OMEL incluye el precio marginal del mercado diario, el precio de casación del mercado intradiario, los costes o ingresos procedentes de las operaciones de restricciones técnicas –servicios complementarios y gestión de desvíos–, los ajustes derivados de los contratos internacionales suscritos por REE y el ingreso o coste por la garantía de potencia. Como se mencionó anteriormente, estos mercados no serán replicados en la presente simulación, que se limitará a los resultados del mercado diario. Implícitamente, ello implica que tampoco se tendrá en cuenta la producción de unidades en régimen especial, es decir, las instalaciones abastecidas por determinados recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración, ya que hasta ahora no ofrecían su producción de energía eléctrica en el mercado diario. Esta situación ha cambiado en septiembre de 2002,⁷ aunque lamentablemente OMEL no hará pública la información correspondiente al comportamiento de mercado de estas unidades hasta enero de 2003 y ello impide que se consideren en este trabajo.

3. Una breve descripción del programa ExternE

En 1991 la Comisión Europea, en colaboración con el Departamento de Energía de EEUU, puso en marcha un proyecto con el objetivo de impulsar un programa científico que permitiera identificar y evaluar económicamente los efectos negativos que se generan en la producción de electricidad, con el objetivo de informar a las políticas públicas de intervención en el sector. Posteriormente esta iniciativa fue consolidada en el ámbito europeo, en el marco del programa JOULE II, en un proyecto denominado ExternE, en el que se perfeccionaron los

⁷ La Ley 54/1997 permite a los productores de energía eléctrica en régimen especial optar por ofertar su energía excedentaria en el mercado de electricidad o bien por ceder su energía directamente a la red, con un sistema de incentivos y primas establecido en el R. D. 2818/1998. En grandes líneas, y tras las modificaciones realizadas a la normativa del sector eléctrico mediante el R. D. 6/2000 y el reciente R.D. 841/2002 del pasado mes de septiembre, las unidades de régimen especial con potencia instalada mayor de 50 MWh quedan obligadas a presentar ofertas de venta de electricidad en el mercado mayorista –con excepción de los posibles contratos bilaterales realizados con comercializadores o consumidores cualificados– y recibirán por ella el precio marginal del sistema en cada periodo horario en caso de ser llamadas a despacho –bien en el mercado diario, el intradiario o en el de servicios complementarios– más las primas e incentivos incluidos en el R.D. 2818/98.

fundamentos teóricos y las directrices metodológicas, que fueron aplicados subsecuentemente a la evaluación de una serie de fuentes de producción de electricidad en la Unión Europea. Los informes técnicos y los resultados correspondientes se publicaron en 1995. Entre 1996 y 1997 el ExternE continuó como parte del programa JOULE III.⁸

A grandes rasgos, la metodología utilizada en el proyecto implica un recorrido por todas las fases de desarrollo del ciclo energético objeto del análisis, con la consideración de los efectos de la incorporación de una central de unas determinadas características en un lugar concreto. El método empleado podría ser definido como inductivo, o “de abajo a arriba” en una traducción literal del término empleado en el proyecto. El análisis correspondiente a cada fuente comienza, por lo tanto, con la definición de los límites temporales y espaciales, lo que supone la identificación de las fases en que se desarrolla el ciclo de producción de energía de la fuente objeto del estudio y la selección del lugar de referencia en que se halla una central específica, así como de la tecnología utilizada en la misma. Quizá lo más destacado de este tipo de aproximación sea su carácter exhaustivo, que supone la consideración de los efectos de un determinado ciclo energético tanto en las fases operacionales de las centrales de producción como en las no operacionales.⁹ Este hecho se traduce, con las especificidades correspondientes a cada fuente, en la atención prestada a las consecuencias que se derivan desde el momento de extracción de los materiales necesarios para la construcción de las centrales hasta el momento en que, potencialmente, cesan su actividad (con la consideración, en su caso, de los efectos irreversibles). Obviamente, el número de efectos que pudiera identificarse en cada caso es muy elevado, lo que exige la realización de una prelación en los mismos que implica que no sean evaluados aquellos cuya magnitud pudiera considerarse insignificante, por ejemplo por operar en un ámbito local. Los siguientes estadios del análisis comprenden la descripción exhaustiva de los impactos y la definición de su trayectoria en cada una de las fases del ciclo, estableciendo una jerarquía en función de la potencial magnitud del efecto y, por último, la cuantificación y evaluación económica de los mismos. Aunque el grupo más importante de impactos evaluados se refieren a externalidades medioambientales, como el efecto en el calentamiento global derivado de las emisiones que se producen en diferentes fases del ciclo, también se han introducido otras de diferente

⁸ Los informes correspondientes a la descripción de la metodología seguida y las aplicaciones posteriores se encuentran en EC (1995a), EC (1995b), EC (1995c), EC (1995d) y EC (1995e). Los informes en los que se recoge el planteamiento metodológico del ExternE son CE (1995b) y la revisión posterior, CE (1997)

⁹ El ExternE aplica una disciplina denominada Análisis del Ciclo Energético (Fuel Cycle Analysis) similar al Análisis de la Vida del Ciclo (Life Cycle Analysis), muy utilizado en diversas disciplinas medioambientales, que se basa en el cálculo exhaustivo de todos los flujos materiales y energéticos asociados a un proceso.

naturaleza, siguiendo el enfoque exhaustivo al que nos hemos referido anteriormente, como por ejemplo a la consideración de los posibles accidentes que pudieran producirse en una o varias de las fases.

Como ha sido señalado, el objetivo principal de los diferentes estudios es la valoración monetaria de los efectos externos identificados en las fases del ciclo, de tal forma que sea posible cuantificar el daño total causado para establecer la magnitud correspondiente a los costes reales del proceso de producción. Este resultado es necesario para informar en el diseño de políticas de intervención en el sector, como la aplicación de las medidas correctoras que sugerimos aquí. El procedimiento para obtener estos valores monetarios no siempre es directo, ya que entre los receptores de los efectos que se identifican en el desarrollo de cada uno de los ciclos energéticos existen algunos que se pueden integrar en la categoría de bienes intangibles, es decir, que no se comercian en mercados y que carecen, por lo tanto, de un precio, pero que tienen un valor positivo para la sociedad. La cuantificación monetaria de estos efectos es el objeto de los diferentes métodos de valoración económica del medioambiente.¹⁰

Los valores monetarios obtenidos dependen de una serie de decisiones que son adoptadas de forma secuencial a lo largo del estudio, y que con frecuencia no son evidentes por la particular naturaleza de algunos de los efectos que se consideran. Existe un conjunto importante de causas de incertidumbre que se originan no sólo por los condicionantes estadísticos presentes en cualquier estudio científico a partir de observaciones de la realidad o por la elección de los modelos utilizados y las asunciones técnicas realizadas, sino también por la falta de seguridad acerca del futuro y por la necesidad de integrar una cierta perspectiva ética en la consideración de determinados efectos. En ciertos casos es posible minimizar el efecto de la incertidumbre en los resultados, a través de procedimientos estadísticos y de la elección fundamentada de los modelos evaluación medioambiental. Por ejemplo, en los primeros informes del ExternE, para la valoración económica de la mortalidad y de la morbilidad causadas por la contaminación se aplicó la aproximación del Valor de la Vida Estadística (VVE),¹¹ que en los estudios más recientes se ha cuestionado por no tener en consideración la edad en el momento de fallecer o el número de años que se pierden por causa

¹⁰ Para una información detallada de estos métodos y de sus limitaciones existen excelentes textos de economía medioambiental o de valoración económica medioambiental, como por ejemplo, Azqueta (1994).

¹¹ El VVE hace referencia al análisis del valor de un cambio en la probabilidad de muerte de un colectivo determinado, con el objeto de facilitar el establecimiento de compensaciones, especificado en el momento de realización de los primeros informes del ExternE en 3 MECU.

de la contaminación, por lo que se ha recomendado la aplicación del concepto de Años de Vida Perdida (AVP), que conduce a estimaciones de menor cuantía en la valoración de los daños. Por el contrario, en otros supuestos no es posible inferir cuál es la mejor opción sin asumir una determinada perspectiva ética. En estos casos en la presentación de los resultados se ofrecen diferentes valoraciones de los efectos en función de las distintas posibilidades que pudieran plantearse. Por ejemplo, la valoración del efecto del calentamiento global, tanto en las fases operacionales como en las no operacionales, se presenta calculado para diferentes tasas de descuento. La elección de una determinada tasa de descuento supone un determinado juicio ético acerca de la consideración de futuras generaciones, por lo que en el proyecto se facilitan las valoraciones correspondientes a diferentes perspectivas sociales. Similarmente, en el caso de la energía nuclear se presentan dos posibilidades de descuento de los efectos sobre la salud. Las estimaciones correspondientes se expresan en términos de milésimas de ECU por kilovatio-hora producido así como en ECUS por tonelada de contaminante generado en el proceso.

En el cálculo de los suplementos que hemos aplicado en este trabajo hemos utilizado como referencia los valores correspondientes a la evaluación de las externalidades en nuestro país según el informe CIEMAT (1997), en el que se recoge la aplicación en España de la metodología impulsada en el ExternE como parte del programa de implementación de la última fase del proyecto europeo. Como hemos indicado la valoración económica de las diferentes externalidades identificadas en cada una de las fases del ciclo de las fuentes estudiadas se presentan calculadas para diferentes supuestos: según la valoración de los efectos de la mortalidad y la morbilidad según las perspectivas VVE y AVP y según la valoración del efecto del calentamiento global por emisiones contaminantes aplicando cuatro tipos de descuento. Para el cálculo de los suplementos hemos seguido una posición un tanto conservadora, por lo que los suplementos que se han aplicado corresponden a los valores calculados por la vía de AVP y la tasa de descuento del 3%, la segunda más alta de las calculadas, recomendada por el ExternE como base por suponer una tasa de crecimiento sostenible y una tasa aceptable de preferencia temporal. Cuando ha sido necesario el dato correspondiente a otros países, por ejemplo en el caso de importación de electricidad, se ha aplicado un suplemento correspondiente a la media ponderada –por fuentes de generación de electricidad– de los valores asignados a los daños en aquellos países de la UE en los que la fuente en cuestión había sido analizada. Asimismo, en el supuesto de la energía nuclear, en el que no contamos con datos en nuestro país, se ha tomado el valor correspondiente a la media

de los países en que dicha fuente fue estudiada. La varianza en los datos referentes a distintos países no es demasiado alta, lo que permite tener una cierta confianza en tales estimaciones medias.

4. Simulación de la aplicación de impuestos pigouvianos y suplementos ambientales en el sector eléctrico español

Disponemos ya de los elementos necesarios para preguntarnos qué efecto podría tener sobre el precio y la demanda de electricidad en España la aplicación de impuestos y suplementos ambientales del tipo descrito en estas páginas. Para ello desarrollamos un programa informático de simulación, el programa MESSI –*Mercado Eléctrico Simulado con Suplementos e Impuestos*–, que identifica de forma análoga a como hace continuamente OMEL, las demandas y ofertas de electricidad que encontrarían contrapartida en el mercado a partir de los datos aportados al *pool* por los generadores, los comercializadores y los agentes externos, aunque incorporando en cada propuesta de oferta el coste externo ambiental correspondiente al sistema de generación utilizado. El proceso de simulación se recoge de forma simplificada en el cuadro 1.

Aplicamos el programa MESSI sobre datos del *pool* de electricidad español proporcionados por OMEL en 20 fechas elegidas aleatoriamente desde mayo de 2001 hasta junio de 2002, considerando en la simulación como impuestos o suplementos ambientales los valores que se recogen en la tabla 1, expresados para cada fuente de generación que participa activamente en el mercado español de acuerdo con los resultados del programa ExternE. El sistema virtual constituido de esta forma supone, en definitiva, una representación de un mercado de compraventa de energía eléctrica que contempla todos los costes sociales de producción, y no sólo los costes privados.

La oferta relevante se obtiene en nuestra simulación como ordenación creciente de los costes sociales marginales,¹² mientras que la demanda se forma como ordenación decreciente de las disponibilidades a pagar por la energía eléctrica. Obsérvese que el planteamiento es equivalente desde el punto de vista asignativo tanto si la internalización de los efectos externos se produce mediante un impuesto *pigouviano* como si se realiza con un suplemento, si bien el resultado será diferente desde el punto de vista distributivo.

¹² De esta forma, la solución local coincide con la solución eficiente global y se garantiza la unicidad de los posibles equilibrios.

Cuadro 1

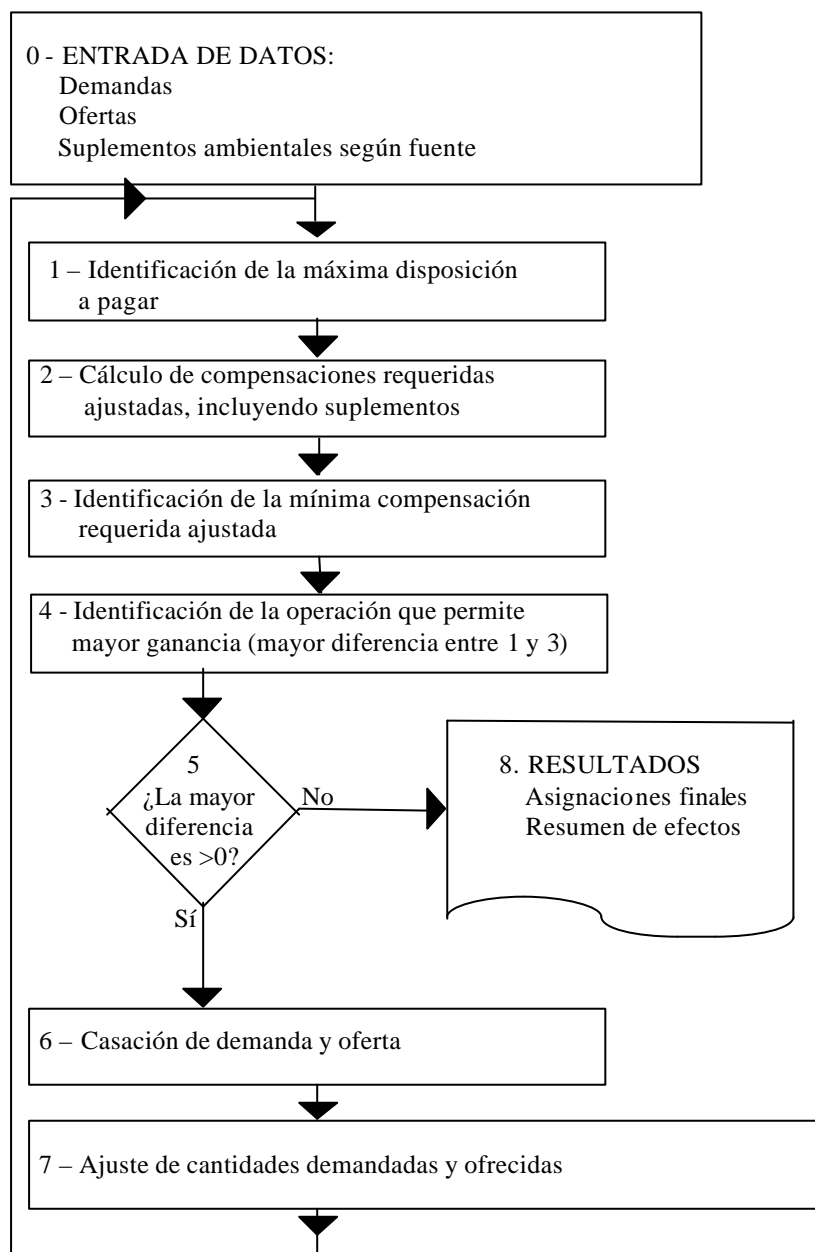


Tabla 1 – Efectos externos considerados en la simulación

Centrales térmicas	4.780
Centrales hidroeléctricas	0.028
Centrales nucleares	0.440
Importación de Francia	1.055
<i>Fuente: elaboración propia a partir de datos del programa ExternE. Unidades: cent. € por kWh</i>	

Los resultados generales de la simulación coinciden, con carácter general, con las previsiones de la economía ambiental: la internalización del coste externo conduce a una menor producción de energía eléctrica contaminante y a un aumento del peso de las energías renovables. Sin embargo, este “ajuste” no afecta a todas las fuentes de obtención de la energía eléctrica, ni siquiera marginalmente; por ejemplo, la generación de energía eléctrica procedente de la energía nuclear y la importación de electricidad de Francia no varían, y ello a pesar de los nuevos precios resultantes tras la inclusión de impuestos o de suplementos. De hecho, la consideración en la simulación de los efectos externos ambientales únicamente hace variar las cantidades generadas por centrales térmicas e hidroeléctricas, reduciéndose la primera un 25’6% y aumentando la segunda un 86’3% en promedio. Los resultados son muy diversos para las distintas horas del día, como se puede comprobar en la tabla 2.

TABLA 2 – Producción por hora de las centrales térmicas e hidroeléctricas internalizando los efectos externos ambientales						
HORA	CENTRALES TÉRMICAS			CENTRALES HIDROELÉCTRICAS		
	SIN INTERN.	CON INTERN.	% VAR.	SIN INTERN.	CON INTERN.	% VAR.
1	10.390,8	7.551,8	-28,3%	1663,1	4043,6	167,0%
2	9.727,8	6.354,1	-35,7%	982,6	3711,8	327,5%
3	9.065,8	5.461,4	-41,1%	819,9	3349,6	388,5%
4	8.693,4	5.010,8	-43,7%	796,7	3202,9	371,1%
5	8.477,3	4.712,1	-45,9%	788,6	3113,6	357,0%
6	8.439,3	4.656,1	-46,2%	790,1	3133,5	356,5%
7	9.055,7	5.461,4	-41,0%	865,5	3366,9	330,1%
8	9.741,4	6.649,8	-33,9%	1354,0	3539,4	195,1%
9	10.050,4	7.488,4	-28,3%	1958,8	3721,2	116,5%
10	10.480,5	8.186,2	-24,1%	2591,1	4257,4	109,8%
11	10.945,7	8.767,4	-21,5%	3190,4	4783,9	62,3%
12	11.106,0	9.006,0	-20,3%	3573,4	5161,4	59,2%
13	11.174,4	9.100,8	-19,8%	3593,2	5226,2	61,8%
14	11.101,4	8.954,1	-20,5%	3276,7	4968,6	71,6%
15	10.875,3	8.567,6	-22,6%	2561,5	4390,6	127,1%
16	10.852,4	8.557,9	-22,3%	2487,2	4218,8	128,4%
17	10.856,7	8.625,9	-21,6%	2619,2	4264,9	126,4%
18	10.939,6	8.747,6	-21,1%	2808,3	4472,1	118,1%
19	11.089,7	8.964,1	-20,4%	3050,5	4728,7	89,5%
20	11.136,0	9.110,6	-19,8%	3248,4	4886,3	57,4%
21	11.132,4	9.047,7	-20,5%	3231,9	4919,6	59,7%
22	11.230,9	9.168,7	-19,6%	3370,3	5021,1	53,4%
23	11.172,0	8.669,8	-23,4%	2855,7	4881,9	84,8%
24	10.769,1	8.040,1	-27,2%	2163,2	4424,6	115,7%
TOTAL	248.503,9	184.860,3	-25,6%	54.640,2	101.788,7	86,3%

Fuente: elaboración propia a partir de resultados del programa MESSI. Datos medios para 20 fechas elegidas aleatoriamente desde mayo de 2001 hasta junio de 2002. Unidades: MWh.

Los resultados mostrados en la tabla 2 indican que el exceso de uso de las centrales térmicas frente a las hidroeléctricas –respecto de la asignación eficiente que tiene en cuenta los costes externos ambientales– es especialmente significativo durante la noche. Incluso teniendo en cuenta las salvedades propias de un estudio preliminar como éste –por ejemplo, habría que tener en cuenta la mayor demanda de energía que realizarían las unidades hidroeléctricas para bombear agua a los embalses y poder reutilizarla– sorprende la magnitud de varias de estas cifras.

Los resultados de la simulación también muestran que la internalización del coste externo induciría una reducción media en el consumo de energía eléctrica del 3'4%. Por horas, como se puede comprobar en la tabla 3, la reducción del consumo también resulta mayor durante la noche.

TABLA 3 - Producción de energía eléctrica por hora internalizando los efectos externos ambientales			
HORA	SIN INTERN.	CON INTERN.	% VAR.
1	19.931,9	19.462,5	-2,4%
2	18.596,9	17.958,6	-3,4%
3	17.760,4	16.709,4	-5,8%
4	17.348,5	16.075,1	-7,1%
5	17.124,0	15.683,7	-8,2%
6	17.104,6	15.664,9	-8,2%
7	17.807,0	16.720,7	-6,1%
8	19.011,0	18.073,3	-5,3%
9	19.915,5	19.090,0	-4,6%
10	20.905,3	20.277,5	-3,4%
11	21.965,9	21.381,1	-3,0%
12	22.505,4	21.991,8	-2,5%
13	22.588,4	22.147,7	-2,1%
14	22.234,0	21.778,6	-2,1%
15	21.292,8	20.814,0	-2,3%
16	21.194,7	20.631,8	-2,8%
17	21.330,5	20.745,4	-2,9%
18	21.609,8	21.081,6	-2,6%
19	22.004,7	21.557,3	-2,1%
20	22.249,2	21.863,3	-1,8%
21	22.232,8	21.832,6	-1,8%
22	22.469,8	22.055,3	-1,9%
23	21.895,1	21.419,1	-2,2%
24	20.800,4	20.329,5	-2,3%
TOTAL	491.878,6	475.344,8	-3,4%
<i>Fuente: elaboración propia a partir de resultados del programa MESSI. Unidades: MWh.</i>			

Obsérvese que la energía procedente de las centrales térmicas e hidroeléctricas supone aproximadamente un 60% del total asignado en el mercado diario en España, correspondiendo el resto a energía nuclear (35%) y a importación (5%). Esta información, junto con otros datos contenidos en las tablas anteriores, se presenta resumida a continuación en los gráficos 1 y 2.

Gráfico 1 – Estructura del consumo de electricidad sin impuestos ni suplementos

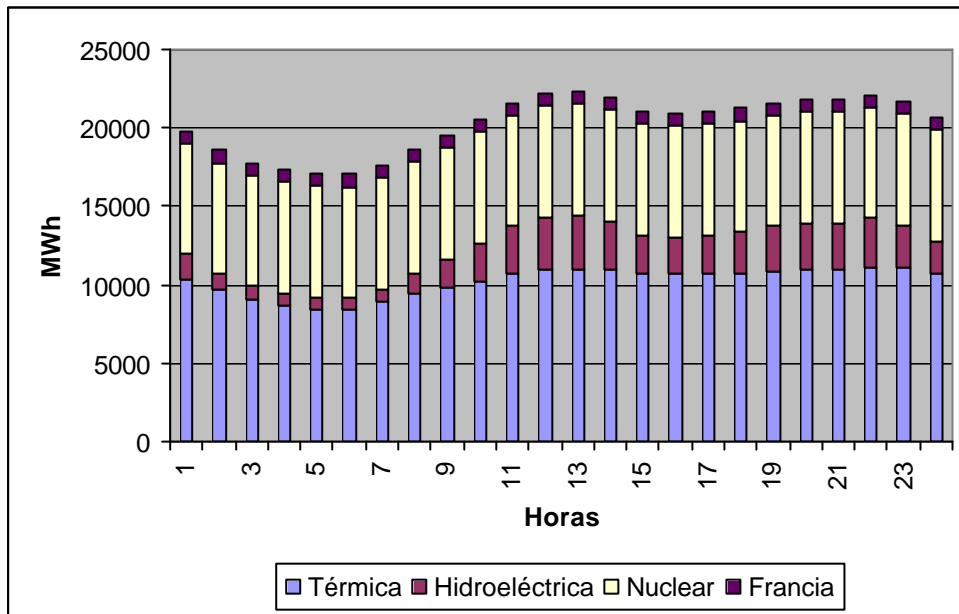
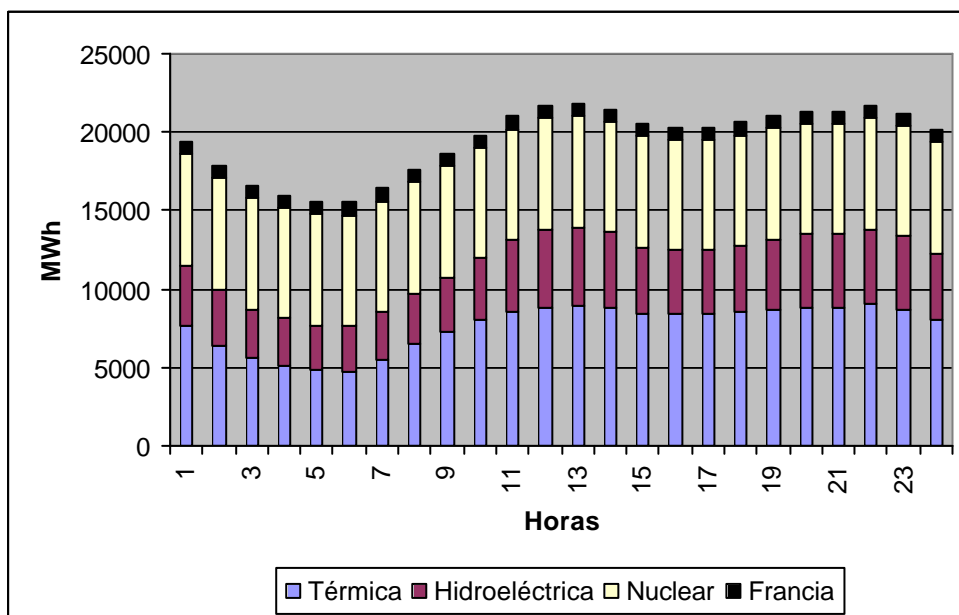


Gráfico 2 – Estructura del consumo de electricidad con impuestos o suplementos



El análisis de la evolución de los precios de la energía eléctrica tras la internalización del efecto externo merece una explicación más detallada. Como se ha expuesto anteriormente, una de las características de un sistema de suplementos es que permite reducir la carga de la internalización que recae sobre los demandantes, ya que el sistema puede diseñarse de forma que éstos paguen únicamente el coste marginal privado declarado como compensación requerida por los productores en el equilibrio.

En realidad, la implementación de esta posibilidad traería consigo serios problemas de carácter práctico: por una parte, la consideración de la oferta como ordenación creciente de costes sociales marginales no garantiza que los costes marginales privados sean también crecientes, por lo que la fijación del precio a partir del coste marginal privado correspondiente al equilibrio no garantiza la remuneración suficiente de los oferentes. Por esta razón, se considera en esta simulación que el precio en esta situación se fija en el máximo de los costes marginales privados de las ofertas casadas.

Por otra parte, el sistema de suplementos puede dar lugar a que demandantes con disposición a pagar mayor que el precio, pero menor que el coste social marginal, no reciban finalmente la energía que demandan, lo que generaría incentivos a que declararan una disponibilidad a pagar falsa, superior a la real. Para ellos ésta es una estrategia débilmente dominante, ya que en caso contrario su demanda no será casada, mientras que si su demanda es casada gracias a declarar una mayor disposición a pagar el precio que tendrán que pagar será en todo caso el coste marginal privado en el equilibrio. En esta simulación no consideraremos la posibilidad de comportamientos estratégicos como el descrito. Hechas estas salvedades, podemos pasar a considerar los efectos previstos sobre los precios del mercado diario de la electricidad, que se resumen en la tabla 4.

Los precios resultantes de la simulación muestran que la internalización de los efectos externos tanto con suplementos como con impuestos *pigouvianos* genera un aumento significativo en los precios de la energía eléctrica, y también una menor dispersión de los precios resultantes. El aumento es ligeramente mayor en el caso del segundo instrumento, ya que mientras que éste expresa el coste social marginal el primero recoge únicamente la máxima compensación requerida correspondiente al volumen de producción socialmente eficiente. Ello da lugar a una diferencia más entre ambos instrumentos: dado que el nivel de producción en ambos casos es el eficiente y, por tanto, el mismo, la aplicación de suplementos genera un excedente que favorece a los demandantes que toman parte en el mercado, sean

éstos distribuidores, comercializadores o incluso, pero no necesariamente, consumidores finales.

Tabla 4 – Precios medios resultantes de la energía en el mercado diario					
HORA	(1) PRECIO SIN INTERN.	(2) PRECIO CON SUPLEMENTO	% VAR. (1) a (2)	(4) PRECIO CON IMP. PIGOUVIANO	% VAR. (1) a (4)
1	3,12	5,57	78,2%	5,70	82,4%
2	2,75	5,14	87,0%	5,21	89,4%
3	2,36	5,00	111,9%	5,08	115,3%
4	2,30	4,78	107,5%	4,86	110,8%
5	2,20	4,70	113,1%	4,78	117,0%
6	2,15	4,70	118,1%	4,78	122,0%
7	2,31	4,70	103,1%	4,78	106,7%
8	2,38	4,87	105,1%	4,98	109,6%
9	2,57	4,88	90,0%	4,94	92,4%
10	2,77	5,01	81,1%	5,09	83,9%
11	3,11	5,09	63,7%	5,16	65,9%
12	3,26	5,26	61,3%	5,32	63,0%
13	3,31	5,29	59,7%	5,37	61,9%
14	3,22	5,25	63,2%	5,31	65,2%
15	2,98	5,21	75,1%	5,28	77,5%
16	3,03	5,21	71,7%	5,28	74,1%
17	3,08	5,30	72,0%	5,35	73,7%
18	3,13	5,34	70,4%	5,40	72,4%
19	3,27	5,27	61,0%	5,37	64,1%
20	3,45	5,33	54,7%	5,39	56,3%
21	3,40	5,20	53,0%	5,30	55,9%
22	3,62	5,31	46,9%	5,36	48,3%
23	3,52	5,63	60,0%	5,71	62,2%
24	3,23	5,61	73,8%	5,66	75,5%
MEDIA	2,94	5,15	75,3%	5,23	77,9%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,44	0,27		0,27	
MEDIA PONDERADA	2,98	5,17	73,8%	5,25	76,4%

Fuente: elaboración propia a partir de resultados del programa MESSI. Unidades: céntimos de €. La media ponderada se ha calculado a partir del consumo en cada hora.

Obsérvese, por último, una diferencia más en relación con la capacidad de aplicación de ambos instrumentos: mientras que los impuestos *pigouvianos* requieren una autoridad con capacidad normativa y competencia para ello, la aplicación de suplementos está, en principio, al alcance de cualquier institución con capacidad para elegir entre diferentes ofertas utilizando entre otros criterios medioambientales. Por la misma razón, sin embargo, la aplicación de suplementos no da lugar a recaudación fiscal y no permite, entre otras cosas, que la sociedad se beneficie de resultados como los descritos en las teorías del *doble dividendo*.

5. Reflexiones finales

El presente trabajo presenta una aplicación simulada del argumento de internalización de externalidades para restaurar la eficiencia. La magnitud de los resultados es llamativa, si bien es preciso tener en cuenta algunas salvedades a la hora de su consideración. En primer lugar, el programa ExternE únicamente ofrece datos puntuales del coste externo ambiental, evaluados para el contexto actual, pero no funciones de coste que dependan del volumen de producción o de contaminación. Ello limita la aplicabilidad de las cifras de coste externo para los casos en los que los niveles de generación de energía eléctrica por fuente se separan significativamente de los niveles actuales.

Una segunda observación se refiere al resultado que sugiere el mayor uso de la energía hidroeléctrica, debido a que la consideración de su menor coste externo hace que su coste marginal social sea menor que el generado por las centrales térmicas. En realidad, la evaluación completa de esta posibilidad requeriría tener en cuenta la necesidad que tendrían las unidades hidroeléctricas de bombear agua a los embalses, actividad que éstas habitualmente realizan cuando el precio de la energía es bajo para reutilizarla cuando este precio es mayor. Aun así, la magnitud de los resultados hace poco probable que este efecto anule el ajuste sugerido por la internalización de los efectos externos.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que la aplicación de suplementos ambientales al *pool* del mercado de la electricidad únicamente encarecería este tipo de energía, por lo que generaría incentivos de sustitución de fuentes energéticas en los agentes que tuvieran capacidad para ello, introduciendo de esta forma distorsiones no deseadas en el mercado. Obsérvese que este tipo de problema desaparece si el instrumento de internalización es un impuesto *pigouviano* que grava los efectos externos con carácter general, dentro y fuera del *pool*.

En cualquier caso, aun con las matizaciones presentadas, los resultados de la simulación ponen de manifiesto que la no consideración de los efectos externos en el precio de la energía puede suponer una subvención implícita de la sociedad al subsector de generación de energía, y más concretamente a las centrales térmicas en detrimento de las hidroeléctricas y de, posiblemente, otros generadores de energías renovables que no aparecen en el momento actual en el *pool* eléctrico español porque en estas condiciones sus precios ofertados no resultan competitivos. Esta posibilidad podrá ser evaluada en el futuro, cuando estén disponibles los datos de mercado de las operaciones realizadas después de la entrada en

vigor del R.D. 841/2002, que obliga a los generadores del régimen especial a presentar sus ofertas al mercado, aunque los resultados presentados en este trabajo indican que existe dicha subvención implícita a la generación de energía eléctrica por parte de las centrales térmicas.

Bibliografía

- Azqueta, D. (1994): *Valoración económica de la calidad ambiental*, Madrid: Mac-Graw Hill.
- Burtraw, D. y otros (1995): “Optimal ‘adders’ for environmental damage by public utilities”, *Journal of Environmental Economics and Management* 29: 1-19.
- CIEMAT. (1997): *ExternE National Implementaion: Spain*
- Cornes, R. y T. Sandler (1996): *The Theory of Externalities, Public Goods, and Club Goods*, 2ª ed., Cambridge: Cambridge University Press.
- EUROPEAN COMMISSION DGXII. Science, Research and Development JOULE. (1995a): *Externalities of Energy., “ExternE” Project, Volumen 2. Methodology.*
- EUROPEAN COMMISSION DGXII. Science, Research and Development JOULE. (1995b): *Externalities of Energy., “ExternE” Project, Volumen 3. Coal and Lignite.*
- EUROPEAN COMMISSION DGXII. Science, Research and Development JOULE. (1995c): *Externalities of Energy., “ExternE” Project, Volumen 4. Oill and Gas.*
- EUROPEAN COMMISSION DGXII. Science, Research and Development JOULE. (1995d): *Externalities of Energy., “ExternE” Project, Volumen 5.Nuclear.*
- EUROPEAN COMMISSION DGXII. Science, Research and Development JOULE. (1995e): *Externalities of Energy., “ExternE” Project, Volumen 6. Wind and Hydro..*
- EUROPEAN COMMISSION DGXII. Science, Research and Development JOULE. (1997): *Externalities of Energy., “ExternE” Project,. Extension of the Accounting framework. Final Report.*
- Harrison, D. y A. Nichols (1996): “Environmental adders in the real world”, *Resource and Energy Economics* 18: 491-509.