

DISEÑO DE INCENTIVOS PÚBLICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD CON BIOMASA FORESTAL

MARIO SOLIÑO MILLÁN

Centro de Investigación Forestal (CIFOR)
Instituto Nacional de Investigación y
Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA)

MARÍA X. VÁZQUEZ RODRÍGUEZ

ALBINO PRADA BLANCO (*)

Departamento de Economía Aplicada
Universidad de Vigo

Los costes sociales de la generación de electricidad se pueden dividir en costes privados y costes externos (Soliño *et al.*, 2008), tanto ambientales (daños de contaminación atmosférica, cambio climático, sobre el paisaje, el medio natural, etc.) como no ambientales (inseguridad de precios y suministros, la dependencia energética, empleo, desarrollo rural, etc.).

Los costes externos o externalidades no tienen asociado un precio de mercado y, en la medida en que no son considerados o internalizados por el sistema de precios, se propician fallos de mercado y asignaciones no eficientes de los recursos. La Comisión Europea defiende alcanzar unas metas más ambiciosas en cuanto a la fiscalidad de la energía (Comisión Europea, 2001b), de forma que se internalicen todos los costes externos y se creen medidas indirectas para contribuir al desarrollo de las fuentes de energía renovables (FER), pues la no internalización actual constituye una subvención implícita de la sociedad a las fuentes energéticas convencionales (FEC).

La fiscalidad puede constituir un instrumento eficaz al servicio de la política energética (Comisión Europea, 2000b). Sin embargo, el escenario de la Unión Europea (UE) se caracteriza por una dispar estructura y consumo energético (Bretteville y As-

bjørn, 2004; Márquez, 2002), donde una de las mayores dificultades en el tratamiento fiscal de la energía es que los impuestos indirectos sobre consumo de productos energéticos no están armonizados. Además, el diseño de una legislación de imposición sobre productos energéticos a nivel comunitario se ve sometido a serias restricciones, siendo la principal la posible pérdida de competitividad de sectores económicos caracterizados por un elevado consumo energético (Comejo, 2003).

Tras un largo período de discusión (Gago y Labandeira, 1999, Buñuel, 2002), se llegó a un acuerdo comunitario, reflejado en la Directiva 2003/96/CE por la que se reestructura el régimen comunitario de imposición de los productos energéticos y de la electricidad (Unión Europea, 2003). En esta directiva se fijan los niveles mínimos de imposición para diferentes tipos de carburantes de automoción, para los combustibles para calefacción y finalmente para electri-

dad que, para fines profesionales es gravada con 0,5 €/MWh y, para el resto de los casos, con 1 €/MWh. Asimismo, se establecen las posibilidades nacionales (1) de exención y/o reducción tributaria bajo una serie de supuestos. En el artículo 15 se añade que los estados miembros pueden realizar exenciones (totales o parciales) o reducciones del nivel de imposición a la electricidad generada con FER y se contempla que podrán devolver al productor (total o parcialmente) el impuesto pagado por el consumidor sobre la electricidad producida a partir de FER (art. 15.2.).

Se hace referencia implícita a una reforma fiscal verde, pues se argumenta que los estados miembros podrían aprovechar la ocasión para modernizar y reestructurar sus sistemas fiscales, de forma que la introducción del impuesto sobre los productos energéticos y la electricidad –cuyo primer efecto sería una inducción a comportamientos a favor del medioambiente– fuese neutral en cuanto a la presión fiscal global, utilizando entonces la recaudación para disminuir otros impuestos, principalmente aquellos que conlleven una mayor utilización de mano de obra.

Como vemos, la introducción de un impuesto produciría un primer dividendo ambiental a través de ganancias de bienestar (disminución de la externalidad y eficiencia estática y dinámica). Existe poca discusión sobre el primer dividendo (ambiental), aunque hay que señalar que éste dependerá de las elasticidades de los precios (Buñuel, 2002). Así, la introducción de un impuesto medioambiental que penalice la generación y el consumo de electricidad verde puede, bajo ciertas condiciones, no ser eficiente. Cuando existe una alta rigidez de la demanda de productos energéticos ante variaciones en los precios, la introducción del impuesto puede no conducir a una disminución del consumo. Asimismo, el impuesto puede tener consecuencias negativas en la economía pues se incrementaría la inflación y se podría disminuir la competitividad, trasladando los costes medioambientales que soportan los productores a la sociedad (Márquez, 2002). Entonces, el principal objetivo, es decir, modificar las pautas de consumo a través de incentivos a la demanda que favorecen a las tecnologías más respetuosas con el medioambiente, no se garantizaría por la mera introducción de un impuesto medioambiental.

Asimismo, la recaudación produce un segundo dividendo hacendístico (2), pues sería destinada a la disminución de impuestos distorsionantes (3), la cual originaría una ganancia de eficiencia (Gago y Labandeira, 1999 y 2002). La efectividad de la imposición vendrá determinada por la capacidad de influir en el comportamiento de los agentes y en su influencia en las condiciones medioambientales (Gago y Labandeira, 1999). No obstante, los ingresos derivados de tri-

butos ambientales pueden destinarse a diferentes usos (4) (Buñuel, 2002):

Recaudación: el origen de los impuestos energéticos es anterior a la preocupación social por el medio ambiente, respondiendo inicialmente a finalidades recaudatorias. Entonces, habrá que distinguir claramente aquellos que son verdaderos tributos ambientales de aquellos otros que son esencialmente fiscales. Así, un impuesto energético-ambiental no puede cuantificarse en función del precio de la energía, sino que debe hacerse en función del «impacto ambiental» del objeto imponible. (Carbajo y Herrera, 2003).

Devolución mediante transferencia: La distribución de la recaudación mediante transferencias de suma fija origina costes distributivos e ignora las distorsiones fiscales existentes (Gago y Labandeira, 1999).

Disminuir otros impuestos: el doble dividendo aparece cuando la introducción de un impuesto produce ganancias ambientales y, además, se reducen distorsiones en el sistema fiscal o se favorece la creación de empleo (Gago *et al.*, 2003).

Usos medioambientales: destinar la recaudación a un fondo destinado la financiación de actividades que originan mejoras medioambientales. En este caso, se produciría un doble dividendo ambiental. Por ejemplo, si se introduce un impuesto sobre el consumo de energía eléctrica, el primer dividendo ambiental consistiría en la ralentización del crecimiento de la electricidad «negra» y el segundo dividendo, también ambiental, se derivaría de la utilización de la recaudación del impuesto ambiental a incrementar el crecimiento de la electricidad «verde» (5).

Siguiendo este último enfoque, según el cual los ingresos derivados de tributos ambientales se destinarían a fines eminentemente ambientales, en este artículo se justificarán dos programas de incentivos públicos a la generación de electricidad con biomasa forestal. En esta dirección, Ignaciuk *et al.* (2004) demuestran que cuando parte de la recaudación obtenida a partir de un impuesto sobre la electricidad es destinada a implementar programas de incentivos a la e-biomasa, se favorece notablemente la penetración de esta tecnología renovable en el mercado.

Para ello, comenzaremos analizando los costes privados en los procesos de generación de electricidad con energías primarias renovables (biomasa primaria y secundaria) y no renovables. Comprobaremos cómo los costes privados de la electricidad derivada de la biomasa (e-biomasa) son superiores a los del resto de tecnologías, tanto renovables como no renovables, debido principalmente a los altos costes en el

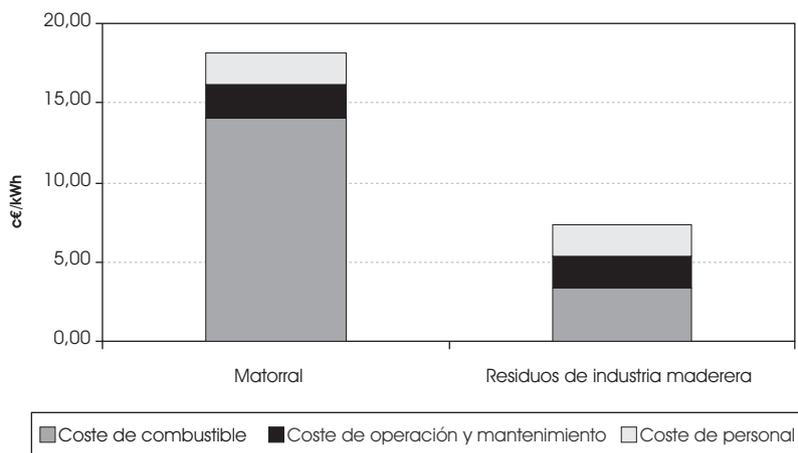


GRÁFICO 1

COSTES PRIVADOS DE LA BIOMASA FORESTAL

FUENTE:
Elaboración propia.

aprovisionamiento de combustible que tienen que asumir los productores.

A continuación analizaremos el sistema de retribución de la electricidad procedente de FER en España y veremos como el precio de venta de la electricidad verde no siempre compensa los costes privados de los productores. Comprobaremos como la intervención pública sobre el mercado de electricidad, instrumentada a través de un sistema de primas a la producción de e-FER derivadas de un fondo dotado con cargo a todos los consumos eléctricos, ha favorecido la expansión de la eólica. Sin embargo, se comprueba que este mismo sistema ha sido ineficaz para ampliar la electricidad generada con biomasa forestal tal como se pretende en nuestros Planes Energéticos. En la actualidad resulta económicamente inviable. Por ello, en el quinto epígrafe incorporaremos los costes sociales relativos de esta tecnología, comprobando cómo la internalización de los mismos favorecería su penetración en el mercado eléctrico español.

COSTES PRIVADOS: LA PROBLEMÁTICA DE LA BIOMASA FORESTAL ↓

Como quiera que los costes externos ya han sido analizados previamente (Soliño *et al.*, 2009), en este artículo avanzaremos nuestra investigación incorporando en el análisis económico los costes privados de la producción de electricidad con biomasa forestal en relación a otras alternativas. Los costes privados se originan en el proceso de obtención de electricidad y abarcan desde la inversión inicial de capital en la central generadora hasta la obtención de la energía, pasando por diferentes etapas como la compra de la fuente energética primaria (derivada de petróleo,

gas, biomasa, RSU, etc.), transporte, construcción de infraestructuras, etc. Son, por tanto, costes que tienen un precio de mercado. En líneas generales, los costes privados medios de las FER son superiores a los de las FEC. Así, los costes privados de las tecnologías del régimen especial en España (renovables y cogeneración) son un 66,57% superiores a las tecnologías tradicionales (Soliño *et al.*, 2008).

Diferenciando la situación dentro de las FER, se constata que los costes privados de la biomasa son superiores a la eólica. Así, el coste privado mínimo del kWh producido con biomasa es 1,3 c€ mayor que aquel producido con la fuerza del viento. Esta diferencia de costes pudiera ser una de las explicaciones de la dispar implantación y uso de dos energías llamadas ambas a tener un mayor peso en el sistema energético español y europeo (Comisión Europea, 1997; IDAE-MINER, 1999).

Pero es que además, en el caso de la biomasa es especialmente relevante precisar y perfilar la amplitud de la horquilla de costes privados, que oscila *a priori* entre 6,3 c€/kWh y 12,3 c€/kWh (Soliño *et al.*, 2008). Y, puesto que nos centramos en biomasa forestal y en su valorización eléctrica, procede desagregar los costes privados de este tipo de combustible. Así, los costes mínimos ya anotados corresponderían a la biomasa primaria o cultivos energéticos (6,3 c€/kWh), aumentando éstos a medida que se recurre a biomasa forestal procedente del monte, combustible cuyo coste se situaría en el límite superior del intervalo.

Dada la variabilidad existente en las estimaciones sobre los costes privados y la poca desagregación para el caso de la biomasa (6), hemos indagado en fuentes directas de datos que nos permitan desagreg-

gar el coste privado en sus diversos componentes. La central de biomasa Allarluz (7) (Ourense, España) nos ha facilitado información útil para cuantificar los costes privados del proceso de producción de electricidad con biomasa atendiendo al tipo de combustible empleado. A través de varias entrevistas personales (8), hemos recabado información sobre los costes privados que actualmente tiene la central, es decir, utilizando como combustible principal los residuos de industrias de transformación de la madera, y los que derivarían de utilizar como fuente de combustible residuos extraídos directamente del monte, es decir, matorral y residuos de las cortas madereras.

Tal y como representamos en el gráfico 1 (en página anterior), si el aprovisionamiento se realiza en base a residuos extraídos directamente del monte (matorral y residuos de cortas), el coste privado total asciende a 18,1 c€/kWh. El 78% de los costes correspondería al coste de combustible, mientras que el 22% restante se dividiría equitativamente entre costes de personal y de operación y mantenimiento. En cambio, si el combustible está formado por residuos de industrias madereras, el coste privado total disminuye hasta los 7,37 c€/kWh, representando el coste de combustible un 45% y tanto el coste de personal como el de operación y mantenimiento, algo más de un 27% cada uno.

Por lo tanto, el coste privado utilizando residuos forestales de la industria se encuentra en la horquilla esperada *a priori* (6,3 y 12,3 c€/kWh), mientras que la utilización exclusiva de matorral se situaría fuera de la misma, tomando un valor claramente superior (18,1 c€/kWh). Este hecho nos indica que en el caso de la biomasa forestal es esencial considerar el tipo de combustible empleado pues, tal como hemos constatado, los costes privados pueden variar en más de un 100% dependiendo de si se trata de la valorización de residuos industriales o de biomasa retirada directamente del monte. Aunque siempre éstos se situarían por encima de los costes privados medios de las tecnologías de régimen especial (eólica, hidráulica, solar, ...) y en la banda más alta de la biomasa (por encima de la primaria).

INCENTIVOS A LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD ¶

A nivel europeo, las subvenciones que reciben en la actualidad las FEC son muy superiores a las destinadas a potenciar las FER o a medidas de ahorro/eficiencia. La no internalización actual vía precios de los costes sociales de la energía actúa asimismo como una subvención, dado que los consumidores no pagan directamente las repercusiones ambientales, sociales y de seguridad de sus opciones ener-

CUADRO 1
SUBVENCIONES ENERGÉTICAS EN LA UE
MILES MILLONES €/AÑO

	FEC	FER	Total
Subsidios	21,7	5,3	27,0
Costes externos	37,6	2,0	39,6
TOTAL	59,3	7,3	66,6

FUENTE: Elaboración propia sobre European Environment Agency (2004).

géticas. Aunque no se consideren estrictamente subvenciones, las externalidades representan costes no compensados que la sociedad en su conjunto tiene que asumir y que, al igual que las subvenciones explícitas, tienen un impacto distorsionador (Worldwatch Institute, 2004) y negativo para el medio ambiente.

Por lo tanto, la producción de energía en la UE está actualmente afectada por un sistema de subvenciones explícitas en forma de subsidios y de otras, implícitas, en forma de no internalización de costes externos. Ambos tipos de subvención, como veremos a continuación, favorecen a las fuentes energéticas más perjudiciales para el medio ambiente.

Las subvenciones explícitas a la producción de energía con FEC en la UE ascienden a más de 20.000 millones de euros y son, como mínimo, 4 veces superiores a las destinadas a FER. Un valor mínimo pues, si además de las subvenciones directas tomamos en consideración las indirectas (costes externos no internalizados), las ayudas a FEC serían hasta ocho veces superiores a las que reciben las FER (9) (Cuadro 1).

En este contexto se comprende que la Comisión Europea se plantee alcanzar metas más ambiciosas en cuanto a la fiscalidad de la energía, de forma que se internalicen los costes externos y se creen medidas indirectas para contribuir al desarrollo de las FER (Comisión Europea, 2001b) pues, como acabamos de ver, la no internalización actual constituye una subvención implícita de la sociedad a las FEC. Se trata además de una subvención implícita de grandes dimensiones pues, como apreciamos en el Cuadro 1, representa prácticamente el doble de los subsidios de los que explícitamente se benefician las FEC.

En este escenario volcado hacia las FEC, tanto explícitamente en forma de subvenciones, como implícitamente por la no internalización de costes externos, la Comisión Europea se plantea que «podría estudiarse que las energías rentables financiasen el desarrollo de las energías renovables, que no se han beneficiado, como las energías convencionales, de apoyos sistemáticos» (Comisión Europea, 2000a).

Para ello ha elaborado un conjunto de directrices comunitarias sobre ayudas estatales a favor del medio ambiente en relación a la energía (Comisión Europea, 2001a). En los puntos 54 y 55 de las mismas se contempla que, dadas las dificultades técnicas existentes (diferencias en costes unitarios) para que las FER compitan eficazmente con las FEC, pueden establecerse disposiciones específicas para el fomento de las FER. Asimismo plantea que las ayudas que faciliten la penetración de las FER en los mercados se consideran ayudas para la mejora del medio ambiente. Tales apoyos reducirían la brecha existente entre los costes privados de generación de energía a los que se ven sometidas las FER y el precio de mercado al que se vende la energía producida (Comisión Europea, 2001a: Directriz nº 56) a la red eléctrica.

Para internalizar los costes sociales habría que fundamentar los apoyos públicos en los costes externos de todas las tecnologías alternativas. Una vía para ello sería introducir impuestos o recargos sobre el consumo de electricidad negra con los que se financiarían las FER. Asentaríamos entonces un buen mecanismo internalizador (10) de los costes externos, ajustado al principio (11) de «quien contamina paga», cuestión clave para modificar a su vez las pautas de comportamiento en el consumo energético (Márquez, 2002) (12).

Este sistema ya está operativo actualmente en el mercado eléctrico español, donde los ingresos de los productores de electricidad verde se derivan de la suma del precio de mercado más una prima fijada por el Gobierno anualmente (13). En el mercado se cruzan las ofertas de los productores con las demandas de los consumidores cualificados, los distribuidores y los comercializadores (IDAE-MINER, 1999), determinándose el precio (de mercado) final del kWh como aquel correspondiente a la última unidad de producción necesaria para atender la demanda de energía eléctrica.

Pero además de esto en la factura eléctrica de los consumidores se incluye actualmente un recargo energético-ambiental (en forma de costes de diversificación y seguridad de abastecimiento) sobre todo el consumo eléctrico, que es destinado a dotar un fondo destinado a las primas a la producción de electricidad en régimen especial. Hasta el año 2003 las primas para la producción eléctrica con biomasa secundaria o forestal fueron inferiores a las correspondientes a otras tecnologías en régimen especial como la eólica o la biomasa primaria. Asimismo, el diferencial de primas entre la biomasa primaria y secundaria había ido aumentando, siendo favorable para la primera.

En el año 2004, el Real Decreto 436/2004 (14) suprimió la diferenciación que se hacía anteriormente entre biomasa primaria y secundaria, agrupando ambas en una sola categoría de FER. Por tanto, en

CUADRO 2
INGRESOS Y COSTES DE LA ELECTRICIDAD
PRODUCIDA CON FER
c€/kWh. Año 2004

c€/kWh	Eólica	Biomasa secundaria	Biomasa primaria
Coste privado	5 - 10	18,1	6,3 - 12,3
Costes privados mínimos	5	18,1	6,3
Prima a la producción de electricidad (2004)	2,75	3,42	3,42
Precio medio de venta (1999-2003)	3,85	3,79	3,91
Ingresos actuales	6,60	7,21	7,33
Ingresos - Costes	1,60	-10,89	1,03

FUENTE: Elaboración propia.

la actualidad las primas a los productores que utilizan como combustible principal tanto cultivos energéticos como biomasa forestal son iguales (3,42 c€/kWh). Por primera vez desde la creación del régimen especial de energía eléctrica, la prima para la biomasa secundaria se sitúa a la cabeza de las FER en cuanto a la prima recibida por kWh generado.

Para la biomasa forestal, habíamos cuantificado en *supra* un coste privado de 18,1 c€/kWh (Gráfico 1). Por otro lado, el precio de compra medio de e-biomasa producida en España entre 1999 y 2003 fue de 3,79 c€/kWh (15). Además tal como se indica en las directrices comunitarias sobre ayudas estatales a favor del medio ambiente en relación a la energía (Comisión Europea, 2001a), estaría justificado establecer ayudas específicas para los procesos de valorización eléctrica de la biomasa forestal, compensando la diferencia entre dichos costes e ingresos.

Incorporando el incremento de la prima correspondiente al año 2004, los ingresos de los productores de e-biomasa ascenderían a 7,21 c€/kWh (cuadro 2), cifra que no alcanzaría a cubrir los costes privados que, para la valorización eléctrica de residuos de cortas madereras y matorral, toma un valor de 18,1 c€/kWh. En este caso sería necesario un incremento muy superior de la prima a la producción de electricidad pues, atendiendo a la estructura de abastecimiento, se produce aún un diferencial negativo de hasta 10,89 c€/kWh entre ingresos y costes.

INTERNALIZACIÓN DE COSTES SOCIALES: LA VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA BIOMASA FORESTAL

A pesar de comprobar como efectivamente las primas actuales hacen viable la producción de electricidad con algunas tecnologías renovables, las primas generalmente no se han calculado ajustándolas a las externalidades derivadas de la sustitución de e-FEC por e-FER, sino más bien –si acaso– a un

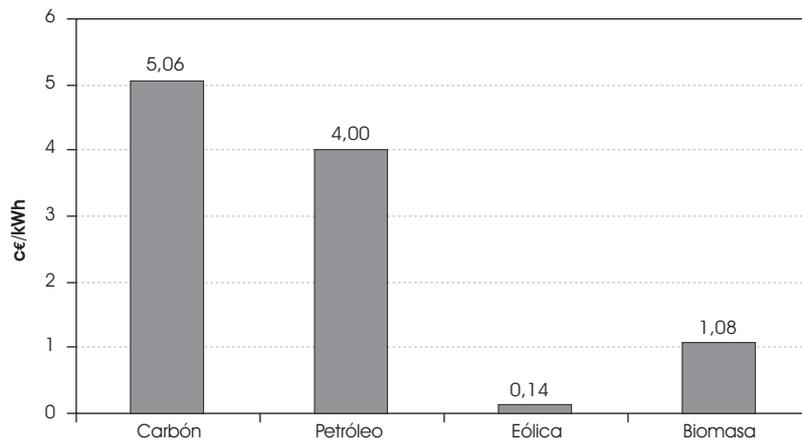


GRÁFICO 2
COSTES EXTERNOS DE FEC
VERSUS FER

FUENTE:
Elaboración propia sobre European Commission (2003).

criterio de viabilidad económica de las diferentes tecnologías renovables. Como veremos modular las primas atendiendo a un criterio de internalización de costes y beneficios externos (tal y como defiende la Comisión Europea), implicaría incrementarlas más para la eólica y la biomasa secundaria.

A continuación realizaremos una estimación de los costes sociales que se originarían en el proceso de sustitución de electricidad generada a partir de combustibles fósiles por FER. Para ello estimaremos los daños evitados en un escenario de sustitución en Galicia de 1.019 GWh generados con combustibles fósiles (petróleo y carbón) por energía eólica y biomasa, tanto primaria (cultivos energéticos) como secundaria (residuos forestales).

En el proyecto ExternE (European Commission, 1995a, b,c,d,e,f; European Commission, 1999a,b,c,d), mediante una función de daños de abajo a arriba a lo largo de las etapas del ciclo de vida combustible-electricidad (16), se estiman los costes externos producidos en la generación de electricidad para 8 fuentes de energía diferentes (carbón, lignitos, petróleo, gas natural, nuclear, biomasa, hidráulica, y eólica). En este ciclo se pueden generar más de 200 impactos que pueden ser agrupados en: *i)* contaminación atmosférica (efectos sobre salud, cultivos, materiales, bosques, pesquerías), *ii)* accidentes y salud laboral, *iii)* ruido, *iv)* calentamiento global y *v)* efectos sobre el agua (dulce, salada, subterránea, etc.) y *vi)* efectos sobre el medioambiente marino (European Commission, 1995c y d). Sin embargo, la función de daños no incluye numerosos efectos bien identificados (por cuestiones diversas como el desconocimiento de probabilidades, la insuficiencia de datos, incertidumbre, etc.) (17).

En el gráfico 2 podemos apreciar como el petróleo y el carbón son las tecnologías que más efectos

negativos producen (18). Las diferencias en costes externos favorecen ampliamente a las FER. Vemos que el ciclo del carbón generaría unos costes externos de 5,06 c€/kWh y el del petróleo 4 c€/kWh. Sin embargo, en el caso de la energía eólica y la biomasa, los costes externos ascenderían a 0,14 y 1,08 c€/kWh, lo que supone un diferencial neto en daños evitados, respecto a los dos principales combustibles fósiles, de 3,86-4,92 c€/kWh y 2,92-3,98 c€/kWh respectivamente.

En el escenario de sustitución planteado (1.019 GWh), los costes externos evitados en el ciclo de vida de producción de electricidad serían, por tanto, de 39,33-50,13 millones de euros para la eólica y 29,76-40,56 millones de euros para la biomasa secundaria y primaria. No obstante, como ya hemos mencionado, las estimaciones de costes externos realizadas en ExternE dejan fuera del análisis numerosos impactos ambientales pero, además y quizás más relevante para nosotros, no se consideran los efectos positivos (tanto ambientales como sociales) de la sustitución de e-FEC por e-FER. Es por ello que, además de los costes externos del ciclo de vida combustible-electricidad, hemos considerado otros componentes de los costes externos de la energía (costes externos evitados y beneficios externos generados) cuantificados en trabajos previos (Soliño *et al.*, 2008 y 2009).

De tal forma, el diferencial neto de daños evitados (19) por la sustitución parcial (1.019 GWh) de electricidad generada por combustibles fósiles (petróleo y carbón respectivamente) por eólica sería de 4,17-4,92 c€/kWh, lo que justificaría un incremento mínimo de la prima de 1,42 c€/kWh respecto al nivel anotado para el año 2004. Para la biomasa secundaria se constata una diferencia mayor entre los costes evitados y la prima establecida, pues ésta

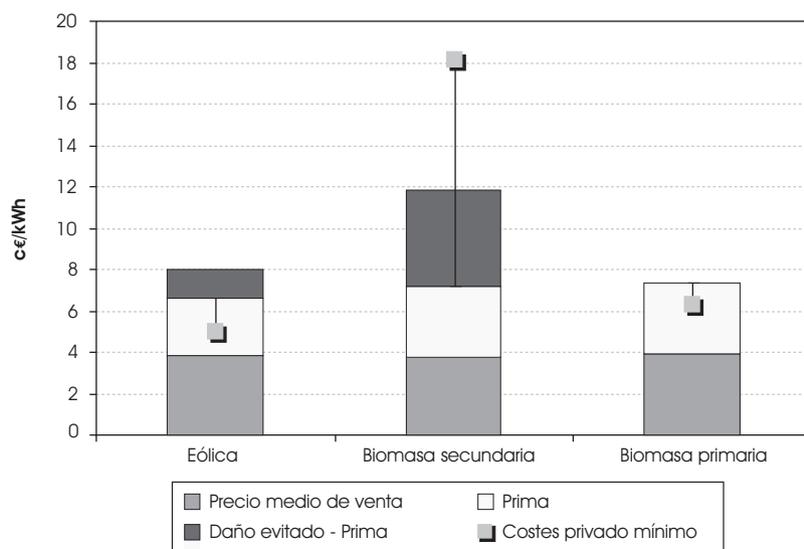


GRÁFICO 3
VIABILIDAD ECONÓMICA DE LAS FER(*)

(*) Nótese que solamente para la biomasa primaria la prima incluiría el daño evitado (la prima es superior al daño evitado), mientras que para la eólica y la biomasa secundaria, el daño evitado incluiría a la prima (el daño evitado es superior a la prima).

FUENTE:
Elaboración propia.

asciende a 3,42 c€/kWh, mientras que los costes evitados serían de un mínimo de 8,08 c€/kWh. Por lo tanto, se justificaría un incremento mínimo de la prima a la biomasa forestal no inferior a 4,66 c€/kWh. No sucede así para la biomasa primaria, que es el único caso en el que la prima establecida estaría ya comprendida entre el rango estimado de costes evitados.

Sin embargo, en el caso de la biomasa secundaria, podemos comprobar que aún incrementando las primas hasta el valor de nuestra estimación de externalidades (20) (8,08 c€/kWh), no se conseguiría que los ingresos compensasen los costes privados de esta tecnología, que continuaría en una senda de inviabilidad financiera (gráfico 3). Tal y como defiende la Comisión Europea, se haría necesario fijar unas metas más ambiciosas en cuanto a la fiscalidad de la energía, de forma que se internalicen todos los costes externos (no sólo una parte) y se creen medidas indirectas para contribuir al desarrollo de las FER (Comisión Europea, 2001b).

Lejos de esta situación, los ingresos actuales son superiores a los costes privados mínimos de la eólica y de la biomasa primaria, pero en absoluto suficientes para compensar los elevados costes de la biomasa forestal, pues se constata un diferencial negativo de costes privados de 10,89 c€/kWh (cuadro 2 y gráfico 3).

Sin duda el sistema de primas vigente para la producción de electricidad en régimen especial ha sido adecuado para compensar los mayores costes privados de la eólica en relación a las FEC. De hecho, este sistema ha favorecido que la eólica sea

la tecnología renovable más rentable, lo que ha originado un crecimiento espectacular de la generación de electricidad con esta tecnología en España; crecimiento en el que Galicia ha tenido también un protagonismo decisivo.

Tal dinamismo en la generación eléctrica con energía eólica explica, en gran medida, la absorción por la misma de la mayor parte del fondo creado a partir de recargos energético-ambientales sobre el consumo eléctrico. Así, analizando el reparto de subvenciones (exclusivamente vía primas a la producción) a las tecnologías en régimen especial, constatamos como la eólica capta más del 50% de los fondos recaudados (gráfico 4, en página siguiente), lo cual no se corresponde con los objetivos fijados *ex-ante* en el Plan de Fomento de Energía Renovables de España (IDAE-MINER, 1999).

De hecho, se observa que otras energías también con gran peso en la estrategia energética española como la biomasa forestal, prácticamente no participan en el reparto, pues las primas establecidas para la misma no son suficientes para estimular su valorización eléctrica o, lo que es lo mismo, para que los costes privados se reduzcan hasta el umbral de rentabilidad con el precio relativo del kWh fósil.

Con los niveles actuales de producción de e-FER e intervención pública, se constata una clara deficiencia en el diseño de primas a la producción eléctrica en régimen especial, pues éstas no se ajustan ni a un criterio de competitividad en el mercado ni a otro (para nosotros más adecuado) de internalización de costes externos. Desde el punto de vista del planificador, creemos que este debiera considerar el ajus-

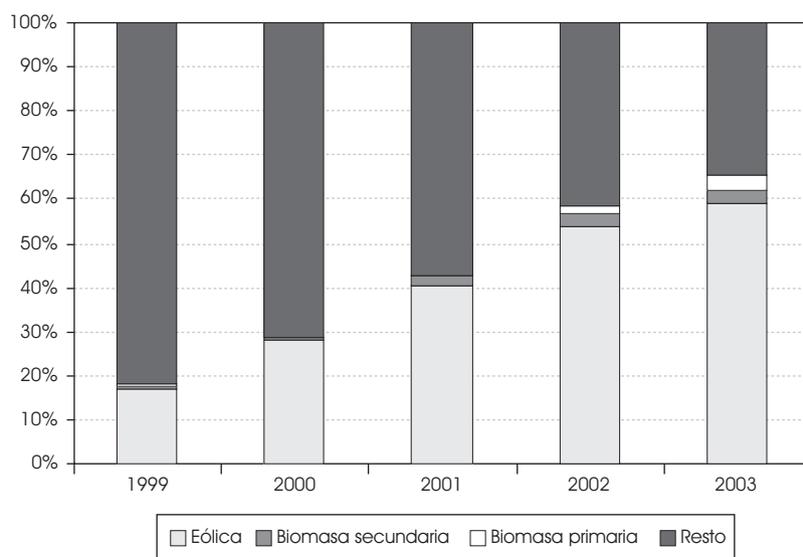


GRÁFICO 4

REPARTO DEL FONDO DE DIVERSIFICACIÓN EN ESPAÑA(*)

(*) En el apartado «Resto» incluimos otras tecnologías de producción eléctrica en régimen especial: cogeneración, minihidráulica, solar fotovoltaica y térmica, RSU, etc

FUENTE:
Elaboración propia.

te de las primas hasta el umbral de viabilidad económica (Gráfico 3), pues actualmente se produciría una sobre-compensación a la eólica y –probablemente– a la biomasa primaria, así como una infra-subvención a la biomasa secundaria.

Teniendo en cuenta que sobre la biomasa recae el 60% de los objetivos del Plan de Fomento de FER y que está en una fase inicial de desarrollo tecnológico, se hace necesario re-definir y dotar las políticas de apoyo necesarias (21) pues, de otra forma, el grado de cumplimiento de dichos objetivos es previsible que sea muy deficitario (IDAE, 2003). Así, la Comisión Europea afirma que «las medidas de apoyo actuales no bastan para que las FER puedan convertirse realmente en opciones para un uso generalizado» (Comisión Europea, 2000a: anexo 2) o, refiriéndose a nuestro caso de estudio, el Plan de Fomento de Energías Renovables expone que el desarrollo de la biomasa para generación de electricidad no es en absoluto viable económicamente, siendo necesarias ayudas públicas a la inversión, a la explotación (primas) y a la producción de combustibles para que el precio sea competitivo (IDAE-MINER, 1999).

DISCUSIÓN

En general el mayor coste privado de la generación de electricidad con energías primarias renovables se explica por la inversión y no por el precio del combustible (22) (Mirasgedis *et al.*, 2000), precio éste que suele ser el factor más relevante en el coste privado de las tecnologías convencionales (23). Sin embargo, hemos visto cómo la biomasa

forestal es un caso excepcional dentro de las FER pues el coste de combustible incide muy singularmente en el coste privado total, siendo muy superior al de las tecnologías convencionales y constituyendo más de la mitad del coste privado total. Aspecto éste clave que hace que los costes privados de la e-biomasa sea, por término medio, el doble que el del resto de tecnologías de producción eléctrica (Diakoulaki *et al.*, 2000).

Es por ello, y por sus costes sociales, que la biomasa forestal debiera tener un tratamiento singular entre las FER, pues los costes de combustible y la logística de suministro suponen una barrera de entrada en el mercado de electricidad, ciertamente singular y muy relevante, para esta tecnología renovable. Por tanto, reiteramos que los precios de la electricidad debieran reflejar los costes sociales totales y, para el caso específico de la biomasa, tener además en cuenta el tipo de combustible empleado (24) (forestal, agrícola, cultivos energéticos), pues en este caso los costes de combustible pueden llegar a representar más de la mitad de los costes de producción.

En este enfoque se trataría de remunerar (Ministerio de Industria-IDAE, 2005) los beneficios externos y los daños evitados por la sustitución de electricidad negra por e-biomasa que, al menos, compensase los mayores costes de explotación para hacer viable la recogida de la misma en nuestras superficies forestales; superficies con frecuencia abandonadas actualmente a un catastrófico ciclo incendiario. Para ello sería necesario diseñar medidas de ayuda indirectas y complementarias a las primas a la producción de electricidad, siendo el mecanismo más adecuado establecer ayudas al suministro de combustible, que

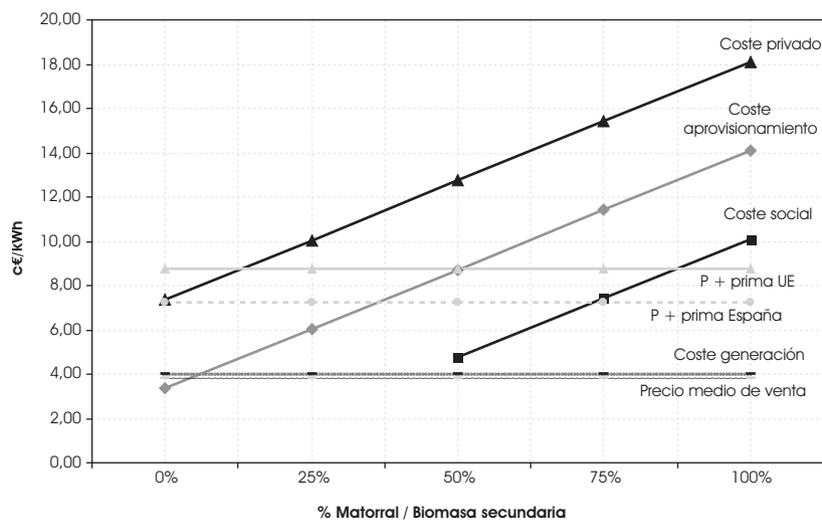


GRÁFICO 5

COSTES SOCIALES, PRECIO, PRIMAS Y SUBVENCIÓN A LA BIOMASA FORESTAL

FUENTE:
Elaboración propia.

se podrían modular ajustándolas a nuestra estimación de costes externos (por un mínimo de 8,08 c€/kWh).

El precio de la e-biomasa sería entonces el resultado de la suma del:

Precio de mercado, derivado del cruce de oferta y demanda en el pool energético; en este estudio se considera un precio medio de 3,79 c€/kWh.

Más un plus del sistema de primas, establecidas en base al criterio de viabilidad económica y favoreciendo, por tanto, a aquellas tecnologías que se muestren menos competitivas (como la biomasa forestal); de acuerdo con las directrices comunitarias sobre ayudas estatales a favor del medio ambiente (Comisión Europea, 2001a), la prima máxima sería de 5 c€/kWh.

Y una subvención pública fundamentada en la internalización de las externalidades; de acuerdo con las estimaciones disponibles (Soliño et al., 2009), la subvención al kWh generado con biomasa forestal debería tomar un valor mínimo de 8,08 c€/kWh.

En este nuevo escenario, los ingresos de los productores podrían ascender a 15,29-16,87 c€/kWh, es decir, más del doble respecto a los ingresos recogidos en el cuadro 2. Con un incremento de las primas hasta el máximo establecido por la Comisión Europea (5 c€/kWh) y la internalización de externalidades por el valor mínimo de nuestra estimación (8,08 c€/kWh), se continuaría en una situación de inviabilidad económica (pérdidas de 1,23 c€/kWh frente a los 10,89 c€/kWh apuntados en el cuadro 2), pues la suma del binomio formado por la prima

y la internalización de las externalidades ascendería a 13,08 c€/kWh, es decir, una cuantía aún insuficiente para alcanzar el nivel de subvención que garantizaría la viabilidad económica (14,31 c€/kWh) para un 100% de uso por la central eléctrica de biomasa forestal retirada de nuestros montes.

Sin embargo, un análisis más afinado muestra que, sólo internalizando parcialmente las externalidades que genera la valorización energética de la biomasa forestal (25), podría hacerse viable la generación de electricidad cuyo combustible principal fuese dicha energía primaria (gráfico 5). En ese caso, considerando la prima actual en España, en el proceso de generación de electricidad se podría utilizar un 75% de residuos forestales. Si tomamos como referencia la prima máxima comunitaria, se podría valorizar un 87% de residuos forestales extraídos directamente del monte (matorral y restos de cortas maderas) (26). Dado que la internalización de externalidades hace que el coste social sea inferior a los costes privados, el productor-generador y la población rural podrían así valorizar el recurso natural renovable de nuestros montes.

ALGUNAS CONCLUSIONES †

Hemos visto cómo los costes privados de la generación de electricidad con energías primarias renovables (27) son superiores a los de las energías convencionales, opción dominante que lleva asociada multitud de perjuicios para la sociedad y el medio ambiente. El dominio de las fuentes convencionales se explica, en parte, porque hasta el presente se benefician en mayor medida de subvenciones tanto explícitas en forma de subsidios, como implícitas en forma de no

internalización de los costes externos que generan. Tales apoyos constituyen elementos distorsionadores en el sistema eléctrico y obstaculizan un uso sostenible de fuentes energéticas renovables. La producción de electricidad con algunas fuentes energéticas renovables sigue sin ser económicamente viable dado que los costes privados de los productores de e-FER no son compensados por el precio de mercado al que venden la electricidad producida. En esta situación en España se ha diseñado un sistema de ayudas a la producción de e-FER: sobre todo el consumo eléctrico se aplica un recargo en el precio del kWh con el que se genera un fondo que nutre las primas a la producción de electricidad en régimen especial.

Si bien este sistema de primas ha resultado adecuado para algunas tecnologías como la biomasa primaria (cultivos energéticos) y la eólica, presenta una clara a-tonía e insuficiencia para la biomasa forestal (matorral y residuos de cortas madereras). En la actualidad el coste privado total de valorizar residuos extraídos directamente del monte (matorral y restos de cortas), es de 18,1 c€/kWh; más del doble de los ingresos (precio de venta + prima a la producción eléctrica) que reciben los productores. Por lo tanto, las primas no alcanzan para compensar los altos costes privados de los productores de e-biomasa (explicados en su mayor parte por los costes de aprovisionamiento del combustible) y, en consecuencia, no se está consiguiendo impulsar la penetración de esta tecnología en el mercado (objetivo declarado como prioritario en nuestras estrategias energéticas).

El caso de la biomasa es notoriamente particular pues, a diferencia de otras FER, se generan con su valorización eléctrica externalidades no sólo en la generación, sino también en los procesos de abastecimiento de combustible. Mientras que para la mayoría de FER los costes de combustible son nulos, para el caso de la biomasa forestal representan hasta el 78% del coste privado total. Este hecho es especialmente importante, pues la retirada de los residuos de los montes genera importantes beneficios sociales que también debieran ser internalizados.

Sobre estas bases analíticas y teniendo en cuenta las prescripciones establecidas en la teoría del doble dividendo ambiental y las reformas fiscales verdes, planteamos una propuesta razonada para rediseñar las ayudas públicas a la producción de electricidad con biomasa forestal. Fundamentamos esta idea con dos líneas de apoyo que permitirían la utilización de la biomasa forestal como combustible principal en los procesos de generación eléctrica. Ambas consideran el incremento de un recargo energético-ambiental (tal y como se viene implementando en el sistema tarifario actual) en forma de

costes de diversificación y seguridad de abastecimiento, que se destinaría a usos ambientales, es decir, a un fondo destinado al fomento de la biomasa en nuestro mercado eléctrico. Las líneas propuestas son:

Ayudas directas a la producción instrumentadas a través de un incremento (hasta el tope máximo establecido por la Comisión Europea) de la actual prima a la producción en régimen especial, justificado para incentivar la penetración de las biomasa forestal en el mercado eléctrico

Subvenciones al combustible, de forma que se internalicen los costes sociales (beneficios asociados y daños evitados) inducidos, en la retirada y posterior puesta a disposición para su valorización eléctrica, por esta fuente energética renovable y autóctona.

La reforma de los programas de ayuda al recurso energético y ambiental aquí analizado (recurso hoy en día no gestionado y abandonado en nuestros montes a un reiterado ciclo incendiario), basada en que los precios y primas de la electricidad de él derivada recojan los efectos sociales totales, eliminaría distorsiones en el mercado que producen asignaciones ineficientes e impiden en gran medida el desarrollo de este tipo de FER. Si efectivamente se internalizaran progresivamente todos los costes, es decir, tanto los negativos, como los positivos y los evitados, pudiera suceder que tal asignación se modificase ajustándose a todos los valores –ambientales, económicos y sociales– en juego y favoreciendo así un mayor peso de la biomasa forestal y, por tanto de las FER, respecto a las fuentes energéticas fósiles. Objetivo central asumido en nuestras (España y UE) estrategias energéticas de futuro. Resultados derivados a tener muy en cuenta serían la reducción de los incendios forestales catastróficos, la gestión sostenible del territorio rural y una fuente alternativa de empleo para la España agraria.

(*) Los autores quieren agradecer la financiación aportada por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (AGL2002-04753 del Plan Nacional I+D+I 2002-2003) y la Fundación Caixa Galicia (CO-104-2002 FEUGA 110/115).

NOTAS†

- [1] Las exenciones y reducciones tributarias son expandidas y concretadas en los nuevos países de la Unión Europea a través de las Directivas 2004/74/CE y 2004/75/CE (Unión Europea, 2004a y b).
- [2] Existe mayor discusión sobre el segundo dividendo (hacendístico), con dos posiciones principales: el doble dividendo débil y el doble dividendo fuerte (Buñuel, 2002).

- [3] El reciclaje de los ingresos ambientales mediante la reducción de las cotizaciones sociales a cargo de las empresas es la opción más utilizada en los trabajos aplicados (Gago *et al.*, 2003).
- [4] El destino de la recaudación no es la variable crítica para caracterizar un impuesto como ambiental. Así, el impuesto ambiental será aquel que incorpore incentivos para la protección del medioambiente o mecanismos de internalización de externalidades (Carbajo y Herrera, 2003).
- [5] En el caso de la biomasa, se producirían además efectos análogos a los de destinar la recaudación a la disminución de cotizaciones a la Seguridad Social. Así, se generarían nuevos empleos (Soliño *et al.*, 2009) y, como nota diferenciadora con el doble dividendo tradicional, tal empleo se generaría en zonas rurales, produciéndose un efecto potenciador al incrementarse paralelamente el grado de cohesión territorial.
- [6] Tomando como referencia los valores de intervalos superiores estimados por Vilas (2002) y un ratio de producción de 2.050 kWh por cada 4 tn/h, el coste por kWh de la biomasa arbustiva ascendería a 11,12 c€/kWh. Otras estimaciones dan costes inferiores a los de Vilas (2002). Así, Linares (1997) estima 7 c€/kWh; Menéndez (1997) proporciona costes del kWh atendiendo a diferentes tecnologías y, para la biomasa forestal estima entre 4 y 10 c€/kWh; Camps y Marcos (2001) recoge un precio-coste para la biomasa de 5,9 c€/kWh.
- [7] Allarluz es la primera central de biomasa en funcionamiento en Galicia (desde el año 1994) cuya producción es destinada íntegramente al mercado eléctrico. Tiene una potencia instalada de 2,35 MW y utiliza como combustible principal residuos de la industria maderera.
- [8] Agradecemos a D. José Ramón Figueiredo, gerente de Allarluz, su desinteresada colaboración.
- [9] Las subvenciones que reciben las FER se instrumentan en forma de incrementos sobre el precio de venta del kWh verde, obligaciones y certificados, subsidios de capital, exenciones de impuestos, etc. (Stenzel *et al.*, 2003; European Commission, 2004; Jäger-Waldau, 2004; Reiche y Bechberger, 2004).
- [10] Ya en 1972, el Informe del Club de Roma planteaba que los fósiles incluyeran en su precio los daños causados y que las FER recibieran subvenciones por los daños evitados (Meadows *et al.*, 1972).
- [11] El «Tratado por el que se establece una Constitución para Europa» hace referencia explícita a la energía (artículo III-256) y a la conservación y mejora del medio ambiente (artículo III-233), anotando el objetivo de «fomentar la eficiencia energética y el ahorro energético así como el desarrollo de energías nuevas y renovables» (artículo III-256, apartado 1.c.). El fomento y desarrollo de las FER se podría instrumentar mediante mecanismos internalizadores de externalidades, basados en el principio de «quien contamina paga», tal y como se recoge en la Directiva de Responsabilidad Ambiental (Diario Oficial de la Unión Europea, 2004).
- [12] La internalización de los costes sociales o la aplicación del principio QCP puede alcanzarse también a través de una fiscalidad incentivadora mediante impuestos ambientales. Sin embargo, dada la rigidez de la demanda energética en relación a los precios, se debe emitir una «señal precio», es decir, la presión fiscal ha de ser lo suficientemente elevada (Comisión Europea, 2000b).
- [13] El precio de venta de la electricidad producida en régimen especial se calcula en base al precio de mercado, una prima, un incentivo por participación en el mercado y un complemento por energía reactiva. Por razones de simplicidad en el análisis, asumiremos que el precio de venta se descompone en el precio de venta en el pool de energía más la prima correspondiente a la tecnología de producción.
- [14] Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial (BOE nº 75, de 27 de marzo de 2004) y corrección de errores publicada en el BOE nº 85, de 8 de abril de 2004.
- [15] Obtenemos esta cifra a partir de datos proporcionados por la Comisión Nacional de Energía (CNE, 2004).
- [16] Se diferencian seis etapas: exploración, construcción de las plantas, extracción, generación de energía, almacenamiento de residuos y procesos de transporte diversos.
- [17] Navrud (1994) argumenta que la transferencia de resultados, con estimaciones monetarias provenientes de otros estudios, origina una subestimación de los daños. Sundqvist (2002) afirma que las estimaciones de ExternE tienen una elevada probabilidad de estar subestimadas.
- [18] Cálculos realizados en base a las estimaciones de costes externos de la producción de electricidad en Dinamarca, Finlandia, Francia, Grecia, Alemania, Países Bajos, Portugal, Suecia y Gran Bretaña.
- [19] Para el cálculo de daños evitados se consideran los costes externos de la producción de electricidad (European Commission, 1995a,b,c,d,e,f; European Commission, 1999a,b,c,d), costes sociales de importar hidrocarburos (Leiby *et al.*, 1997), prestaciones de desempleo evitadas y costes evitados por la disminución del riesgo de incendios, todo ello en un escenario de sustitución de 1.019 GWh generados con combustibles fósiles (petróleo y carbón) por FER. Véase Soliño *et al.* (2008 y 2009) para una explicación detallada.
- [20] Estimación que podemos catalogar de mínima pues dejamos fuera de nuestra estimación los efectos inducidos en el tejido industrial, sobre el desarrollo sostenible en el uso de la energía, las ventajas de la diversificación de suministros, las mejoras inducidas en la conservación del patrimonio natural silvícola, etc.
- [21] Menéndez (1997) considera que las ayudas públicas deben orientarse a encontrar vías de reconocimiento de las dos principales partidas de beneficios de la biomasa: una energética y otra de interés estructural o social.
- [22] Las energías renovables como la eólica, solar o hidráulica tienen un coste directo de combustible nulo.
- [23] Dos ejemplos de estimaciones sobre costes privados de tecnologías no renovables son Viladrich (2001), que proporciona estimaciones de costes de operación para fuentes convencionales e hidroeléctrica; y Baranzini (1997), quien estima costes privados para gas natural, fuel y carbón.
- [24] También se debe considerar el precio del recurso para otros usos diferentes a la valorización energética (IDAE, 2003).
- [25] En forma de subvención a los costes de aprovisionamiento.
- [26] El 25% y el 13% restante se completaría con residuos de industrias forestales o biomasa primaria, lo que con la estructura actual de ayudas públicas, no supondría un coste adicional para el productor.
- [27] La excepción sería la hidroeléctrica.

BIBLIOGRAFÍA

BARANZINI, A. (1997): «Evaluation of Energy External Costs. A Review with an Emphasis on the Public Health Impact of Fossil Fuels». International Academy on the Environment, Geneva-Switzerland. *Working paper*, nº. 53.

BRETTEVILLE, C. y ASBJØRN, H. (2004): «Sectoral Opposition to Carbon Taxes in the EU – A Myopic Economic Approach». *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 4(3): pp. 279-302.

BUNUEL, M. (2002): «Energía, Cambio Climático e Instrumentos de Control». En: Gago, A. y Labandeira, X. (2002). *Energía, Fiscalidad y Medio Ambiente en España*. Instituto de Estudios Fiscales, Madrid. pp. 193-218.

CAMPS, M. y MARCOS, F. (2001): *Los Biocombustibles*. Mundi-Prensa, Madrid.

CARBAJO, D. y HERRERA, P.M. (2003): «Marco Jurídico Constitucional y Comunitario de la Fiscalidad Ambiental». *Fundación Biodiversidad - Papeles de Trabajo sobre Medio Ambiente y Derecho*, nº 2.

CNE (2004): *Régimen Especial en España: Información Estadística sobre las Ventas de Energía del Régimen Especial*. Comisión Nacional de Energía, Madrid.

COMISIÓN EUROPEA (1997): «Energía para el Futuro: Fuentes de Energía Renovables. Libro Blanco para una Estrategia y un Plan de Acción Comunitarios». COM(97) 599 final. Bruselas.

COMISIÓN EUROPEA (2000a): «Hacia una Estrategia Europea de Seguridad del Abastecimiento Energético». COM (2000) 769 final. Bruselas.

COMISIÓN EUROPEA (2000b): «Propuesta de Directiva relativa a la Promoción de la Electricidad Generada a partir de Fuentes de Energía Renovables en el Mercado Interior de la Electricidad». COM (2000) 884 final, 2000/0116 (COD), Bruselas.

COMISIÓN EUROPEA (2001a): «Directrices Comunitarias sobre Ayudas Estatales en favor del Medio Ambiente». *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, nº C 37, de 03/02/2001: 3-15.

COMISIÓN EUROPEA (2001b): «Desarrollo Sostenible en Europa para un Mundo Mejor: Estrategia de la UE para un Desarrollo Sostenible» COM (2001) 264 final. Bruselas.

CORNEJO, A. (2003): «Fiscalidad Ambiental y Competitividad Internacional: Los Ajustes Fiscales en Frontera». *Fundación Biodiversidad - Papeles de Trabajo sobre Medio Ambiente y Economía*, nº 4.

DIAKOULAKI, D., MIRASGEDIS, S. y TZIANZI, M. (2000): «Environmental Externalities and the Development of Renewable Energy Sources». *EAERE Annual Conference*. Rethymnon (Greece), 30 June-2 July.

DIARIO OFICIAL DE LA UNIÓN EUROPEA (2004): «Directiva 2004/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de abril de 2004 sobre Responsabilidad Medioambiental en relación con la Prevención y Reparación de Daños Medioambientales». L 143/56, 30/04/2004.

EUROPEAN COMMISSION (1995a): *ExternE: Externalities of Energy Vol. 1: Summary*. EUR 16520 EN. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

EUROPEAN COMMISSION (1995b): *ExternE: Externalities of Energy Vol. 2: Methodology*. EUR 16521 EN. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

EUROPEAN COMMISSION (1995c). *ExternE: Externalities of Energy Vol. 3: Coal & Lignite*. EUR 16522 EN. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

EUROPEAN COMMISSION (1995d): *ExternE: Externalities of Energy, Vol. 4: Oil & Gas*. EUR 16523 EN. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

EUROPEAN COMMISSION (1995e): *ExternE: Externalities of Energy Vol. 5: Nuclear*. EUR 16524 EN. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

EUROPEAN COMMISSION (1995f): *ExternE: Externalities of Energy, Vol. 6: Wind & Hydro*. EUR 16525 EN. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

EUROPEAN COMMISSION (1999a): *ExternE: Externalities of Energy, Vol. 7: Methodology 1998 Update*. EUR 19083. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

EUROPEAN COMMISSION (1999b): *ExternE: Externalities of Energy, Vol. 8: Global Warming*. EUR 18836. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

EUROPEAN COMMISSION (1999c): *ExternE: Externalities of Energy Vol. 9: Fuel Cycles for Emerging and End-Use Technologies, Transport and Waste*. EUR 18887. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

EUROPEAN COMMISSION (1999d): *ExternE: Externalities of Energy, Vol. 10: National Implementation*. EUR 18528. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

EUROPEAN COMMISSION (2003): *External Costs. Research Results on Socio-Environmental Damages Due to Electricity and Transport*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

EUROPEAN COMMISSION (2004): *The Share of Renewable Energy in the EU. Country Profiles: Overview of Renewable Energy Sources in the Enlarged European Union*. Commission of the European Communities, SEC (2004) 547.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2004): *Energy Subsidies in the European Union: A Brief Overview*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

GAGO, A. y LABANDEIRA, X. (1999): *La Reforma Fiscal Verde*. Mundi-Prensa, Madrid.

GAGO, A. y LABANDEIRA, X. (2002): «Introducción: Fiscalidad, Energía y Medio Ambiente». En: Gago, A. y Labandeira, X. (2002). *Energía, Fiscalidad y Medio Ambiente en España*. Instituto de Estudios Fiscales, Madrid. pp. 15-23.

GAGO, A., LABANDEIRA, X. y RODRÍGUEZ, M. (2003): «Evidencia Empírica Internacional sobre los Dividendos de la Imposición Ambiental». *Fundación Biodiversidad - Papeles de Trabajo sobre Medio Ambiente y Economía*, nº 3.

IDAE (2003): *Eficiencia Energética y Energías Renovables. Boletín nº 5*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía - Ministerio de Ciencia y Tecnología, Madrid.

IDAE-MINER (1999): *Plan de Fomento de las Energías Renovables en España (2000-2010)*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid.

IGNACIUK, A., VÖHRINGER, F., RUIJS, A. y VAN IERLAND, E.C. (2004): «Competition Between Biomass and Food Production in the Presence of Energy Policies – A Partial Equilibrium Analysis». *13th Annual Conference of European Association of Environmental and Resource Economics*, June 25-28th.

JÄGER-WALDAU (ed.) (2004). *Energy End-Use Efficiency and Electricity from Biomass, Wind and Photovoltaics in the European Union*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

LEIBY, P.N., JONES, D.W., CURLEE, T.R. y LEE, R. (1997): *Oil Imports: An Assessment of Benefits and Costs*. Oak Ridge National Laboratory, Tennessee.

LINARES, P. (1997): «Una Aplicación de la Programación Multiobjetivo a la Planificación Eléctrica». *Energía* marzo-abril: pp. 71-75.

MÁRQUEZ, R. (2002): «La Fiscalidad de la Energía en la Unión Europea: El Estado de la Cuestión». *Fundación Biodiversidad - Papeles de Trabajo sobre Medio Ambiente y Economía*, nº 2.

MEADOWS, D.H., MEADOWS, D.L., RANDERS, J. y BEHRENS III, W.W. (1972): *The Limits to Growth*. The American Library, New York.

MENÉNDEZ, E. (1997): *Las Energías Renovables*. Los libros de la Catarata, Madrid.

MINISTERIO DE INDUSTRIA-IDAE (2005): *Plan de Energías Renovables en España 2005-2010*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid.

MIRASGEDIS, S., DIAKOULAKI, D., PAPAGIANNAKIS, L. y ZERVOS, A. (2000): «Impact of Social Costing on the Competitiveness of Renewable Energies: The Case of Crete». *Energy Policy*, 28: pp. 65-73.

NAVRUD, S. (1994): «Economic Valuation of External Costs of Fuel Cycles. Testing the Benefit Transfer Approach». In: Almeida de, A., Rosenfeld, A., Roturier, J. and Norgard, J. *Integrated Electricity Resource Planning*. NATO ASI Series, The Netherlands, pp. 50-66.

REICHE, D. y BECHBERGER, M. (2004): «Policy Differences in the Promotion of Renewable Energies in the EU Member States». *Energy Policy*, 32: 843-849.

SOLIÑO, M., PRADA, A., VÁZQUEZ, M.X. (2008): «Social benefits and public policy to support green electricity in Spain. An application to biomass». In: Magnusson, F.L. and Bengtsson, O.W. (Ed.). *Energy in Europe. Economics, Policy and Strategy*. NOVA Publishers, New York, pp. 145-162.

SOLIÑO, M., PRADA, A. y VÁZQUEZ, M.X. (2009): «Green Electricity Externalities: Forest Biomass in an Atlantic European Region». *Biomass and Bioenergy*, 33(3): pp. 407-414.

STENZEL, T., FOXON, T. y GROSS, R. (2003): *Review of Renewable Energy Development in Europe and the US*. Imperial College London. Centre for energy Policy and Technology, London.

SUNDQVIST, T. (2002): *Power Generation Choice in the Presence of Environmental Externalities*. Doctoral Thesis. Department of Business Administration and Social Sciences – Division of Economics, Luleå University of Technology.

UNIÓN EUROPEA (2003): «DIRECTIVA 2003/96/CE DEL CONSEJO de 27 de octubre de 2003 por la que se reestructura el régimen comunitario de imposición de los productos energéticos y de la electricidad». *Diario Oficial de la Unión Europea* L 283: 31/10/2003.

UNIÓN EUROPEA (2004a): «DIRECTIVA 2004/74/CE DEL CONSEJO de 29 de abril de 2004 por la que se modifica la Directiva 2003/96/CE en lo que respecta a la posibilidad de que ciertos Estados miembros apliquen a los productos energéticos y la electricidad exenciones o reducciones temporales del nivel impositivo». *Diario Oficial de la Unión Europea* L 157: 30/04/2004.

UNIÓN EUROPEA (2004b): «DIRECTIVA 2004/75/CE DEL CONSEJO de 29 de abril de 2004 por la que se modifica la Directiva 2003/96/CE en lo que respecta a la posibilidad de que Chipre aplique a los productos energéticos y la electricidad exenciones o reducciones temporales del nivel impositivo». *Diario Oficial de la Unión Europea* L 157: 30/4/2004.

VILADRICH, M. (2001): «Internalising Externalities: Are Cogeneration Subsidies High Enough?». *Documento de Trabajo* nº 0104, Universidad Pública de Navarra.

VILAS, L. (2002): «Soluciones de Viabilidad para una Central de Tratamiento de Biomasa en Galicia». Comunicación presentada en las *Jornadas Internacionales Montes y Energía Renovables*, Santiago de Compostela, 14-15 de noviembre de 2002.

WORLDWATCH INSTITUTE (2004): *La Situación del Mundo, 2004*. Fuhem-Icaria, Barcelona.

