

Electricidad verde.

La biomasa en los montes de Galicia

ALBINO PRADA BLANCO (dir.)

MARIO SOLIÑO MILLÁN

MARÍA XOSÉ VÁZQUEZ RODRÍGUEZ

© CIEF, CENTRO DE INVESTIGACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA
FUNDACIÓN CAIXA GALICIA, 2006



SUPERVISIÓN Y COORDINACIÓN TÉCNICA EDITORIAL:

Depto. Publicaciones y Documentación

Fundación Caixa Galicia

EQUIPO DE INVESTIGACIÓN:

Albino Prada Blanco (dir.)

María Xosé Vázquez Rodríguez

Mario Soliño Millán

DISEÑO GRÁFICO: uqui lllll cebra

IMPRESIÓN: 84-96494-65-9

ISBN:

DEPÓSITO LEGAL:



**Electricidad verde.
La biomasa en los montes de Galicia**

ALBINO PRADA BLANCO (dir.)

MARIO SOLIÑO MILLÁN

MARÍA XOSÉ VÁZQUEZ RODRÍGUEZ

Agradecimientos

Esta monografía reúne los principales resultados de un proyecto de investigación que recibió financiación de la Fundación Caixa Galicia (FEUGA 110/115 I+D: CO-104-2002) y del Ministerio de Ciencia y Tecnología (AGL2002-04753).

Versiones previas de los distintos capítulos fueron presentadas y defendidas en diversos eventos científicos nacionales e internacionales. Explícitamente queremos dejar constancia de nuestro agradecimiento por aportaciones y críticas realizadas en estos foros a Pablo Campos, Emilio Cerdá, David Martín y María Loureiro, entre otros.

También queremos agradecer de forma especial su desinteresada colaboración en diferentes fases de nuestra investigación a Rosa Sáez y Yolanda Lechón (CIEMAT), Domenico Rossetti (Comisión Europea), José Ramón Figueiredo (Allarluz), Olaya Suárez (Asociación de Productores de Energías Renovables), Luis Ortiz (Departamento de Ingeniería de los Recursos Naturales y Medio Ambiente, Universidad de Vigo) y Esther de Blas (Departamento de Biología Vegetal y Ciencia del Suelo, Universidad de Vigo).

Queremos también hacer mención a un buen grupo de profesores y amigos que nos favorecieron en este empeño con su colaboración; entre ellos debemos citar a Carmelo León, Jorge Araña, Alberto Gago, Xavier Labandeira, a nuestros compañeros del grupo de investigación ERENEA (Economía dos Recursos Naturais e Ambientais)...

El personal de campo y directivo (L. Sixto, A. Barbosa y C. Cigarrán) de la empresa SONDAXE nos ha atendido y suministrado una valiosa y precisa información empírica. Pero sin duda todos los entrevistados, tanto en los grupos de enfoque como en el cuestionario de valoración, son los auténticos artífices de esta monografía. Nosotros solamente hemos intentado analizar con rigor científico sus opiniones y preferencias.

Los autores agradecen asimismo los comentarios de un evaluador anónimo externo.

Índice

Introducción	15
Valorización energética de la biomasa forestal	25
1. Introducción a las fuentes de energía renovables	25
2. Las fuentes de energía renovables y la biomasa en España y Galicia: Presente y futuro	32
3. Biomasa forestal en Galicia: Estado y potencialidades forestales	47
4. Conclusiones	62
Costes y beneficios externos de recursos energéticos fósiles versus biomasa	65
1. Introducción	65
2. Costes externos en la generación de electricidad	68
3. Externalidades positivas en la valorización eléctrica de la biomasa	85
4. Conclusiones	97
Costes (privados y sociales) de gestión y procesos industriales disponibles para la valorización eléctrica de la biomasa	101
1. Introducción: Contexto de los costes privados	101
2. Valorización eléctrica de la biomasa en la Unión Europea	102
3. Análisis de costes privados de la generación eléctrica en España	105
4. Aprovisionamiento y costes del combustible	110
5. Ingresos y costes en la central de Allarluz	113
6. Costes privados, tarifas y primas	119
7. Costes sociales e intervención pública	123
8. Conclusiones	137

Una aplicación de valoración económica del beneficio social en la producción de electricidad con la biomasa forestal de los montes gallegos	143
1. Introducción	143
2. Métodos de valoración económica de externalidades ambientales: Preferencias declaradas vs. preferencias reveladas	146
3. El método de valoración contingente	157
4. Una aplicación a los beneficios sociales de la biomasa forestal para generación de electricidad	166
5. Análisis descriptivo de las respuestas	175
6. Análisis de valoración contingente	195
7. Elevación de resultados y conclusiones	216
Anexo I. Medidas de cambio en el bienestar: Variación compensatoria y variación equivalente	222
Anexo II. Muestreo previo y muestra definitiva	229
Anexo III. Cuestionario de valoración	230
Conclusiones	241
Referencias bibliográficas	257

[...] hace más de 20.000 años, en Australia

Los «agricultores» de las antorchas quemaban el bushland siguiendo ciclos regulares. Uno de sus objetivos era impedir que se acumulara material combustible que pudiera alimentar más tarde incendios mayores y más peligrosos.

D. Christian, *Mapas del tiempo*, Crítica, 2005, p. 242.

[...] antes de 1965, en Galicia

Ata 1965, temos visto regularmente cada ano, no cerne do verán, unha gran parte de Galicia sepultada polos fumes das estivadas. Eran entón espectáculos inesquecibles o das chamás roxas correndo, á caída do serán, ó longo dos terróns secados ou o dos homes e as mulleres axitándose, galleta en man, como outros tantos personaxes de soño, perdidos nos veos azulados, para apagar ou, pola contra, reaviva-las brasas. Mesetas e cumios dedicados ó mato animábanse entón cunha estraña vida. No fondo dos vales, das depresións e das brañas acumulábanse os cheiros abafantes, ásperos e difíciles de respirar.

Abel Bouhier, *La Galice*, Xunta de Galicia, 2001, p. 818.

[...] despues de 1967, en Galicia

Ó deshumaniza-lo monte, que xa non resoa coas febrís actividades da primavera e do verán, ó marxina-lo monte e contribuír a transformalo nun amplo piñeiral ás veces perigoso, a rápida desaparición das estivadas, quéirase ou non, golpeou en pleno corazón á agricultura galega e desequilibrouna completamente.

Abel Bouhier, *La Galice*, Xunta de Galicia, 2001, p. 846.



Presentación

José Luis Méndez López

Director General de Caixa Galicia

Desde diversas instancias nacionales y supranacionales, aumentar el peso de las energías renovables en el conjunto de las disponibilidades energéticas se ha convertido en un objetivo prioritario que, recientemente, se ha visto fortalecido por la subida experimentada por los precios de los combustibles fósiles. Dentro de las fuentes de energías renovables, la biomasa forestal reúne características que la convierten en una opción con clara proyección de futuro.

La transformación de los residuos de la actividad forestal y de la biomasa abandonada en los montes en un recurso con posibilidades de aprovechamiento energético supone una puesta en valor del mismo que, además de favorecer una gestión más eficiente de los bosques naturales y de las plantaciones forestales, genera importantes beneficios socioeconómicos y medioambientales. Entre otros, disminuye la dependencia energética y contribuye al desarrollo sostenible, reduce la emisión de gases de efecto invernadero, impulsa el desarrollo de nuevas actividades económicas y la generación de empleo en las zonas rurales ayudando a frenar el éxodo de la población y el abandono de las tierras, facilita el mantenimiento de las zonas madereras en buen estado para su reforestación, contribuyendo además a la reducción de los incendios y a la rehabilitación de tierras degradadas.

Todas estas razones avalan el creciente interés mostrado por las autoridades españolas y comunitarias en sus respectivos planes energéticos, en los cuales establecen, para el horizonte del 2010 unos ambiciosos objetivos de producción de energía eléctrica a partir de biomasa forestal, objetivos que, se sitúan todavía muy lejos del consumo actual de electricidad proveniente de esta modalidad.

Teniendo en cuenta que Galicia es una potencia forestal, la relevancia del tema abordado en esta nueva publicación del Centro de Investigación Económica y Financiera (CIEF) de la Fundación Caixa Galicia está fuera de toda duda. En la investigación llevada a cabo se analizan los temas clave en torno a los cuales se debería diseñar una estrategia para desarrollar y viabilizar el aprovechamiento de la biomasa forestal, teniendo en cuenta las externalidades generadas a la hora de evaluar los costes y beneficios asociados a esta fuente de energía frente a otras alternativas.

El trabajo ha sido realizado por un grupo de expertos que cuenta con una amplia trayectoria en este campo de análisis y que colaboran asiduamente con la Fundación Caixa Galicia, habiendo publicado en esta misma colección, en el año 2005, el libro *Beneficios y costes sociales en la conservación de la Red Natura 2000*. Tanto ésta, como la publicación que hoy presentamos, se inscriben en una línea de investigación relacionada con el mundo rural, la valoración económica de los recursos naturales y la economía ambiental, que consideramos de importancia estratégica para el desarrollo de las energías renovables y las actividades agrarias y forestales en nuestro país en los próximos años.

Introducción

La intervención pública en el sector energético se fundamenta en el establecimiento de un planificador (la UE, el Estado y las comunidades autónomas), que debe diseñar y desarrollar políticas que coordinen elementos cada vez más interrelacionados: la política energética, el desarrollo sostenible y la conservación del medio ambiente. En este nuevo escenario, las fuentes de energía renovables (FER) desempeñan un papel relevante, pues su creciente peso en el balance energético es un elemento clave para impulsar una estrategia de desarrollo sostenible.

El menor coste de la electricidad generada con combustibles fósiles resulta ficticio al no incorporar las externalidades negativas que se producen (en los procesos de extracción, transporte, utilización, etc.) sobre el entorno socio-económico y el medio ambiente. Por lo tanto, una correcta cuantificación e internalización de costes y beneficios ambientales constituiría la vía más eficaz para integrar las consideraciones socio-ambientales de la actividad energética en un escenario de desarrollo sostenible.

La valoración económica es el instrumento necesario para incorporar las externalidades (tanto negativas como positivas) al precio de la energía, pues permite estimar su magnitud en términos monetarios. Entonces, la internalización de las externalidades permitiría considerar el coste real de la energía, incorporando los beneficios y perjuicios externos (económicos, sociales y ambientales) que se generan y obteniendo los costes sociales totales de la misma.

La UE ha financiado diversos proyectos de investigación sobre FER, tales como el programa ALTENER (condiciones socioeconómicas, administrativas y jurídicas), THERMIE (investigación y desarrollo tecnológico) o el proyecto ExternE, que utiliza la función de daño y el análisis de ciclo de vida como métodos de aproximación a los costes asociados a la ener-

gía eléctrica en sus fases de generación, distribución y consumo. Sin embargo, las estimaciones realizadas en ExternE, además de dejar fuera del análisis una parte de las externalidades de la energía eléctrica, tampoco estima los efectos positivos (sociales y medioambientales) que se derivan de la producción de electricidad con FER.

En el Libro Blanco de energía de Galicia se puede leer que *«sobre la realidad energética futura habrá menos números y más conceptos y tendencias relacionadas con los activos intangibles»*. En este informe haremos un esfuerzo por aportar cuantificaciones sobre intangibles, pretendiendo avanzar en un proceso de cambio en el sector energético que conforma, más que nunca, un objetivo primordial para la sociedad.

Por ello, en el capítulo 1 comenzaremos analizando el escenario energético de la UE, su situación actual y los objetivos establecidos a medio plazo. Destacaremos la importancia de las FER en la estrategia energética europea para el año 2010 y, entre las tecnologías renovables, la posición de primer orden que ocupa la biomasa forestal. Situaremos a España en el conjunto de la Unión Europea y analizaremos las diferentes estrategias energéticas en cuanto a producción de electricidad con FER.

A continuación analizaremos el peso actual de las FER en el balance energético español y su evolución en los últimos años. Especialmente relevante para nosotros será comparar la situación y objetivos para la electricidad generada con biomasa forestal (e-biomasa) en Galicia y España pues, en diversos indicadores forestales (superficie arbolada, producción maderera, almacenamiento de carbono, etc.), la comunidad gallega presenta una situación privilegiada en el escenario nacional.

Ante la falta de datos directos sobre residuos forestales actualmente no valorizados, cuantificaremos la cantidad de electricidad que se podría producir en base a los residuos generados anualmente en las cortas madereras y en la limpieza sostenible de matorral. Podremos así estimar en qué medida los objetivos establecidos para Galicia por las administraciones públicas en cuanto a e-biomasa se adecuan a las potencialidades del recurso aquí estimadas.

En el capítulo 2 describiremos los costes sociales de la generación de energía eléctrica, integrados por los costes privados, costes externos (medioambientales y no medioambientales) y costes de regulación. En este capítulo nos centraremos en el análisis de los costes externos, siendo

los objetivos principales del capítulo 3 analizar los costes privados y los costes de regulación respectivamente.

Los costes externos, que agruparemos en medioambientales (efectos sobre el medio ambiente) y no medioambientales (efectos sobre la sociedad y la economía), no tienen asociado un precio de mercado para su generador. Al no incorporarse los costes externos en los precios, los niveles de producción y precios resultan ineficientes desde un punto de vista social. Entre los costes externos medioambientales, analizaremos los efectos de la generación de electricidad sobre el cambio climático y otros problemas ambientales. Para ello recurriremos a las estimaciones realizadas en el proyecto ExternE que, utilizando el método de función de daños, estima externalidades negativas asociadas a la generación de electricidad con ocho fuentes de energía (renovables y no renovables) en los estados miembros de la UE. Respecto a costes externos no medioambientales, es decir, costes asociados a la dependencia energética y la inseguridad de suministros y precios, realizaremos una aproximación a los costes sociales de la importación de hidrocarburos.

Cuando se realiza una sustitución de electricidad generada con fuentes energéticas convencionales (e-FEC) por e-FER, se observa que parte de los costes externos pasarían a ser evitados. Además, la producción de e-FER conllevaría la generación de beneficios externos. Así, beneficios externos a analizar en el caso de la valorización energética de la biomasa son, por ejemplo, la disminución de riesgos de incendios y la creación de empleo en el medio rural. En el primer caso, supondremos que la sustitución de e-FEC por e-biomasa originaría una disminución en los costes de las políticas de lucha y defensa contra incendios. En el segundo, en base al ahorro en prestaciones de desempleo, estimaremos el beneficio en la creación de empleo rural que conllevaría la implantación de nuevas centrales de biomasa.

En base a los análisis disponibles en economía ambiental sobre costes externos, y a las estimaciones realizadas sobre beneficios externos de la sustitución de combustibles fósiles por biomasa en los procesos de generación de electricidad, agregaremos los beneficios sociales de la producción de e-biomasa en un escenario con 100 MW instalados de biomasa, cuya producción sustituiría la electricidad generada con combustibles fósiles como el carbón y el petróleo.

Como ya hemos mencionado, en el capítulo 3 incorporamos al análisis otro de los componentes de los costes sociales de la electricidad: los costes privados. Éstos, a diferencia de los externos, tienen asociado un precio de mercado. Se trata, por tanto de costes derivados del proceso de generación eléctrica: inversión inicial de capital, compra de combustible, transporte, etc.

Contextualizaremos los costes privados de los procesos de generación energética en diferentes países de la Unión Europea para, a continuación, analizar los costes privados de diferentes tecnologías de producción eléctrica. Cuantificaremos, por tanto, el diferencial entre los costes privados de las FEC y las FER en general, y entre las diferentes tecnologías renovables en particular.

Tomando como referencia la única central existente a día de hoy en Galicia que valoriza residuos forestales para la generación y vertido de electricidad en la red, detallaremos los costes privados de la electricidad «verde» obtenida de la biomasa forestal. Veremos como la logística del suministro de combustible es una de las barreras de entrada en el mercado más importante para la biomasa, pues representa gran parte de los costes privados totales. De hecho, comprobaremos que en el caso de la biomasa forestal, los costes de aprovisionamiento de combustible son muy superiores a los de otras tecnologías renovables, llegando a representar prácticamente el 70% de los costes privados totales.

Constataremos que otras FER como la eólica, solar o hidráulica tienen, a diferencia de la biomasa, costes de combustible nulos. Por lo tanto, dada la importancia de este coste para la penetración de la e-biomasa en el mercado, plantearemos la necesidad de diseñar una política silvoenergética que complemente las ayudas existentes y, como paso preliminar para el diseño de esta política, estimaremos las subvenciones necesarias para que la valorización eléctrica de los restos de las cortas madereras y los derivados de la limpieza del matorral pueda ser económicamente viable en Galicia.

Las ayudas a la producción de e-FER se basan en un sistema de discriminación tarifaria positiva, instrumentado sobre el establecimiento de primas a la producción de electricidad. Por ello, en el capítulo 3 analizaremos el sistema de tarifa, primas e incentivos para las FER en España. Veremos que los costes privados de la biomasa son superiores al binomio formado por los ingresos derivados de la venta de electricidad más las pri-

mas a la producción, por lo que sería coherente con el planteamiento y objetivos de la Unión Europea sobre la energía, internalizar los costes externos ya analizados en el capítulo 2, de forma que se acelere la penetración de la e-biomasa en el mercado eléctrico. Argumentaremos entonces sobre la necesidad de internalización de costes sociales de las FER en general y de la biomasa en particular, discutiendo sobre las vías de internalización de los mismos. Previa a la internalización, veremos que sería necesario eliminar todas aquellas subvenciones no justificadas a las energías más contaminantes, tanto implícitas en forma de subsidios, como explícitas en forma de no internalización de los costes externos que generan, pues constituyen elementos distorsionantes en el sistema eléctrico y obstaculizan la libre elección de fuentes energéticas renovables.

A continuación analizaremos el sistema de financiación de e-FER en España. Este sistema se articula mediante la introducción de un recargo en forma de impuesto energético-ambiental sobre el consumo de electricidad, que genera un fondo destinado a financiar las primas a la producción de e-FER. Veremos como este fondo muestra una clara atonía e insuficiencia para la e-biomasa, pues en el diseño de las primas no se consideran los costes sociales. De hecho, tales primas no llegan a compensar siquiera los costes privados de los productores de e-biomasa y, por tanto, no se logra acelerar la penetración de esta tecnología en el mercado (objetivo prioritario en nuestras estrategias energéticas según lo analizado en el capítulo 1).

Además, como ya habíamos constatado en el capítulo 2, la valorización eléctrica de la biomasa, a diferencia de otras FER, genera externalidades no sólo en la generación eléctrica, sino también en los procesos de abastecimiento de combustible. Por ello, reiteramos la conveniencia de diseñar dos líneas de ayudas: una ya existente basada en primas destinada a internalizar los costes externos de la generación eléctrica, y otra en forma de programas silvoenergéticos de subvenciones directas al combustible, de forma que se internalicen los beneficios sociales generados por la retirada de biomasa forestal.

En esta situación, pasa a primer plano de qué manera el precio actual –y los costes– de un kWh de electricidad *verde* (biomasa forestal) o *negra* (combustibles fósiles como carbón, petróleo y gas natural) incide en aquellos efectos externos. Pues de no incluirse las externalidades en los precios

de mercado, los agentes no pagan ni por los beneficios que reciben en unos casos ni por los perjuicios que generan en los otros. Esto provoca una situación de infra-inversión y que las tecnologías renovables no sean desarrolladas a un nivel socialmente óptimo.

Por ello, en el capítulo 4, se plantea y responde a la cuestión de si los consumidores, y la sociedad en su conjunto, estarían dispuestos a remunerar en la cuantía anteriormente perfilada la *electricidad verde* obtenida de biomasa secundaria forestal y/o penalizar la opción *negra*, y no sostenible, hoy dominante. Para ello, realizaremos una revisión sobre los métodos de valoración económica, que constituyen la herramienta elemental para responder a la pregunta planteada. Veremos que sólo los métodos de preferencias declaradas, tales como la valoración contingente, permiten estimar el coste social total de la electricidad, pues solamente estos métodos pueden capturar el valor económico total.

Para responder a la pregunta que inicialmente nos planteábamos, en base a la revisión realizada en los primeros tres capítulos y a las herramientas técnicas (métodos de valoración) analizadas en el capítulo 4, diseñamos y llevamos a la práctica un cuestionario de valoración contingente que nos permite estimar la disposición al pago de la población gallega por un escenario de sustitución de e-FEC por e-biomasa.

En ese último capítulo detallaremos el proceso de diseño, estructuración y realización del cuestionario de valoración para, posteriormente, analizar la representatividad de la muestra (a nivel gallego) y las respuestas de percepción obtenidas. En el cuestionario se introduce un escenario de valoración en el que se plantea, básicamente, la sustitución del 10% de electricidad generada con FEC por e-biomasa en Galicia. En base al análisis de las respuestas a las preguntas del cuestionario, estimaremos una función de valor que nos permitirá, por una parte, analizar las variables influyentes en la decisión de contribuir a dicho cambio y, por otra, la intensidad con la que se financiaría la política de sustitución propuesta. Calcularemos la disposición al pago (contingente a los elementos del escenario) de la sociedad gallega y, mediante la agregación de la misma, el cambio de bienestar que se experimentaría por la sustitución de parte de la electricidad generada con fuentes energéticas convencionales (carbón, fuel y gas) por otra de carácter no dependiente o autóctona y renovable (generada con biomasa forestal).

Finalmente, en el apartado de conclusiones, realizaremos una recapitulación de los resultados más relevantes obtenidos en esta investigación y analizaremos la relevancia de la información obtenida como guía para una mejor planificación de un sector eléctrico ajustado a los criterios de sostenibilidad ambiental, no dependencia, renovabilidad y eficiencia energética.





Valorización energética de la biomasa forestal

1. Introducción a las fuentes de energía renovables

A finales de 1973 se produce la primera crisis del petróleo y en España el precio del barril importado pasa de 3,5 \$ en septiembre de 1973 a 11,9 \$ en mayo de 1974 (IDAE-MINER, 1999). España presentaba una elevada dependencia de este combustible y tenía una estructura energética poco diversificada, en la que el petróleo representaba el 75% del consumo de energía primaria. Aún así, la reacción hacia la eficiencia energética se hizo esperar, pues el cambio social y político que se estaba produciendo relegó a un segundo plano los problemas energéticos. No fue hasta después de la segunda crisis del petróleo –en la que el precio del barril importado pasó de 14,8 \$ en abril de 1979 a 30,5 \$ en abril de 1980 (IDAE-MINER, 1999)– cuando, con la promulgación de la *Ley 82/1980 de Conservación de la Energía*,¹ se empieza a trabajar en la mejora de la eficiencia energética y la disminución de la dependencia exterior.

Desde principios de la década de los años setenta hasta finales del siglo XX se duplicó el consumo final de energía y se espera que en el 2010 prácticamente se triplique (IDAE-MINER, 1999: 32). El aumento de la demanda energética se debe tanto al incremento de la actividad económica como a la demanda de la población para satisfacer un creciente número de «necesidades» (electrodomésticos, automóvil, calefacción, aire acondicionado, etc.).

¹ Publicada en el Boletín Oficial del Estado de 27 de enero de 1981.

Los usuarios finales de energía en la UE y España son, por orden de importancia, los sectores transporte, industria, doméstico, servicios y agricultura. Aunque el orden de importancia de los sectores es el mismo en España y la UE, existen diferencias relativas en cuanto a la participación de los mismos. Así, en el cuadro 1.1. podemos apreciar como en España el peso del transporte es un 7,3% superior que en la UE o como, en sentido inverso, la participación de los hogares en el consumo final de energía es un 11,2% inferior a la media europea.

Para el caso español, observando la estructura del consumo de energía primaria² por fuentes energéticas en 1975, 1995 y las previsiones del Plan de Fomento de Energías Renovables en España (PFER) para el año 2010³ (figura 1.1.), vemos como en 20 años se diversificaron las fuentes de energía y el petróleo fue perdiendo peso paulatinamente, pasando de prácticamente las tres cuartas partes del consumo de energía primaria en 1975 al 54% en 1995. A pesar de ello, en el 2010 esta fuente energética no renovable aportaría prácticamente la mitad del consumo de energía primaria en España. Al mismo tiempo, las fuentes de energía renovables (FER) pasarían de no estar presentes en el balance energético de 1975 a representar el 10,3% del consumo de energía primaria en 2010.

La importancia de tres fuentes energéticas fósiles como el petróleo, gas y carbón se traduce en que, a nivel mundial, representan el 79,79% de la oferta energética total (Xunta de Galicia, 2000). En el escenario energético internacional, las reservas de energía primaria se encuentran en numerosas ocasiones concentradas en zonas geopolíticamente complejas (léase petróleo en el Golfo Pérsico o gas en la antigua Unión Soviética y en el Oriente Medio). Este hecho, entre otros, ha ocasionado una

Cuadro 1.1. Consumo de energía final por sectores en la UE y España (%)

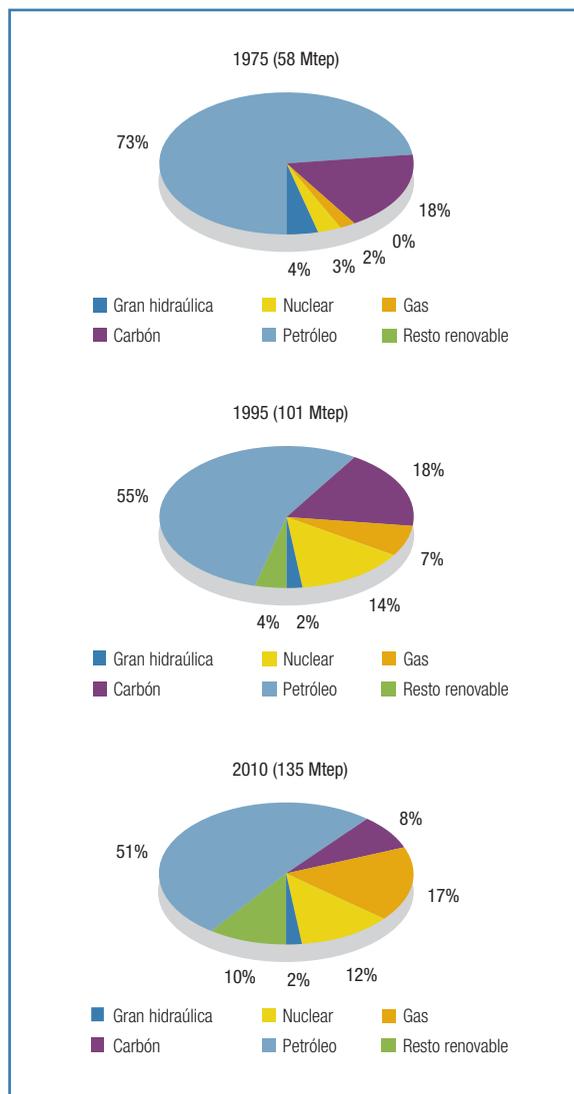
	UE	España
Transporte	32,1	39,4
Industria	27,8	30,9
Doméstico	26,2	15,0
Servicios	11,6	8,5
Agricultura	2,2	*6,2

* Incluye diferencias estadísticas
Fuente: elaboración propia sobre IDAE (2004).

² Obtenemos el consumo de energía primaria al integrar los consumos finales de energía con los de los sectores transformadores, teniendo en cuenta las pérdidas producidas en el transporte y la distribución.

³ En una primera fase, hasta el 2006, se pretende alcanzar el 50,4% de los objetivos del PFER (IDAE-MINER, 1999: 198).

Figura 1.1.
Consumo de energía primaria en España (1975-2010)



Fuente: elaboración propia sobre IDAE-MINER (1999: 38)

situación de inseguridad tanto en el suministro como en los precios de venta de los combustibles.

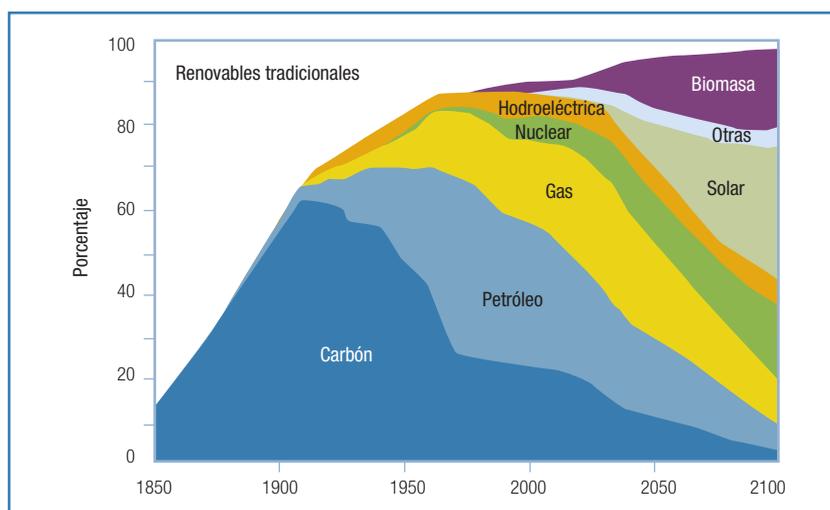
En el marco de la UE, las importaciones energéticas suponen más de la mitad de la energía anual disponible y las previsiones revelan una tendencia alcista por la que podrían ascender al 70% en el año 2020 (Xunta de Galicia, 2000). En este contexto, las FER se pueden convertir en un sustituto de parte de los combustibles fósiles importados (pues éstas se basan en recursos propios) mejorando por tanto la balanza de pagos (menor dependencia del exterior) y la seguridad en el suministro.

Así lo constata Naciones Unidas que, en base a un escenario en el que se introducen impuestos sobre el carbono y la energía (figura 1.2.), concluye que en el año 2100 las fuentes energéticas convencionales (FEC) podrían perder un considerable peso en favor de las FER (Ginkel *et al.*, 2002: 22; PNUD-IDAE, 2001: 20).

En los países desarrollados, la provisión de los productos energéticos finales se efectúa fundamentalmente a través de dos procesos: el refinado de petróleo y la producción de electricidad (Xunta de Galicia, 2000), siendo esta última la alternativa que parece más factible para desarrollar el potencial energético renovable nacional (sustitución de combustibles fósiles en los procesos de generación de electricidad). Es por ello especialmente relevante analizar el escenario actual y las posibilidades de producción de electricidad mediante FER (e-FER), cuestión que centrará nuestro análisis en los siguientes epígrafes.

Además de la contribución de las FER a la reducción de la dependencia energética del exterior y a la seguridad de los suministros, su utilización se refleja positivamente en otros aspectos que trataremos con mayor profundidad en el siguiente capítulo, tales como la creación de empleo, el desarrollo regional y rural, el medioambiente, la lucha contra el cambio climático, la salud, etc.

Figura 1.2.
Escenario energético prospectivo 2100



Fuente: PNUD-IDAE (2001: 20)

Antes de continuar nuestro análisis, es necesario explicitar cuáles son las fuentes energéticas que se clasifican como renovables.⁴ Para ello presentaremos un esquema que refleja las diferentes fuentes energéticas, tanto convencionales como renovables (figura 1.3.) y definiremos sucintamente cada una de las FER.

⁴ Consideraremos como FER aquellas recogidas en el Plan de Fomento de Energías Renovables: la minihidráulica, biomasa, eólica, residuos sólidos urbanos, eólica, solar térmica, fotovoltaica y geotermia.

La energía **hidráulica** procede del aprovechamiento, a través de la instalación de centrales hidroeléctricas, de la energía potencial de un curso de agua que es transformada en electricidad. Sobre la energía hidráulica se realiza la distinción entre aquella que procede de centrales con potencia instalada superior a 10 MW (gran hidráulica) de aquellas otras cuya potencia instalada no supera los 10 MW, denominada «mini hidráulica».

El tipo de políticas de fomento que fueron aplicadas a la electricidad procedente de la gran hidráulica (Xunta de Galicia, 2000) nos lleva a considerar la no inclusión de los datos de esta fuente energética, pues los datos pueden resultar sobredimensionados. Por lo tanto, en nuestro análisis sólo consideraremos la energía procedente de centrales hidroeléctricas de pequeña dimensión.

El **biogás** se genera a partir de residuos biodegradables, subproductos y otros residuos orgánicos, ya sean sólidos o líquidos, que pueden ser sometidos a procesos de mecanización para el posterior aprovechamiento energético del gas producido (IDAE-MINER, 1999). Se clasifican como biogás los efluentes industriales, lodos de EDAR (estación depuradora de aguas residuales), residuos orgánicos urbanos y ganaderos.

Los **biocarburantes** se obtienen de la transformación de cultivos vegetales, ya sea en forma de bioetanol (materia prima con alto contenido en azúcares simples como la remolacha o en azúcares compuestos como cereales tales como el trigo blando, la cebada o el maíz) o de biodiesel o ésteres metílicos (materia prima con alto contenido en grasa tal como el girasol y la colza).

Los **residuos sólidos urbanos** (RSU) provienen de la actividad humana, básicamente del entorno doméstico. La prioridad sobre RSU sería en primer lugar, disminuir su generación. En segundo, el reciclaje (vidrio, cartón, latas, plástico, etc.) y después el almacenamiento controlado. Sería la última alternativa, desde un punto de vista ambiental, el aprovechamiento energético de RSU orgánicos, pues las emisiones contaminantes producidas en estos procesos industriales y, por tanto, el impacto ambiental, son elevadas.

El aprovechamiento térmico o eléctrico de la materia orgánica de origen vegetal o animal, excluyendo los biocarburantes, el biogás y los residuos sólidos urbanos, constituye la energía de la **biomasa** (IDAE-

MINER, 1999). Dependiendo del tipo de residuos utilizados, la biomasa se divide en:

- **Primaria:** formada por cultivos energéticos de tipo leñoso y herbáceo, para producción de biomasa lignocelulósica orientada a su aplicación mediante combustión o gasificación⁵ y
- **Residual o secundaria:** derivada de actividades agrícolas,⁶ ganaderas, forestales y de procesos de transformación de industrias agroalimentarias⁷ y de transformación de madera.⁸

La energía **eólica** se obtiene de la energía del viento que es transformada en instalaciones aisladas (electrificación local, equipos de bombeo, desalación, etc.) o en instalaciones conectadas a la red (parques eólicos, centros de consumo conectados al propio sistema de distribución, etc.).

La energía **solar térmica** se obtiene en instalaciones que concentran el efecto térmico de la radiación solar y lo transfieren a diversos fluidos de forma activa (mediante elementos mecánicos). Si el procedimiento se realiza sin hacer transferencia a ningún fluido se puede aprovechar la energía solar de forma pasiva y sin la utilización de elementos mecánicos.⁹

La energía **solar fotovoltaica** consiste en el aprovechamiento de un diferencial de potencia derivado del efecto fotovoltaico de la luz al incidir sobre una serie de materiales semiconductores. Su aplicación puede ser a través de conexión a la red o de forma aislada (suministro eléctrico en zonas de difícil acceso de la red convencional: electrificación de viviendas, explotaciones rurales, bombeos para riego, etc.).

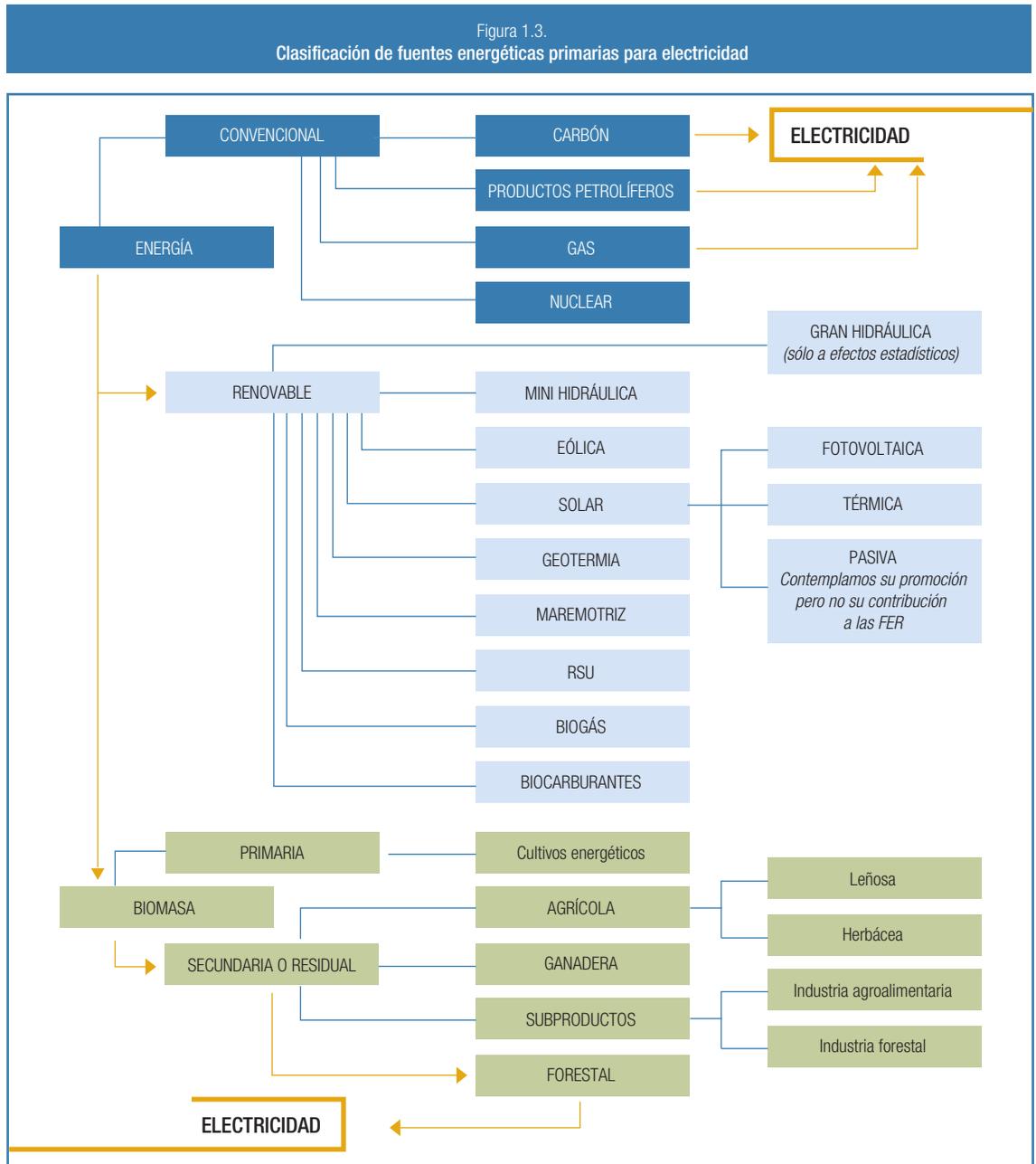
⁵ Los sistemas anuales como los cultivos energéticos o las plantaciones forestales tienen un impacto más negativo sobre el suelo y el agua que los sistemas perennes y forestales de largo turno (IDAE-MINER, 1999: 127).

⁶ Los residuos agrícolas leñosos se obtienen principalmente de podas de olivos, viñedos y frutales y los residuos agrícolas herbáceos de la paja de cereales de invierno como el trigo, la cebada y otros (actividades de carácter estacional).

⁷ Los de mayor relevancia en España son aquellos que proceden de la industria oleícola. Otros serían la cascarilla de arroz, la cáscara de almendra, etc.

⁸ En Galicia de especial relevancia los aserraderos, las fábricas de chapa de madera y las empresas de celulosa.

⁹ De la energía solar pasiva contemplaremos su promoción pero no su contribución a las FER.



La energía **mareomotriz** se obtiene a través de procesos de aprovechamiento de la energía potencial de las mareas. Es una energía en desarrollo en zonas costeras.¹⁰

Finalmente, la **geotermia** es una tecnología en desarrollo que consiste en el aprovechamiento energético de la energía térmica natural, o sea, la procedente del interior de la tierra. Esta energía alcanza niveles superficiales a través de rocas y fluidos que conforman sistemas geotérmicos (volcanes, géiseres, manantiales hidrotermales, suelos calientes, etc).

La sustitución parcial de las fuentes energéticas convencionales en la producción de electricidad, es decir, reducir la producción eléctrica con fuentes de energía como el carbón y el petróleo, y sustituirla por un sistema de producción de electricidad verde cuya fuente sea la biomasa forestal, será el eje central de esta investigación. Por ello, comenzaremos situando el escenario actual y futuro de las fuentes de energía renovables y la biomasa en Galicia y España.

2. Las fuentes de energía renovables y la biomasa en España y Galicia: Presente y futuro

El Libro Blanco de la Energía (Comisión Europea, 1997) fija el objetivo de que en el año 2010 la contribución de las FER a la demanda total de energía (o consumo de energía primaria) de la UE debe ser del 12%. En 1998 el porcentaje de FER sobre consumo total de energía primaria fue del 4% (IDAE-MINER, 1999), por lo que el objetivo fijado implicaría triplicar la aportación de las FER de finales de los noventa.

El Plan de Fomento de Energías Renovables en España marca el objetivo de que las FER representen el 12,3% del total de la energía primaria.¹¹ Las FER representaron en 1998 el 6,3% del total de energía primaria, por lo que el objetivo fijado implica prácticamente duplicar la participación de las FER en el total de energía primaria.

¹⁰ De igual forma que la energía solar pasiva, no contemplaremos su contribución a las FER.

¹¹ Si no incluimos gran hidráulica el porcentaje desciende al 10,3% (véase figura 1.1.).

Estos objetivos se dividen en consumo eléctrico y térmico. Tal y como hemos indicado en el epígrafe anterior, la producción de electricidad es la alternativa que parece más factible para desarrollar el potencial energético renovable nacional y por ello nos centraremos en la producción de electricidad mediante FER.

En lo que respecta a la aportación de las FER al consumo eléctrico bruto, el objetivo en la UE para el 2010 se cifra en el 5,6% sobre aquel 12% de contribución energética total (cuadro 1.2.). Entre las FER destacaría la biomasa pues prácticamente las dos terceras partes del consumo bruto renovable deberá proceder de ésta, que aportaría un 3,68% sobre el total de consumo bruto de energía en la UE. A continuación estarían la energía eólica y la hidráulica, aunque con un peso relativo muy inferior a la biomasa.

Cuadro 1.2. Consumo bruto de e-FER en la UE						
	1995			2010		
	Ktep	% TOTAL	% e-FER	ktep	% TOTAL	% e-FER
Hidráulica	8.100	0,58	48,90	12.100	0,74	13,17
Biomasa	6.760	0,47	40,81	60.000	3,68	65,29
Eólica	900	0,06	5,43	17.600	1,07	19,15
Geotérmica	800	-	4,83	1.500	0,09	1,63
Fotovoltaica	6	0,07	0,04	700	0,05	0,76
e-FER / Energía primaria	16.566	1,17	100,00	91.900	5,63	100,00

Fuente: elaboración propia sobre Comisión Europea (1997: 54, 57).

En la misma dirección, en España la contribución de e-FER al total de energía primaria aumenta significativamente, pasando de representar menos del 1% del total de energía primaria en 1998 a más del 6% en 2010, es decir, 7,5 veces el nivel de partida. El consumo bruto de electricidad procedente de fuentes de energía renovables se distribuye de la forma que podemos apreciar en el cuadro 1.3. La biomasa pasaría a ser en el 2010 la FER más importante, representando el 60% de la electricidad producida con tecnologías renovables. Su aportación al consumo eléctrico total se aproxima al 4%, cifra similar a la constatada para la UE.

En España, al igual que en la UE, la hidráulica disminuiría considerablemente su peso relativo, aunque no su contribución energética, que

Cuadro 1.3. Consumo bruto de e-FER en España

	1998			2010		
	Ktep	% TOTAL	% e-FER	ktep	% TOTAL	% e-FER
Hidráulica	402	0,35	40,55	594	0,44	6,79
Biomasa	169	0,15	17,05	5.269	3,90	60,24
Eólica	172	0,15	17,35	1.852	1,37	21,17
Biogás*	-	-	-	150	0,11	1,71
Fotovoltaica	1,3	-	0,13	19	0,01	0,22
Solar térmica	-	-	-	180	0,13	2,06
RSU	247	0,22	24,92	683	0,51	7,81
e-FER / Energía primaria	991	0,87	100,00	8.747	6,48	100,00

* En 1998 el biogás está incluido en biomasa.
Fuente: elaboración propia sobre IDAE-MINER (1999).

asciende ligeramente. La energía eólica se posiciona como la segunda FER en importancia, a una distancia considerable de la biomasa.

Una vez analizados los objetivos de contribución de e-FER a la energía primaria de la UE y España, pasaremos a examinar cuál es el volumen de producción eléctrica bruta necesario para alcanzar dichos objetivos. Debemos puntualizar que los datos de energía primaria no se pueden convertir automáticamente en términos de producción bruta de electricidad, pues se deben tener en cuenta los diferentes rendimientos asociados a las tecnologías renovables (IDAE-MINER, 1999).

La aportación de e-FER a la producción bruta de electricidad en la UE representó en 1995 un 2,8%. En 2010, se fija el objetivo de multiplicar esta cantidad por 4,5, alcanzando un peso del 13% sobre el total de electricidad producida en la UE (cuadro 1.4.). En términos generales, la estructura de producción de electricidad en la UE es similar a la ya analizada para la energía primaria (cuadro 1.2.). Así, destaca nuevamente la contribución de la biomasa, que se multiplica por 8,5 respecto al año 1995, siendo la FER más relevante en cuanto a su aportación a la producción eléctrica. Paralelamente, destaca también el impulso esperado para la energía eólica, que pasaría de representar un 0,2% a un 2,8%, de la producción total, justo por detrás de la biomasa aunque a gran distancia (21% frente a 61%).

Anteriormente hemos constatado la concordancia entre objetivos en términos de energía primaria entre España y la UE (cuadros 1.2. y 1.3.).

Cuadro 1.4. Producción de e-FER en la UE						
	1995			2010		
	GWh	% Total	% e-FER	GWh	% Total	% e-FER
Hidráulica	37.000	1,57	55,20	55.000	1,92	14,67
Biomasa	22.500	0,95	33,57	230.000	8,00	61,33
Eólica	4.000	0,20	5,97	80.000	2,80	21,33
Geotérmica	3.500	0,15	5,22	7.000	0,20	1,87
Fotovoltaica	30	-	0,04	3.000	0,10	0,80
Total e-FER	67.030	2,87	100,00	375.000	13,02	100,00

Fuente: elaboración propia sobre Comisión Europea (1997: 55).

Asimismo, acabamos de ver como tal similitud se repite en la UE entre producción de electricidad y energía primaria. Por lo tanto, sólo nos queda por analizar si en España también concuerdan los objetivos de aportación de e-FER a la energía primaria y a la producción bruta de electricidad. A priori podríamos pensar que efectivamente la estructura de producción de electricidad es semejante a la ya analizada para las diferentes tecnologías en cuanto a energía primaria. Sin embargo, la situación difiere notablemente al analizar la producción eléctrica (cuadro 1.5.) necesaria para alcanzar los objetivos establecidos en términos de energía primaria (cuadro 1.3.).

Estas divergencias son debidas precisamente a la diferencia de rendimiento de las tecnologías renovables pues, por ejemplo, la energía eólica

Cuadro 1.5. Producción de e-FER en España						
	1998			2010		
	GWh	% Total	% e-FER	GWh	% Total	% e-FER
Hidráulica	2.501	1,34	59,31	6.912	2,66	15,20
Biomasa	107	0,06	2,55	13.949	5,37	30,68
Eólica	1.350	0,72	32,03	21.538	8,29	47,37
Biogás	52	0,03	1,23	546	0,21	1,20
Fotovoltaica	1	0,00	0,03	218	0,08	0,48
Solar térmica	-	-	-	459	0,18	1,01
RSU	205	0,11	4,87	1.846	0,71	4,06
Total e-FER	4.217	2,25	100,00	45.468	17,50	100,00

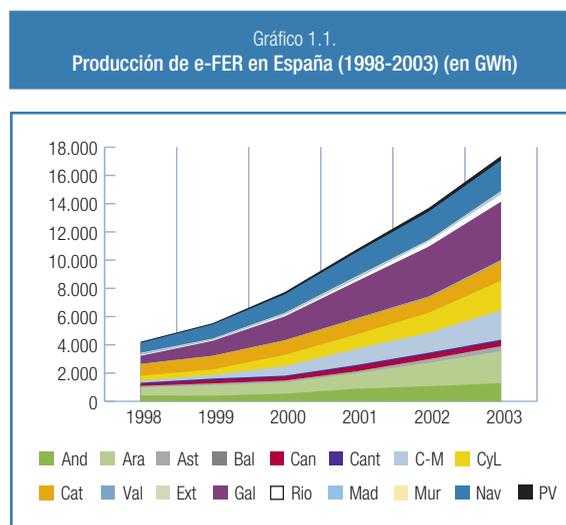
Fuente: elaboración propia sobre CNE (2004a) e IDAE-MINER (1999).

o la hidráulica presentan un rendimiento mayor que el de otras tecnologías como la biomasa. Así, para producir un MWh de electricidad, se necesitarían 0,378 tep de biomasa, mientras que si la fuente energética fuese eólica, solamente harían falta 0,086 tep (IDAE-MINER, 1999).¹²

Centrándonos en la producción de electricidad de las tecnologías renovables en España en el año 2010, la mayor parte de e-FER se derivaría de la energía eólica, situación que correspondería a la biomasa en la UE. En el caso español, la biomasa sería la segunda FER en cuanto su aportación a la producción de electricidad, representando el 30% del conjunto de las FER, frente al 47% de eólica. Sin embargo, es la tecnología que experimenta un mayor crecimiento pues, de una situación inicial en la que representa un porcentaje de producción eléctrica nacional prácticamente nulo, pasa a contribuir más del 5% en el año 2010.

Además de efectuar un análisis de situación en España frente al conjunto de la UE, realizaremos una comparación similar entre las diferentes comunidades autónomas del estado español. En primer lugar analizaremos la evolución en los últimos años de las FER. En el gráfico 1.1. vemos como en el período 1998-2003 la producción de e-FER en España más que se ha cuadruplicado, pasando de 4,2 TWh en 1998 a 17,4 TWh en 2003.

En la actualidad, Galicia es la comunidad que produce más e-FER, con 4.133 GWh que representan un 23,8% del total, seguida por Aragón (13,1%), Navarra (12,5%), Castilla la Mancha (12,1%), Castilla y León (12%), Cataluña (7,9%) y Andalucía (7,4%). Entre estas comunidades, Castilla la Mancha es la que ha experimentado un mayor crecimiento en este período de tiempo, multiplicando prácticamente por 18 el nivel de



Fuente: elaboración propia sobre CNE (2004a).

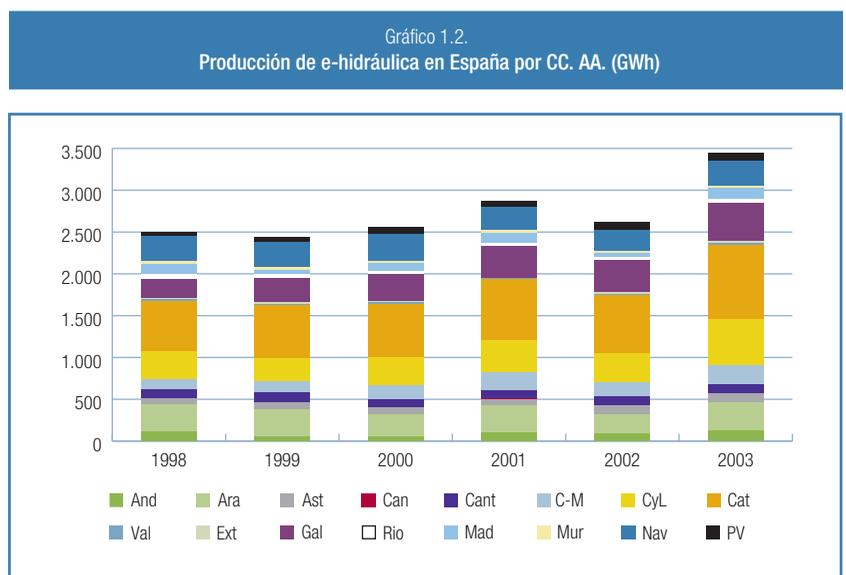
¹² Notemos que a nivel comunitario no parece tenerse en cuenta diferencias sobre el rendimiento de las tecnologías renovables. De ahí que no se observen grandes divergencias entre consumo bruto y producción de e-FER (cuadros 1.2. y 1.4.).

producción de 1998. Le siguen Galicia (x7,3), Castilla y León (x5,5), Aragón (x3,9), Andalucía (x3,1), Navarra (x3) y Cataluña (x1,7).

Una vez analizada la producción total de e-FER, haremos una desagregación de los datos presentados para situar cuál es el peso actual y la evolución en los últimos años de cada una de las tecnologías renovables, tanto en el territorio nacional como en las diferentes comunidades autónomas (cuadro 1.6.).

La hidráulica representaba en 1998 más de la mitad (59,3%) de la producción de e-FER mientras que en el 2003 su participación ha disminuido al 19,8%, debido al mayor avance de otras tecnologías renovables. Pese a esta disminución en su peso relativo, desde el año 1998 la producción de las centrales minihidroeléctricas se ha incrementado un 37,8% (gráfico 1.2.). En 2003, Cataluña es la primera productora, representando una cuarta parte del total nacional, con un crecimiento del 49,7% en ese período. Le siguen Castilla y León y Galicia, con un 15,8% y un 13,5% de la producción total y un crecimiento de 58,5% y 94,6% respectivamente.

La producción de e-biomasa desde el año 1998 se ha multiplicado por cuatro, pasando de representar en 1998 un 0,8% a un 3,3% en 2003.



Fuente: elaboración propia sobre CNE (2004a).

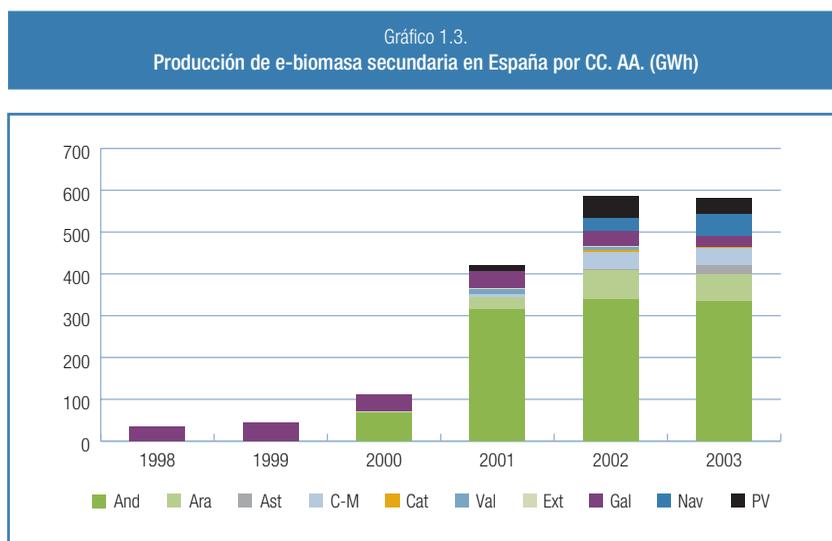
Cuadro 1.6. Producción de e-FER en España por CC. AA.

CC. AA.	Hidráulica		Biomasa secundaria		Biomasa primaria		Eólica		Biogás		Solar FV		RSU		Total	
	1998	2003	1998	2003	1998	2003	1998	2003	1998	2003	1998	2003	1998	2003	1998	2003
Andalucía	109,76	121,92	-	334,91	72,36	323,30	231,16	481,12	-	19,88	-	0,32	-	-	413,28	1.281,45
Aragón	332,03	337,84	-	63,33	-	-	245,80	1.877,64	-	-	-	0,01	-	-	577,83	2.278,81
Asturias (Principado de)	68,62	109,63	-	22,08	-	-	-	164,90	29,78	41,02	-	0,19	-	-	98,40	337,82
Baleares (Illes)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,37	-	-	0,00	0,37
Canarias	-	2,33	-	-	-	-	115,86	340,42	-	-	-	0,12	-	-	115,86	342,87
Cantabria	108,79	105,03	-	-	-	-	-	-	4,29	15,34	-	0,00	-	-	113,08	120,37
Castilla-La Mancha	115,76	231,50	-	41,54	-	81,52	-	1.739,60	-	-	1,11	1,29	-	-	116,86	2.095,44
Castilla y León	344,03	545,44	-	-	-	-	32,08	1.535,79	-	0,30	-	0,35	-	-	376,10	2.081,89
Cataluña	594,99	890,97	-	0,92	-	-	8,30	160,90	-	62,65	0,05	0,86	205,30	261,89	808,64	1.378,19
Comunidad Valenciana	17,16	19,10	-	1,58	-	-	-	33,26	-	14,18	-	0,36	-	-	17,16	68,49
Extremadura	14,48	25,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	-	-	14,48	25,62
Galicia	238,74	464,54	34,98	25,32	-	-	294,39	3.367,70	-	11,62	-	0,02	-	264,40	568,12	4.133,61
Rioja (La)	47,97	47,45	-	-	-	-	-	481,20	-	-	-	0,03	-	3,10	47,97	531,79
Madrid (Comunidad de)	124,88	121,41	-	-	-	-	-	-	-	23,25	-	1,42	-	-	124,88	146,07
Murcia (Región de)	37,44	29,70	-	-	-	-	0,64	28,57	-	12,68	-	0,20	-	-	38,08	71,14
Navarra (Comunidad Foral de)	289,81	296,28	-	52,92	-	170,28	422,24	1.651,43	-	-	0,02	3,15	-	-	712,07	2.174,07
País Vasco	56,38	97,35	-	38,67	-	-	-	146,32	17,63	23,76	-	0,39	-	-	74,00	306,50
Total	2.500,82	3.446,12	34,98	581,27	72,36	575,10	1.350,47	12.008,86	51,70	224,67	1,17	9,09	205,30	529,40	4.216,80	17.374,50
- Sistema peninsular	2.500,82	3.443,78	34,98	581,27	72,36	575,10	1.234,60	11.668,44	51,70	224,67	1,17	8,61	205,30	529,40	4.100,94	17.031,27
- Sistema extrapeninsular	-	2,33	-	-	-	-	115,86	340,42	-	-	-	0,48	-	-	115,86	343,23

Unidad de medida: GWh.
Fuente: elaboración propia sobre CNE (2004a).

Andalucía es la comunidad que más uso eléctrico hace de la biomasa secundaria, con un 57,6% del total nacional (crecimiento del 395,2%), explicado por el aprovechamiento de los residuos generados por la industria oleícola. Le siguen Aragón (10,9%), Navarra (9,1%), Castilla-La Mancha (7,1%), País Vasco (6,7%) y Galicia (4,4%).

Galicia, pese a su tradición forestal y a su carácter pionero en la producción de e-biomasa, no se sitúa entre las comunidades que más aprovechamiento eléctrico hacen de la biomasa (gráfico 1.3.). De hecho, ha reducido paulatinamente su producción en los últimos años. En el próximo epígrafe evaluaremos el potencial gallego para la producción de e-biomasa y veremos si esta situación se corresponde con un eventual estado de desaprovechamiento de la biomasa forestal.

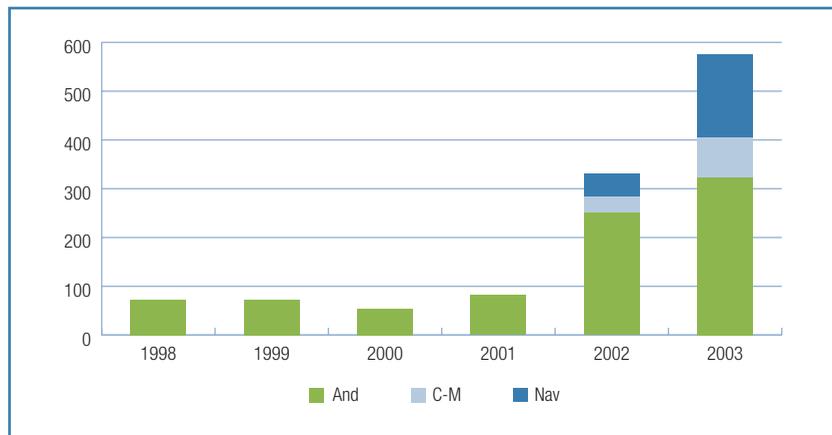


Fuente: elaboración propia sobre CNE (2004a).

En cuanto a la biomasa primaria, ésta representa en 2003 el 3,3% de la e-FER producida en España, multiplicando su producción prácticamente por 8 desde 1998 (gráfico 1.4.). Andalucía ha sido la comunidad pionera en la valorización eléctrica de la biomasa primaria y produce más de la mitad de electricidad a partir de esta fuente de energía renovable. En el año 2002, se incorporan Navarra y Castilla-La Mancha, representando en la actualidad un 29,6% y un 14,2% de la producción nacional respectivamente.

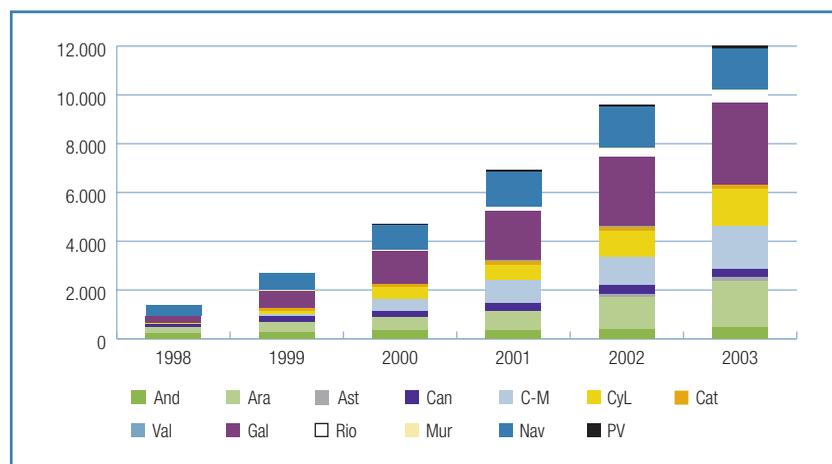
Por su parte, la eólica se ha consolidado como la principal tecnología renovable para la producción de electricidad, pasando de representar en 1998 el 32,1% de e-FER al 69,1% en 2003 (gráfico 1.5.). Las principales

Gráfico 1.4.
Producción de e-biomasa primaria en España por CC.AA. (GWh)



Fuente: elaboración propia sobre CNE (2004a).

Gráfico 1.5.
Producción de e-eólica en España por CC. AA. (GWh)



Fuente: elaboración propia sobre CNE (2004a).

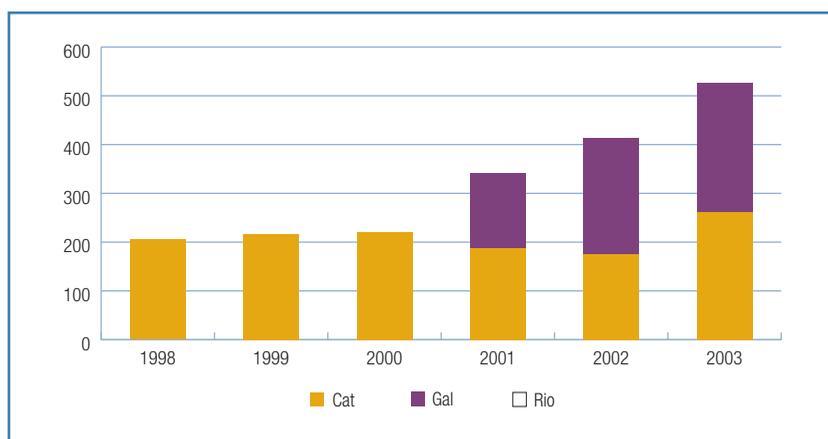
productoras de electricidad procedente del viento son Galicia (28%), Aragón (15,6%), Castilla-La Mancha (14,5%), Navarra (13,8%) y Castilla y León (12,8%).

Finalmente y pese a haberse más que duplicado la producción de e-RSU, el peso de esta fuente energética sobre el total de e-FER ha disminuido un 1,9% respecto a 1998, situándose en la actualidad en el 3% (gráfico 1.6.). Galicia y Cataluña se reparten de forma igualitaria la producción de electricidad, con un 49,9% y un 49,5% del total respectivamente. La Rioja produce el 0,6% restante.

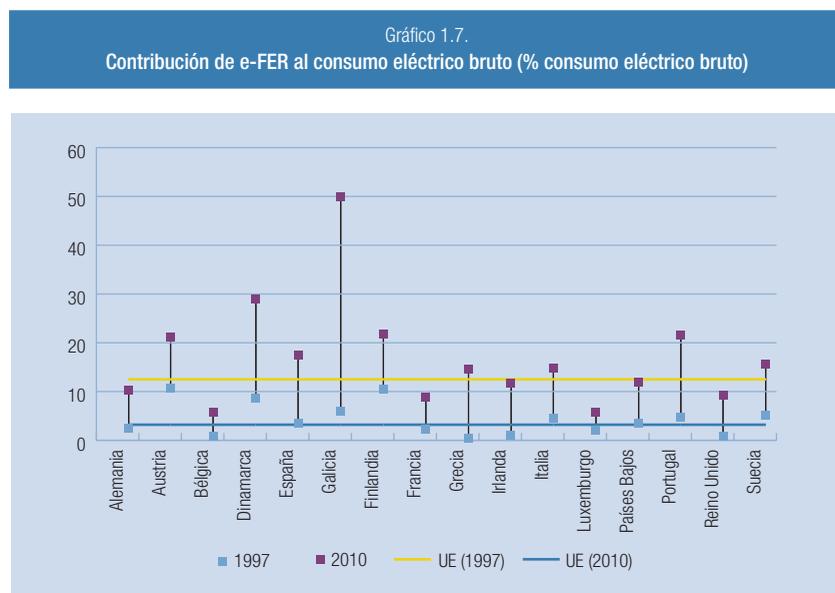
En lo que respecta al consumo de electricidad, en España se establece que el 17,5% debe proceder de FER (IDAE-MINER, 1999), frente a la media europea del 12,5%. Estos objetivos no son vinculantes pero constituyen una referencia básica para las políticas energéticas de los estados miembros. En el gráfico 1.7 podemos apreciar la contribución de electricidad procedente de FER al consumo eléctrico bruto en el año 1997 y los objetivos para el 2010 para los diferentes estados miembros y Galicia.

El objetivo de Galicia es que en el año 2010 la contribución de las FER respecto al consumo de energía eléctrica sea del 50% (Xunta de Galicia, 2000: 179), es decir, un objetivo ampliamente superior al de España y el resto de los países europeos. Si añadimos que la contribución de las FER respecto al consumo de energía eléctrica fue del 6% en 1998 –la mitad del objetivo europeo y la tercera parte del español para el 2010–,

Gráfico 1.6.
Producción de e-RSU en España por CC. AA. (GWh)



Fuente: elaboración propia sobre CNE (2004a).



Fuente: elaboración propia sobre Xunta de Galicia (2000).

podemos obtener una medida cualitativa del gran reto estratégico y las grandes potencialidades a desarrollar por la comunidad gallega.

A la vez que comentamos el objetivo fijado sobre consumo eléctrico, hemos de identificar los usuarios finales del mismo. Centrándonos en el caso gallego, el sector secundario (industrias) y las familias consumen prácticamente el 80% de la electricidad producida (cuadro 1.7.). El sector servicios consume un 16% y el 4% restante se asocia al sector primario, la construcción y el transporte.

En el contexto actual de dependencia e inseguridad en suministro y precios, comentaremos brevemente la situación energética de Galicia. El 72,08% de la energía primaria en Galicia es importada (Xunta de Galicia, 2000),¹³ siendo el petróleo y el carbón los productos energéticos de

Cuadro 1.7. Consumo eléctrico por sectores en Galicia		
Sector	Actividad	%
Primario	Pesca, agricultura y minas	3,4
Secundario	Industria	58,4
Terciario	Doméstico	21,5
	Servicios	15,8
	Construcción	0,6
	Transporte	0,3

Fuente: elaboración propia sobre INEGA (2003).

¹³ El crecimiento del consumo en España prácticamente se ha solucionado vía importaciones (IDAE-MINER, 1999), que representaron en 1998 un 72% del total, frente a un 50% en la UE (Comisión Europea, 1997).

los que mayor dependencia tiene esta comunidad pues representan el 80,2% y el 18,55% de la energía primaria importada respectivamente.

Además de la dependencia externa de combustibles fósiles, la comunidad gallega se enfrenta a problemas de abastecimiento interno, pues el carbón autóctono representa el 15,8% de la energía primaria y se prevé un agotamiento en el año 2008 que obligará a importar todo el carbón que utilicen las centrales termoeléctricas (Xunta de Galicia, 2000: 79). Dado el alto peso que este combustible tiene en el escenario energético gallego, necesita una rápida solución que se decanta hacia la adecuación de las centrales a la utilización de carbones importados, aumentando entonces la dependencia externa de combustibles fósiles y disminuyendo a su vez la seguridad del suministro.

Entre las posibles vías de solución se plantea la sustitución del carbón por gas natural y biomasa. La primera alternativa no es una solución en términos de seguridad energética pues no se mitigaría el problema de la dependencia y seguridad en el abastecimiento, al ser el gas natural un combustible fósil no autóctono y localizado en zonas geográficas políticamente inestables. La biomasa, al tratarse de una FER autóctona, parece una alternativa muy atractiva, sobre todo si su potencial es elevado y el nivel tecnológico permite su aprovechamiento económico, como podría ser el caso de la biomasa forestal en Galicia.

A continuación pasaremos a analizar el marco de las FER en Galicia, prestando especial atención a la biomasa forestal pues, vistos los objetivos establecidos, el papel relevante que debe desempeñar en los próximos años en la política energética europea¹⁴ y su contribución a la producción de energía eléctrica,¹⁵ se hace necesario analizar con detalle las potencialidades de este tipo de energía renovable y sus aplicaciones a la producción de electricidad (Menéndez, 1997: 126, 164).

Joaris (1999) afirma que la biomasa representa una alternativa real a los combustibles fósiles. Así, la superficie agrícola y forestal española

¹⁴ La biomasa es la FER más importante en la contribución a la energía total consumida y depende fundamentalmente del sector agrícola y forestal (Camps y Marcos, 2001: 40). Además, es uno de los principales «yacimientos energéticos» de un país (Riechman, 2003: 581).

¹⁵ Podría contribuir de forma significativa a reforzar la seguridad del abastecimiento energético sostenible (IDAE, 2001c).

puede ser más que suficiente para suministrar biomasa de acuerdo con los objetivos establecidos en el PFER, sin que ello suponga un abandono de los usos tradicionales del suelo (Cardiel *et al.*, 2001: 795). Entre la biomasa destaca la madera pero su contribución energética no crece tan rápido como otras FER. Además, la importancia de sus usos energéticos destinados a la producción eléctrica es en estos momentos mucho menor que la producción térmica.

La producción media de energía final en Galicia con biomasa es de 235 ktep. De éstos, en 1998 se produjeron en Galicia 57 ktep a partir de biomasa forestal y 50 fueron destinados a la producción de calor. Por lo tanto, la producción eléctrica a partir de biomasa forestal en Galicia fue en el año 1998 de 7 ktep (cuadro 1.8.), es decir, un 9% de la energía primaria y un 6% de la producción de e-FER.

Cuadro 1.8. Producción de e-FER en Galicia

	1998				2010			
	Energía primaria (ktep)	%	Producción (GWh)	%	Energía primaria (ktep)	%	Producción (GWh)	%
Hidráulica	35	48,71	238,74	42,02	65	7,96	755,81	8,37
Biomasa	7	9,72	34,98	6,16	52	6,36	137,57	1,52
Eólica	30	41,67	294,39	51,82	700	85,68	8.139,53	90,11
Total e-FER	72	100,00	568,12	100,00	817	100,00	9.032,91	100,00

Fuente: elaboración propia sobre CNE (2004a) y Xunta de Galicia (2000).

La energía eólica es la FER más relevante en el escenario energético gallego. La mitad de la producción de e-FER en 1998 ya se derivaba de esta fuente y, en el año 2010, se espera incrementar su presencia hasta prácticamente representar la totalidad de e-FER, multiplicando por 27 su producción. A pesar de que la electricidad producida con hidráulica y biomasa se triplicará y cuadruplicará respectivamente en los próximos años, se contempla una contribución residual sobre la e-FER producida en Galicia.

No obstante, a nivel nacional y para el cumplimiento de los objetivos del PFER en cuanto a producción de energía primaria en el 2010, se hace necesario impulsar la biomasa y, especialmente, su contribución a la producción de electricidad (IDAE-MINER, 1999). En España existe la sufi-

ciente capacidad industrial como para valorizar energéticamente la biomasa residual (recordemos que aquí estarían los residuos forestales) con un gran stock actualmente infrautilizado y que equivale en términos energéticos a 10,4 Mtep¹⁶ (IDAE-MINER, 1999: 57).

De hecho, en el PFER la biomasa ocupa un papel central, tanto en el uso final térmico como en el eléctrico, siendo este último el que más interés desata pues se contempla un incremento de 5,1 Mtep frente a 0,9 Mtep para uso térmico. Todo ello implica multiplicar por 30 la generación actual (1998) de electricidad a partir de biomasa para su vertido en red (IDAE-MINER, 1999: 62).

A continuación haremos un análisis regional sobre la aportación de los diferentes tipos de biomasa residual (cuadro 1.9.). Presentamos datos de producción energética final, por lo que no podemos distinguir el porcentaje destinado a e-FER. Sin embargo, prácticamente la totalidad de las cuantías que a continuación exponemos están destinadas a electricidad pues, como acabamos de mencionar, el objetivo principal del PFER respecto a la biomasa es incrementar la producción de electricidad.

En España, los residuos forestales, junto con los de industrias forestales y agrícolas aportarían 950 ktep, los agrícolas herbáceos 1.350 ktep y los agrícolas leñosos 350 ktep. Más de la mitad de los 6.000 ktep lo cubrirían los cultivos energéticos. Podemos observar el papel principal de los residuos forestales y de las industrias de transformación en Galicia pues si en España representan el 16% de la energía potencial con esta fuente primaria, en Galicia llega prácticamente al 81%.

Sin embargo, el crecimiento contemplado para la biomasa forestal en el PFER no coincide con los objetivos fijados por la Xunta de Galicia, pues mientras que en el primero se fija un crecimiento de la valorización energética de la biomasa forestal cifrado en 138 ktep (72,2 de residuos forestales), el segundo lo hace solamente en 45 ktep (cuadro 1.8.). Aunque no podemos tomar esta diferencia como un dato cuantitativo exacto –recordemos que en el caso nacional se contemplan tanto usos eléctricos como térmicos y en el gallego exclusivamente eléctricos– sí nos proporciona

¹⁶ Para cultivos energéticos se estiman 5,7 Mtep de aprovechamiento eléctrico y térmico (IDAE-MINER, 1999: 57).

Cuadro 1.9. Incremento de consumo de biomasa 1999-2010

CC. AA.	Residuos forestales	Residuos de industrias forestales y agrícolas	Residuos agrícolas leñosos	Residuos agrícolas herbáceos	Cultivos energéticos	Total
Andalucía *	40,75	141,51	92,99	197,88	463,73	936,86
Aragón	32,13	15,43	29,61	125,45	534,36	736,96
Asturias (Principado de)	11,22	9,74	0,86	0,37	0,00	22,19
Baleares (Illes)	0,00	5,92	4,62	3,76	0,00	14,29
Canarias	0,00	7,25	1,05	0,35	0,00	8,65
Cantabria	8,46	3,20	0,00	0,31	0,00	11,98
Castilla-La mancha	37,08	36,50	50,73	203,97	785,57	1.113,85
Castilla y León	120,46	28,24	7,96	491,37	945,55	1.593,59
Cataluña	30,26	56,23	45,03	103,95	89,50	324,97
Comunidad Valenciana	17,97	45,21	50,61	16,73	0,00	130,52
Extremadura	44,02	16,53	22,59	65,30	266,06	414,49
Galicia	72,23	66,13	2,18	31,13	0,00	171,67
Rioja (La)	4,08	3,20	10,92	16,79	0,00	34,99
Madrid (Comunidad de)	4,26	13,54	2,58	17,35	69,97	107,70
Murcia (Región de)	9,54	8,63	23,13	2,65	100,75	144,72
Navarra (Comunidad Foral de)	6,32	7,96	4,02	56,83	94,52	169,65
País vasco	11,22	34,80	1,13	15,82	0,00	62,96
Total	450,00	500,00	350,00	1.350,00	3.350,00	6.000,00

* Incluye los datos correspondientes a Melilla.

Unidad de medida: ktep.

Fuente: elaboración propia sobre IDAE-MINER (1999: 138).

una medida cualitativa de la disparidad de objetivos establecidos en el ámbito nacional y el autonómico.

Para analizar esta disparidad, en el siguiente epígrafe haremos una aproximación a la biomasa forestal valorizable eléctricamente en Galicia. Será entonces cuando podamos arrojar alguna explicación sobre estas diferencias y dar una medida del potencial de la e-biomasa en Galicia. De esta forma, validaremos cuál de los dos objetivos (PFER o Libro Blanco de Energía en Galicia) está en consonancia con las potencialidades de e-biomasa en Galicia.

3. Biomasa forestal en Galicia: Estado y potencialidades forestales

Es necesario realizar un inventario de los recursos de biomasa residual forestal y de la industria de transformación maderera en toda Galicia, que es la comunidad autónoma española con mayor potencial forestal y la segunda en cuanto a consumo de biomasa (Xunta de Galicia, 2000; Piñeiro y Romero, 2001: 14) pues la intensificación en su uso y la ampliación de sus posibles aplicaciones depende de la disponibilidad de los recursos (IDAE, 2001c: 81). Antes de diseñar el inventario, debemos contextualizar la importancia de Galicia en el conjunto estatal y, para ello, presentaremos diferentes datos forestales desagregados por comunidades autónomas.

Cuadro 1.10. Distribución de superficie forestal en España

CC. AA.	Geográfica	Forestal	% Superficie forestal nacional	% Superficie forestal autonómica	Arbolada	% Superficie arbolada nacional	% Superficie arbolada autonómica	% AUT. ARB./ GEO.	Superficie forestal x hab.*
Andalucía	8.759.589	4.325.378	16,46%	49,38%	2.106.252	14,30%	48,70%	24,05%	0,29
Aragón	4.771.996	2.478.760	9,43%	51,94%	1.185.531	8,05%	47,83%	24,84%	1,00
Asturias (Principado de)	1.060.357	764.597	2,91%	72,11%	451.116	3,06%	59,00%	42,54%	0,42
Baleares (Illes)	499.166	223.601	0,85%	44,79%	186.377	1,27%	83,35%	37,34%	0,23
Canarias	744.695	485.980	1,85%	65,26%	104.914	0,71%	21,59%	14,09%	0,06
Cantabria	532.139	359.459	1,37%	67,55%	214.257	1,45%	59,61%	40,26%	0,41
Castilla-La mancha	7.946.212	3.473.536	13,22%	43,71%	1.851.221	12,57%	53,29%	23,30%	1,07
Castilla y León	9.422.542	4.516.386	17,19%	47,93%	2.119.139	14,38%	46,92%	22,49%	0,85
Cataluña	3.211.368	1.855.944	7,06%	57,79%	1.394.074	9,46%	75,11%	43,41%	0,22
Comunidad Valenciana	2.325.452	1.215.078	4,62%	52,25%	628.280	4,26%	51,71%	27,02%	0,15
Extremadura	4.163.453	2.278.587	8,67%	54,73%	1.457.591	9,89%	63,97%	35,01%	1,36
Galicia	2.957.447	2.039.575	7,76%	68,96%	1.405.452	9,54%	68,91%	47,52%	0,51
Rioja (La)	504.527	294.404	1,12%	58,35%	128.917	0,88%	43,79%	25,55%	0,49
Madrid (Comunidad de)	802.769	420.093	1,60%	52,33%	330.086	2,24%	78,57%	41,12%	0,06
Murcia (Región de)	1.131.260	486.019	1,85%	42,96%	316.401	2,15%	65,10%	27,97%	0,28
Navarra (Comunidad Foral de)	1.039.069	586.483	2,23%	56,44%	462.634	3,14%	78,88%	44,52%	0,86
País vasco	723.464	469.355	1,79%	64,88%	390.005	2,65%	83,09%	53,91%	0,19
Total	50.595.505	26.273.235	100,00%	-	14.732.247	100,00%	-	-	0,50

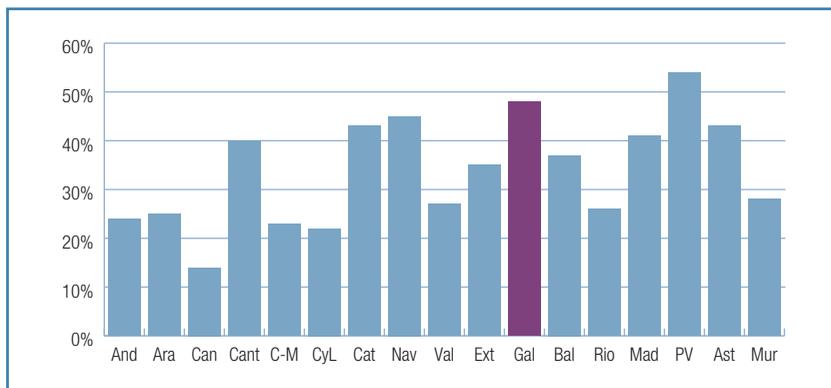
Unidad de medida: ha. *ha./hab.

Fuente: elaboración propia sobre MMA (2002: 10, 11).

En Galicia, la superficie forestal (2.039.575 hectáreas) constituye más de dos tercios de su superficie total abarcando, a su vez, el 7,76% de la superficie forestal española. Dispone de media hectárea de superficie forestal por habitante (cuadro 1.10.) y, de esos dos millones de hectáreas, prácticamente el 70% está arbolado (prácticamente la mitad de su superficie geográfica), representando el 9,5% de la superficie nacional arbolada.

Realizando una comparación entre comunidades autónomas, en el cuadro 1.10. podemos ver que Galicia está entre las cinco regiones que más superficie arbolada aportan al estado español (9,54%), junto a Castilla y León (14,38%), Andalucía (14,3%), Castilla-La Mancha (12,57%) y Extremadura (9,89%) y, entre éstas, es la que de más superficie arbolada dispone en relación a su superficie geográfica (gráfico 1.8.).

Gráfico 1.8.
Superficie arbolada respecto a la superficie geográfica autonómica



Fuente: elaboración propia sobre MMA (2002).

Galicia es la comunidad que, por una parte, dispone de mayores existencias forestales, representando más del 19% nacional y, por otra, experimenta el mayor crecimiento nacional, con 11.022.004 m³ anuales que constituyen el 31% (cuadro 1.11.). Con una aportación sensiblemente inferior estarían Castilla y León, con un 12,55% de existencias y un 9,74% de crecimiento, y Cataluña con un 11,72% de existencias y un 8,91% de crecimiento.

Cuadro 1.11. Existencias y crecimiento forestal en España

CC. AA.	Existencias (IFN)		Crecimiento (IFN)		Producción de madera* (Año 2000)	
	Volumen CC (m ³)	%	m ³ /año	%	m ³ sc	%
Andalucía	40.794.488	5,97	2.005.655	5,65%	320.125	3,22
Aragón	44.622.760	6,53	1.652.051	4,65%	130.582	1,31
Asturias (Principado de)	47.523.353	6,96	3.156.054	8,89%	662.969	6,67
Baleares (Illes)	7.525.457	1,10	173.025	0,49%	8.287	0,08
Canarias	9.452.862	1,38	399.890	1,13%	25.102	0,25
Cantabria	25.204.550	3,69	2.476.922	6,98%	470.628	4,74
Castilla-La Mancha	49.524.451	7,25	1.688.176	4,76%	373.879	3,76
Castilla y León	85.705.837	12,55	3.456.821	9,74%	1.117.470	11,25
Cataluña	80.040.735	11,72	3.163.128	8,91%	459.371	4,62
Comunidad Valenciana	10.946.125	1,60	475.928	1,34%	98.507	0,99
Extremadura	19.060.832	2,79	454.934	1,28%	255.005	2,57
Galicia	133.092.753	19,48	11.022.004	31,06%	4.814.121	48,45
Rioja (La)	15.516.950	2,27	433.848	1,22%	51.490	0,52
Madrid (Comunidad de)	10.895.345	1,60	399.371	1,13%	26.957	0,27
Murcia (Región de)	6.919.544	1,01	239.802	0,68%	8.197	0,08
Navarra (Comunidad Foral de)	54.651.039	8,00	1.794.500	5,06%	175.522	1,77
País Vasco	41.585.817	6,09	2.498.738	7,04%	938.389	9,44
Total	683.062.898	100,00	35.490.847	100,00%	9.936.601	100,00

Fuente: elaboración propia sobre MMA (2002: 11, 19) y * MAPA (2001).

En relación con el punto anterior, la producción de madera en Galicia representa prácticamente la mitad de la producción total española (gráfico 1.9.). La siguen Castilla y León (11,25%), País Vasco (9,44%) y Asturias (6,67%). Estos datos nos permiten corroborar el hecho de que Galicia es efectivamente la comunidad española con mayor potencial forestal.

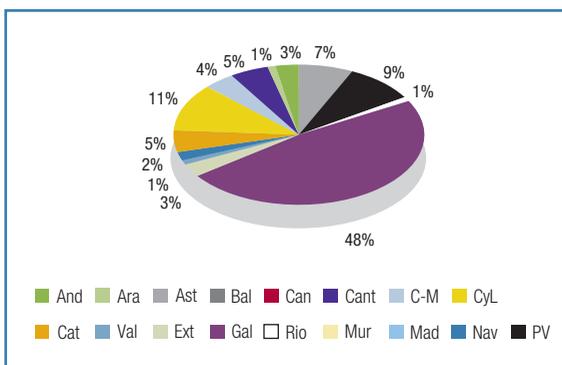
Además, podemos afirmar que Galicia es el «pulmón de España», pues es el principal sumidero de CO₂ nacional. En los montes gallegos se fijan cerca de 48 millones de toneladas de carbono, que representan el 19,5% del total estatal.¹⁷ Le siguen (gráfico 1.10.), como en otras dimensiones ya mencionadas, Castilla y León y Cataluña, con una fija-

¹⁷ En el Plan Forestal Español (MMA, 2002: anexo, p. 109) se detalla la metodología seguida para calcular las toneladas de carbono que fijan los montes en España.

ción de carbono del 12,55% y 11,72% respectivamente.

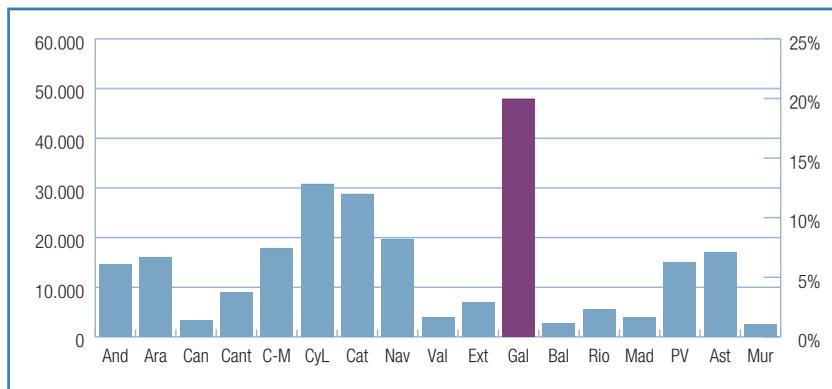
Siguiendo con nuestra panorámica de la dimensión forestal española y de sus comunidades autónomas, comentaremos un último aspecto, en esta ocasión negativo, en el que Galicia también ocupa una posición de primera línea: los incendios forestales. Tomando como referencia datos del año 2000 (MAPA, 2001), Galicia es la segunda región en cuanto a superficie forestal quemada, un 24,5% del total español, solamente superada por Castilla y León con un porcentaje del 35,6%. Es además la Comunidad que más superficie arbolada ha perdido en el año 2000, con más de 10.000 hectáreas quemadas.

Gráfico 1.9.
Importancia en producción maderera de las comunidades autónomas españolas



Fuente: elaboración propia sobre MAPA (2001).

Gráfico 1.10.
Distribución de almacenamiento de carbono en los montes españoles



Fuente: elaboración propia sobre MMA (2002).

La constatación de estos hechos en el año 2000 constituye la confirmación de la tendencia experimentada en los últimos 30 años. En los siguientes cuadros y gráficos podemos observar como son las superficies forestales desarboladas las que sufren una mayor agresión del fuego. Así,

del total de la superficie forestal gallega quemada en los últimos 30 años, el 58% se produce en superficies desarboladas. Esta situación se acentúa en los últimos 10 años pues el porcentaje pasa a ser del 75% en el período 1990-1999 (cuadro 1.12.).

Podemos razonar fácilmente el porqué de esta distribución de los incendios. En el monte desarbolado se acentúan los problemas de absentismo y abandono sufridos en montes como los gallegos (Fernández y Prada, 1996). Se produce una invasión paulatina de matorral, que se acumula, no se gestiona y, por tanto, actúa como un perfecto transmisor del fuego. Así, la combustión de más de 800.000 hectáreas desarboladas en Galicia en los últimos 30 años supone que en ese período se ha quemado toda la superficie con ese uso.

Cuadro 1.12. Superficie forestal incendiada en España y Galicia (1970-1999)

	1970-1979		1980-1989		1990-1999		Total (1979-1999)	
	España	Galicia	España	Galicia	España	Galicia	España	Galicia
Nº Incendios	42.213	17.210	95.152	36.342	181.409	93.846	318.774	147.398
% Incendios/Nacional	-	40,77%	-	38,19%	-	51,73%	-	46,24%
Superficie total*	1.518.462	487.101	2.447.879	661.898	1.612.370	249.934	5.578.711	1.398.933
% Total/Nacional	-	32,08%	-	27,04%	-	15,50%	-	25,08%
Superficie arbolada*	645.239	242.147	965.822	277.189	654.867	63.587	2.265.928	582.923
% Arbolada/Total	42,49%	49,71%	39,46%	41,88%	40,62%	25,44%	40,62%	41,67%
% Arbolada/Nacional	-	37,53%	-	28,70%	-	9,71%	-	25,73%
Superficie desarbolada*	873.223	244.954	1.482.057	384.709	957.504	186.347	3.312.784	816.010
% Desarbolada/Total	57,51%	50,29%	60,54%	58,12%	59,38%	74,56%	59,38%	58,33%
% Desarbolada/Nacional	-	28,05%	-	25,96%	-	19,46%	-	24,63%

* Unidad de medida: has.

Fuente: elaboración propia sobre MMA y ACIM (2001) y Xunta de Galicia (2001).

Ante este escenario, parece prioritario emprender actuaciones que puedan contribuir a la mejora en la gestión del monte desarbolado para así disminuir la cantidad de superficie quemada. En esta línea, la valorización energética del matorral pudiera ser una alternativa que ayudara de forma significativa a mitigar este problema. Dada la relevancia del monte desarbolado y la escasa gestión sobre el mismo, se hace necesario analizar las potencialidades de la biomasa forestal como fuente de energía eléctrica.

La biomasa forestal está formada por residuos forestales que no tienen aprovechamiento silvícola (Menéndez, 1997: 123), es decir, residuos de limpieza de matorral, de las cortas finales abandonados en el monte, de tratamientos silvícolas (podas, clareos, primeras claras, rareos, desbroces de sotobosque y de especies arbóreas secundarias, cortas de policía) y los residuos no aprovechados por la industria de primera y segunda transformación de la madera (serrines, cortezas, virutas, costeros, etc.)¹⁸ (Xunta de Galicia, 2001). Las actividades silvícolas se acompañan de otras acciones (prevención de incendios, aperturas de caminos, cortafuegos, etc.) que también generan residuos. La biomasa carece de valor comercial¹⁹ pero puede ser valorizada mediante su aprovechamiento para fines energéticos. Es un producto más del monte y, por lo tanto, sujeto a las leyes naturales que inciden sobre la producción vegetal (Esteban, 2002).

Destacamos la biomasa forestal por dos razones. La primera de ellas es la disponibilidad y el escaso uso de este recurso en Galicia y, la segunda, son las externalidades positivas que puede generar su valorización energética (Xunta de Galicia, 2001; IDAE-MINER, 1999; Riechamn, 2003: 584-585; Menéndez, 1997) y que analizaremos en el siguiente capítulo.

Cuando hablamos de potencial energético de la biomasa necesitamos saber cuál es la cantidad de biomasa total pero, a su vez, debemos desagregar esta cifra y diferenciar claramente lo que es biomasa disponible eliminando, por ejemplo, aquella situada en terrenos de alta pendiente (Riechman, 2003: 585).²⁰ Y, además, debemos restar aquel porcentaje que hay que dejar en el suelo por razones medioambientales, como la lucha contra la erosión y el mantenimiento de nutrientes (Riechman, 2003: 585). El resto será la biomasa extraíble, es decir, la disponible

¹⁸ No incluiremos los sectores de celulosa y papel pues hacen un aprovechamiento integral de los residuos (Menéndez, 1997: 129).

¹⁹ Notemos que en el modelo agrario gallego tradicional los residuos forestales sí presentaban valores de uso y productivos, como por ejemplo, la transformación de residuos en abonos orgánicos (véase Bouhier, 1979). Una de las consecuencias del cambio experimentado en el sistema agrario es, por tanto, que tales residuos no sean gestionados activamente y que el valor comercial de los mismos pase a ser nulo.

²⁰ Factores que dificultan la extracción son la orografía, la ausencia de caminos de acceso, etc. (Menéndez, 1997: 163).

—en nuestro caso— para un proceso de producción de electricidad. Como ya hemos adelantado, el abandono de tierras agrarias y del sistema agrario tradicional (Bouhier, 1979) ha producido una invasión de matorral que constituye una de las principales causas de la intensificación de los incendios experimentada en los últimos 30 años (MMA, 2002: 85).

Existen diferentes metodologías de evaluación de biomasa residual forestal. Diferenciamos dos grupos: los métodos para montes arbolados y aquellos para montes no arbolados (Esteban, 2002). En cuanto a los recursos potenciales del desbroce de matorral hay que matizar que son difíciles de estimar, incluso a corto plazo. Esto es debido a que el matorral es paulatinamente invadido por especies arbóreas, es muy inflamable y es susceptible de otros usos como repoblaciones forestales, pastizales, etc. (Esteban, 2002).

En nuestro análisis seremos muy prudentes a la hora de estimar la biomasa de un monte. Por ello entenderemos que la biomasa total está formada por matorral en monte bajo y residuos de cortas finales abandonados en el monte (copas, ramas, pies, etc.). Por tanto, no tendremos en cuenta otros componentes como los residuos de las actividades silvícolas o los derivados de la industria transformadora de madera. Utilizando información estadística recogida en el Tercer Inventario Forestal Español, calcularemos la biomasa total existente en Galicia. Para ello elaboraremos un inventario de biomasa forestal que nos permitirá conocer cuál es la cantidad de biomasa disponible total en cada una de las provincias gallegas.

El monte desarbolado está formado principalmente por matorral²¹ y pastizales naturales, pudiendo presentarse árboles pero, en todo caso, con fracción de cabida cubierta inferior al 5% (MMA, 2002: 10) y, por tanto, sin presencia de ninguna especie arbórea forestal dominante (Xunta de Galicia, 2001: 16). Se estima que el 31% de la superficie forestal gallega es monte desarbolado, lo que supone 634.123 hectáreas.²² (cuadro 1.13.).

²¹ Las especies arbustivas con más presencia son el tojo (*Ulex spp.*) con un altitud media de 135,2 cm., la zarzamora (*Rubis spp.*) de 105,6 cm., la *Daboecia cantabrica* de 46,7 cm., el brezo cinerea (*Erica cinerea*) de 48 cm. y el biércol (*Calluna vulgaris*) con un altitud media de 58,3 cm. (Xunta de Galicia, 2001: 89-90).

²² Llamamos la atención sobre el hecho de que esta cifra se aproxima a la superficie quemada en Galicia entre 1980 y 1989 (Xunta de Galicia, 2001: 121).

Cuadro 1.13. Superficie arbolada y desarbolada en las provincias gallegas

	Monte arbolado	Monte desarbolado	Total
A Coruña	401.189	104.417	505.606
Lugo	463.818	192.429	656.247
Ourense	319.627	255.849	575.476
Pontevedra	220.817	81.428	302.245
Total Galicia	1.405.451	634.123	2.039.574

Fuente: elaboración propia sobre IFN.

Matorral

Una vez analizada la importancia en cuanto a superficie del monte desarbolado en Galicia, necesitamos estimar la cantidad de matorral que se localiza en esas hectáreas. Para ello utilizaremos modelos de combustible en superficie forestal desarbolada (Xunta de Galicia, 2001: 117, 118). Estos modelos se aplican a pastos, matorral, follaje bajo arbolado y restos de cortas y operaciones silvícolas. El matorral representa más del 80% de la superficie y se diferencian 4 modelos. Utilizaremos el porcentaje de ocupación (presencia) y el mínimo de la cantidad de combustible para cada uno de ellos a la hora de estimar las toneladas de biomasa existentes en el monte desarbolado.

Cuadro 1.14. Modelos de combustible de matorral

Descripción de los modelos de matorral	Altura	Cantidad de combustible (t materia seca/ha)	Presencia	Toneladas biomasa en monte desarbolado	Gestión 10 años: t/año
Joven muy denso con ramas muertas en su interior	> 2 m.	25-35	10,26%	1.626.525,50	162.651,78
Denso y verde	< 1 m.	5-8	35,84%	1.136.348,42	113.634,30
Denso, verde y con especies muy inflamables	>1 m.	10-15	26,73%	1.695.010,78	169.501,08
Especies muy inflamables	0,5 – 2 m.	10-15	8,95%	567.540,09	56.753,74
Total Galicia			81,78%	5.025.424,79	502.540,90

Fuente: elaboración propia sobre Xunta de Galicia (2001).

Aplicando estos modelos llegamos a la conclusión de que 518.585,79 hectáreas de monte bajo está formado por matorral.²³ Siendo cautelosos y tomando como referencia la cantidad mínima de combustible de cada uno de los modelos, en el monte desarbolado ubicaríamos más de 5 millones de toneladas de biomasa forestal seca.²⁴ Si asumimos una gestión sostenible del monte desarbolado de forma que se extrae la biomasa cada 10 años (Núñez-Regueira *et al.*, 2004), dispondríamos de 502.540 tn/año para su valorización energética, lo que implica 9,69 tn/ha/a.²⁵

Residuos de cortas madereras

Continuando con nuestro inventario de biomasa forestal, al matorral debemos sumarle los residuos generados en las cortas finales, los cuales suelen ser abandonados en el monte. Gustavsson *et al.* (1995: 1.099) argumenta que para su uso energético, se recogerían todos los residuos generados en las cortas, no contemplando que ninguna cantidad de los mismos se abandonen en el monte. Sin embargo, no se debe efectuar una retirada total de tocones ni de las ramas de poda pues se podría incrementar la erosión por esconterría y arroyada. Tampoco las

hojas pues se podría producir una pérdida de nutrientes (Camps y Marcos, 2001: 351).

Las cortas madereras en Galicia, tomando como referencia la media de los últimos 10 años, representan más de 5 millones de metros cúbicos anuales (cuadro 1.15.). Por cada metro cúbico de madera que se corta, se generarían residuos (consistentes en ramas, hojas, rabero-

Cuadro 1.15. Cortas de madera en las provincias gallegas

	Monte arbolado	Cortas (m ³ /año)
A Coruña	401.189	2.392.195
Lugo	463.818	1.504.891
Ourense	319.627	458.754
Pontevedra	220.817	1.011.346
Total Galicia	1.405.451	5.367.186

Fuente: elaboración propia sobre IFN.

²³ Igualmente para matorral en Galicia, Núñez-Regueira *et al.* (2004) obtienen una cifra similar a la aquí estimada, pues concluyen 470.000 has. podrían ser valorizadas energéticamente de forma sostenible.

²⁴ Gustavsson *et al.* (1995: 1.110) estima que en el sur de Europa el eucalipto generaría 12 toneladas secas de biomasa por hectárea. Otros datos son que en Suecia, el *Salix* proporcionaría 9 tn seca/ha y en el medio este de EE.UU. el álamo nos daría 11 tn seca/ha.

²⁵ Cifra muy inferior a las 21,06 tn/ha/a estimada por Núñez-Regueira *et al.* (2004) igualmente para matorral en Galicia, lo que nos da una medida de la infravaloración (cautela) de nuestra estimación.

nes, etc.) habitualmente abandonados en el monte, formados en un 10% por restos de pino, un 4% de eucalipto y un 15% de frondosas. Entonces y, en términos medios, un tercio de cada árbol es abandonado en el monte (Bermúdez y Piñeiro, 2000: 29).

Tomando esta última referencia de que un tercio de cada árbol es abandonado en el monte, los residuos de las cortas finales en Galicia ascenderían a 1.789.062 m³/año, lo que equivaldría a 631.897 tn/año.²⁶ La biomasa seca constituiría la mitad del total (Camps y Marcos, 2001: 48; Kartha y Larson, 2000: 42), lo que supone 315.948,5 tn/año.

Por lo tanto, la biomasa total seca, formada por los residuos de las cortas finales abandonados en el monte y el matorral de la superficie desarbolada (suponiendo una rotación de 10 años) ascendería a 818.489,4 tn/año.²⁷ Aplicando un factor de conversión de 0,17 tep/tn²⁸ (Núñez-Regueira *et al.*, 2004), el poder energético de la biomasa total seca estimada sería de 142,7 ktep. Recordemos que la Xunta de Galicia contempla en el 2010 un incremento de la valorización energética de la biomasa de 45 Ktep, cifra muy inferior a la aquí obtenida. Por su parte, el PFER establecía un incremento de 72,23 ktep, cifra que tampoco se aproxima a nuestra estimación.

Por lo tanto y siendo muy prudentes, concluimos que los recursos de biomasa forestal en Galicia podrían producir más de tres veces de energía que los objetivos establecidos por la Xunta de Galicia (45 ktep) y prácticamente duplicar los 72,23 ktep previstos para Galicia vía residuos forestales en el Plan de Fomento de Energías Renovables español.

²⁶ Cifra similar a las 600.000 tn/año de residuos de cortas y descortezado de eucalipto abandonados en el monte, estimada por Bermúdez y Piñeiro (2000: 31).

²⁷ La Xunta de Galicia realizó en el año 1999 un inventario de las existencias de biomasa forestal estimando un recurso de 995.000 tn/año, cifra similar a la aquí estimada. Tales residuos permitirían instalar 100 MW que utilizasen como combustible aquellos residuos generados en la limpieza de los montes. Se prevén instalar 50 MW hasta el año 2010, lo que equivaldría a un aumento de producción energética de 45 ktep .

²⁸ Tomamos el poder energético estimado por Núñez-Regueira *et al.* (2004) porque, entre las diferentes estimaciones de los estudios revisados, es el más cauteloso y, además, específico para matorral en Galicia. Otros autores como Menéndez (1997: 163) dan una cifra de 0,36 tep/ha, INEGA (2003) entre 0,25 y 0,37 tep/tn, MMA (2002: 75), Kartha y Larson (2000: 68) y Camps y Marcos (2001: 68) estiman 3 tep/ha/a que, en nuestro caso, significarían 0,31 tep/ha/a.

Una vez obtenida la biomasa total, debemos calcular la biomasa disponible y extraíble. Como ya hemos indicado a lo largo de nuestro análisis, hemos tomado una aproximación cautelosa en la estimación de la biomasa total. Hemos utilizado las cantidades mínimas de biomasa por hectárea y poder calorífico mínimo, lo que en sí mismo ya puede constituir la obtención de cantidades de extracción sostenibles desde un punto de vista ecológico.

Al no ser nuestro objetivo realizar un inventario detallado de la biomasa forestal en Galicia, sino evaluar la potencialidad del recurso, no realizaremos consideraciones ambientales y de extracción más allá de las dos mencionadas. Excluimos por tanto, cuestiones orográficas y ecológicas que a continuación comentamos sucintamente.

Así, por ejemplo, podríamos utilizar la pendiente del terreno como factor de descuento sobre biomasa total. Suponiendo que las labores de extracción no son viables en terrenos con una pendiente superior al 30% (Menéndez, 2001), estimaríamos la biomasa disponible. En el inventario forestal nacional no se facilitan datos de orografía de superficie forestal desarbolada. Sin embargo, sí disponemos de este dato en superficie forestal arbolada cuya especie dominante es el matorral con arbolado ralo o disperso. Utilizaríamos esta distribución para el monte desarbolado pues ambos estratos tienen en común la gran presencia de matorral.

Posteriormente estableceríamos un factor de descuento sobre biomasa disponible del 50% puesto que por limitaciones medioambientales sólo se debería extraer un 45-50% de estos residuos para su valorización energética (Carrasco, 2002a). Obtendríamos así la biomasa extraíble.

Cuadro 1.16. Formación forestal dominante por pendiente del terreno

	Matorral con arbolado ralo y disperso	Distribución (%)	Monte desarbolado
0,0 - 3,0 %	8.192,98	7,74	49.091,52
3,1 - 12,0 %	50.687,01	47,89	303.711,54
12,1 - 20,0 %	23.517,26	22,22	140.913,09
20,1 - 35,0 %	16.807,34	15,88	100.707,92
≥ 35,1 %	6.625,44	6,26	39.698,98
Cabida total	105.830,02	100,00	634.123,05

Unidad de medida: ha.
Fuente: IFN.

Cuadro 1.17. Biomasa considerada en el análisis

	Toneladas secas/año	Ktep/año	GWh/año
Matorral	502.541	87,6	1.019
Residuos de cortas	315.948	55,1	641
Total biomasa forestal	818.489	142,7	1.660

Fuente: elaboración propia.

En la dirección de nuestra estimación del recurso, hemos comprobado como otros análisis coinciden con las cifras que aquí obtenemos (Xunta de Galicia, 2001; Núñez-Regueira *et al.*, 2004), lo cual añade consistencia al hecho de no considerar este tipo de consideraciones, que están implícitas en el análisis «cauteloso» realizado. Por lo tanto, consideraremos que la biomasa forestal disponible para su valorización energética de forma sostenible en el tiempo asciende a 818.489,4 tn/año, lo que equivale a 142,7 ktep/año o una producción eléctrica de 1.660 GWh/año (cuadro 1.17.).

Residuos de actividades silvícolas y de la industria de la madera

A la biomasa extraíble podríamos sumarle los residuos de las industrias madereras y los restos de actividades silvícolas. Éstos no se ven afectados ni por la pendiente ni por consideraciones ambientales,²⁹ sino que su única limitación será la disponibilidad de los mismos. Sin embargo, siguiendo en la línea de cautela y simplicidad a la hora de confeccionar nuestro inventario, no contemplaremos ninguna de estas partidas. Aún así, daremos alguna nota sobre la importancia de las mismas.

En lo referente a los residuos generados por las industrias transformadoras de madera debemos tener en cuenta los destinos principales de la madera y el aprovechamiento de la

Cuadro 1.18. Principales destinos de residuos de la industria maderera

	Residuos generados (m ³ s.c.)
Aserrió y traviesas	1.470.151
Tableros	1.039.176
Pastas	1.966.646
Total Galicia	4.475.973

Fuente: elaboración propia sobre Fernández (1997: 374).

²⁹ Salvo aquellos residuos de industrias madereras tratados con sustancias tóxicas (Riechman, 2003: 586).

Cuadro 1. 19. Actividades silvícolas en los montes gallegos

Formación forestal dominante	Cubierta total	Cortas de regeneración					Trabajos culturales de vuelo						
		TOTAL	A hecho en fajas	A hecho en bosquetes	Por aclareos sucesivos	Otros	TOTAL	Limpias	Clareos	Clarías	Podas	Otros	
<i>Pinus sylvestris</i>	63.195,60	16.601,72	6.178,51	4.290,36	216,31	5.806,32	110,22	10.368,11	2.043,66	1.432,60	873,49	6.018,37	-
<i>Pinus radiata</i>	59.198,27	14.387,33	3.011,41	2.659,43	1.152,67	7.563,83	-	18.176,90	2.492,12	2.426,69	1.836,93	11.103,92	317,25
<i>Quercus robur</i>	187.788,97	72.905,04	5.255,77	7.457,42	806,27	56.306,40	3.079,20	19.946,41	8.620,27	3.004,93	1.824,76	2.410,32	4.086,13
<i>Quercus pyrenaica</i>	100.503,78	17.800,54	2.326,62	1.098,13	898,20	12.883,41	594,18	7.604,55	3.303,90	846,91	756,68	2.036,47	660,59
<i>Castanea sativa</i> y otras frondosas	45.518,25	14.248,96	1.564,51	507,66	150,27	10.604,33	1.422,18	6.900,76	1.111,22	1.012,87	1.067,25	2.499,83	1.209,59
<i>Eucalyptus globulus</i>	174.210,40	85.276,83	33.237,77	16.473,29	943,43	33.440,47	1.181,86	17.730,14	13.438,34	2.882,41	537,66	871,74	-
Matorral con arbolado ralo y disperso	105.830,02	32.840,74	10.145,94	11.443,39	786,15	8.719,50	1.745,77	7.201,86	4.307,66	832,28	539,73	1.054,82	467,38
Árboles de ribera	25.455,68	6.946,23	1.828,39	554,08	-	4.193,46	370,29	1.345,92	927,56	-	141,18	277,17	-
<i>Quercus robur</i> y otras frondosas	28.940,38	14.704,04	1.825,26	1.120,21	243,17	11.052,31	463,11	2.288,35	1.680,42	-	-	607,93	-
<i>Pinus pinaster</i> y <i>Eucalyptus globulus</i>	159.413,93	93.386,82	23.749,82	17.746,17	1.861,30	47.684,78	2.344,76	21.743,77	16.662,11	1.350,94	1.459,94	2.134,16	136,62
Mezcla coníferas y frondosas	71.764,17	39.956,94	2.885,52	2.387,95	2.212,35	32.224,23	246,88	8.621,41	7.625,70	125,63	623,20	246,88	-
Total Galicia	1.405.451,24	599.079,95	129.006,26	80.964,85	12.330,10	354.343,93	22.434,84	179.368,78	98.468,16	22.101,06	15.726,99	34.939,04	8.133,56

Unidad de medida: ha.
Fuente: elaboración propia sobre IFN.

misma. En metros cúbicos sin corteza, los principales destinos en el año 2000 (cuadro 1.18.) son la industria de celulosa y papel (40,9%), aserrío (30,5%) y traviesas y tableros (21,6%).

Bermúdez y Piñeiro (2000: 30) estiman que las industrias realizan un aprovechamiento útil del 40% de los residuos, siendo el 50% subproductos y el 10% residuos (corteza). La industria de tableros aprovecha la mayor parte de los residuos. Los sectores de celulosa y papel hacen un aprovechamiento integral de los residuos (Menéndez, 1997: 129). Finalmente, los residuos de los aserraderos, que se cifran en 232.818 tn/año (Bermúdez y Piñeiro, 2000: 31) tienen un aprovechamiento mínimo. Utilizando el poder energético asociado al matorral, inferior al serrín seco y a la corteza, estos residuos de la industria aserradera actualmente desaprovechados proporcionarían 40,6 ktep anuales.

En cuanto a las actividades silvícolas, el Tercer Inventario Forestal Nacional recoge que se han realizado cortas de regeneración en cerca de 600.000 hectáreas de monte gallego y trabajos culturales del vuelo en cerca de 180.000 hectáreas. En el cuadro 1.19 podemos observar las diferentes actividades realizadas atendiendo a la formación forestal dominante sobre las que se han llevado a cabo. Si quisiéramos agregar esta partida deberíamos estimar cuántos residuos (toneladas) se generan por hectárea en función de la actividad realizada.

Cuadro 1.20. Modelos de combustible de restos de actividades silvícolas				
Descripción de los modelos de restos de actividades silvícolas	Cantidad de combustible (t materia seca/ha)	Presencia	Toneladas biomasa en monte arbolado	Gestión 10 años: t/año
Bosque claro y fuertemente aclarado con restos de poda o aclarado dispersos	25-30	2,06%	723.807,27	72.380,73
Predominio de los restos de poda o aclareo sobre el arbolado, cubriendo todo el suelo	50-80	0,57%	400.553,54	40.055,35
Grandes acumulaciones de restos gruesos y pesados, cubriendo todo el suelo	100-150	0,20%	281.090,20	28.109,02
Total Galicia		2,83%	1.405.451,00	140.545,10

Fuente: elaboración propia sobre Xunta de Galicia (2001).

Utilizando modelos de combustible para residuos de actividades silvícolas, podemos estimar la cantidad de biomasa valorizable anualmente suponiendo, al igual que en el caso del matorral, una gestión a 10 años. Una vez más utilizamos la cantidad de combustible mínima para cada uno de los tres modelos disponibles (cuadro 1.20.). A diferencia de los modelos de combustible de matorral, la presencia de estos residuos se localiza en montes arbolados. Los residuos derivados de la realización de actividades silvícolas ascenderían a 140.545 toneladas al año. Aplicando el mismo poder energético que el matorral, que es inferior a la corteza o a la madera verde, se obtendrían 24,5 ktep anuales.

Cuadro 1.21. Biomasa forestal disponible en Galicia anualmente				
	Toneladas secas/año	GWh	Ktep	%
Matorral	502.541	1.019	87,6	42,2
Residuos de cortas	315.948	641	55,1	26,5
Total considerado	818.489	1.660	142,7	68,7
Residuos de actividades silvícolas	140.545	285	24,5	11,8
Residuos de aserraderos	232.818	472	40,6	19,5
Total no considerado	373.363	757	65,1	31,3
Total Galicia	1.191.852	2.417	207,8	100,00

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto y, a modo de resumen, el potencial del matorral y los residuos de cortas madereras para su valorización eléctrica en Galicia es de 1.660 GWh/año (cuadro 1.21.). Además, el aprovechamiento de residuos de actividades silvícolas y de las industrias aserraderas podría proporcionar 757 GWh anuales extra, que no contemplamos en nuestro análisis. Por lo tanto, consideraremos exclusivamente el 68,7% de la biomasa forestal total gallega para su valorización energética.

4. Conclusiones

En un escenario energético internacional con incertidumbre, en el cual los combustibles fósiles representan más del 70% del total de energía primaria, las fuentes de energía renovables (FER) están llamadas a ocupar cuotas crecientes dentro de las energías primarias para producir electricidad. Razones ambientales, estratégicas y sociales empujan en esa dirección. Los escenarios o planes energéticos europeos y estatales en el horizonte de 2010 así lo cuantifican y, dentro de tales estrategias, a la biomasa en general y a la biomasa forestal en particular se les asigna un papel de primer orden.

En el marco de la Unión Europea, se establece el objetivo global de que en el año 2010 el 13% de la electricidad producida proceda de FER (e-FER), participando la biomasa en más del 60% de tal producción. Alcanzar este objetivo implicaría multiplicar por 10 la producción de electricidad con biomasa (e-biomasa) respecto al nivel de 1995. En España, el 17,5% de la electricidad producida debe proceder de FER (objetivo mayor que el comunitario), siendo la participación de la biomasa menor que en la UE (30%). Sin embargo, en términos absolutos, el esfuerzo de España en cuanto a e-biomasa sería muy superior a la media comunitaria, multiplicando por 130 la producción del año 1998.

Dentro del territorio español, destaca la Comunidad autónoma de Galicia pues su contribución de e-FER al consumo eléctrico bruto debe representar en el año 2010 el 50%, multiplicando por 8 el nivel constatado en 1997. Las principales tecnologías renovables son la eólica y la minihidráulica, ocupando la biomasa una participación residual en la producción total de e-FER (1,5%). Aún así, para la e-biomasa se hace necesario multiplicar por 4 la producción alcanzada en 1998.

Los objetivos gallegos en cuanto e-biomasa contrastan con los anotados a nivel comunitario y nacional. Es por ello que hemos analizado si tales objetivos son establecidos en base a las potencialidades forestales presentes en esta comunidad autónoma o si, al contrario, no se aprovecha un recurso natural renovable como es la biomasa forestal. Así hemos comprobado como los objetivos no se adecuan a las potencialidades de esta región que, en diversos aspectos forestales (superficie arbolada, producción maderera, almacenamiento de carbono, etc.), se sitúa en primera línea nacional.

Por ello y, ante la falta de datos sobre residuos forestales actualmente no aprovechados, hemos cuantificado la cantidad de electricidad que se podría producir en base a los mismos. Para ello hemos considerado como *input* principal los residuos generados anualmente en las cortas madereras y en la limpieza de matorral en una gestión por ciclos decenales. Adicionalmente, hemos analizado otras vías de abastecimiento como residuos de actividades silvícolas y de industrias madereras aunque, finalmente, no las hemos tenido en cuenta para su valorización eléctrica por razones de cautela en el análisis.

Entonces, solamente considerando la valorización eléctrica de los residuos de las cortas madereras y de limpieza de matorral, actualmente desaprovechados, se podrían generar 1.660 GWh, es decir, 12 veces más que el objetivo fijado por la Xunta de Galicia en el año 2010 (137 GWh, ver cuadro 1.8.). Disponemos así de una primera aproximación cuantitativa que nos permite afirmar que el objetivo energético para la biomasa en Galicia es inferior a los recursos disponibles en esta región.

Costes y beneficios externos de recursos energéticos fósiles versus biomasa

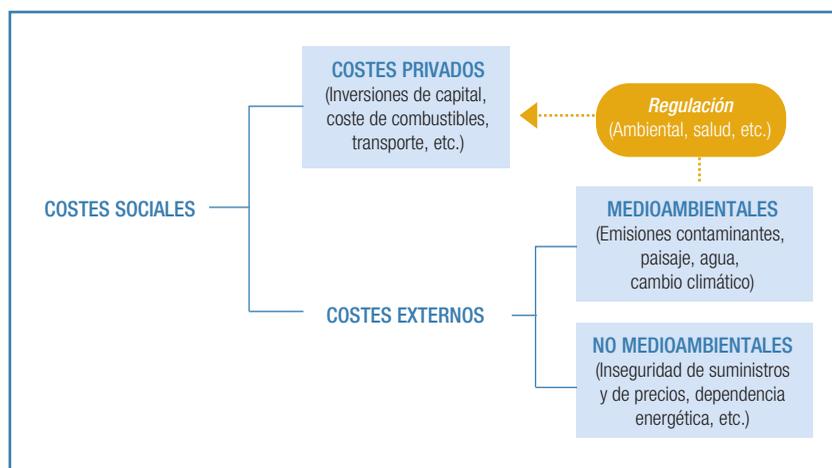
1. Introducción

En el capítulo anterior hemos constatado el papel relevante que debe desempeñar, en los próximos años, la valorización energética de la biomasa forestal en la política energética europea y, específicamente, su contribución a la producción de energía eléctrica. Por ello es necesario estudiar con detalle esta energía renovable y sus aplicaciones a la producción de electricidad. Para facilitar nuestra exposición, utilizaremos la expresión «valorización energética de la biomasa» para referirnos a la valorización energética de biomasa forestal para la producción de electricidad, entendiendo por biomasa forestal (tal como ya se hizo en el capítulo anterior) el matorral y los residuos de las cortas de madera y, por lo tanto, no incluyendo en principio los restos de actividades silvícolas de limpieza y mantenimiento de masas forestales ni los residuos de industrias madereras.

Los costes sociales de la generación de energía eléctrica se pueden dividir en costes privados y costes externos (figura 2.1.). Los primeros se derivan del proceso de obtención de electricidad y abarcan desde la inversión inicial de capital 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 el capítulo 3 analizaremos con más detalle estos costes privados en la producción de electricidad con biomasa respecto a otras alternativas.

El segundo grupo, que denominamos costes externos, está formado por costes medioambientales y no medioambientales que no tienen asociado un precio de mercado.¹ En los primeros se incluirían efectos como la contaminación atmosférica, cambio climático, deterioro del paisaje, del medio natural, etc. Los costes no medioambientales serían, en cambio, efectos de naturaleza socio-económica, como por ejemplo la inseguridad de precios y suministros, dependencia energética, etc. En ambos casos se trataría de costes que no tienen un precio de mercado, también llamados «externalidades negativas». En la medida en que no son internalizadas o incorporadas en los precios, generarían fallos de mercado y asignaciones no eficientes de los recursos (Baumol y Oates, 1988).

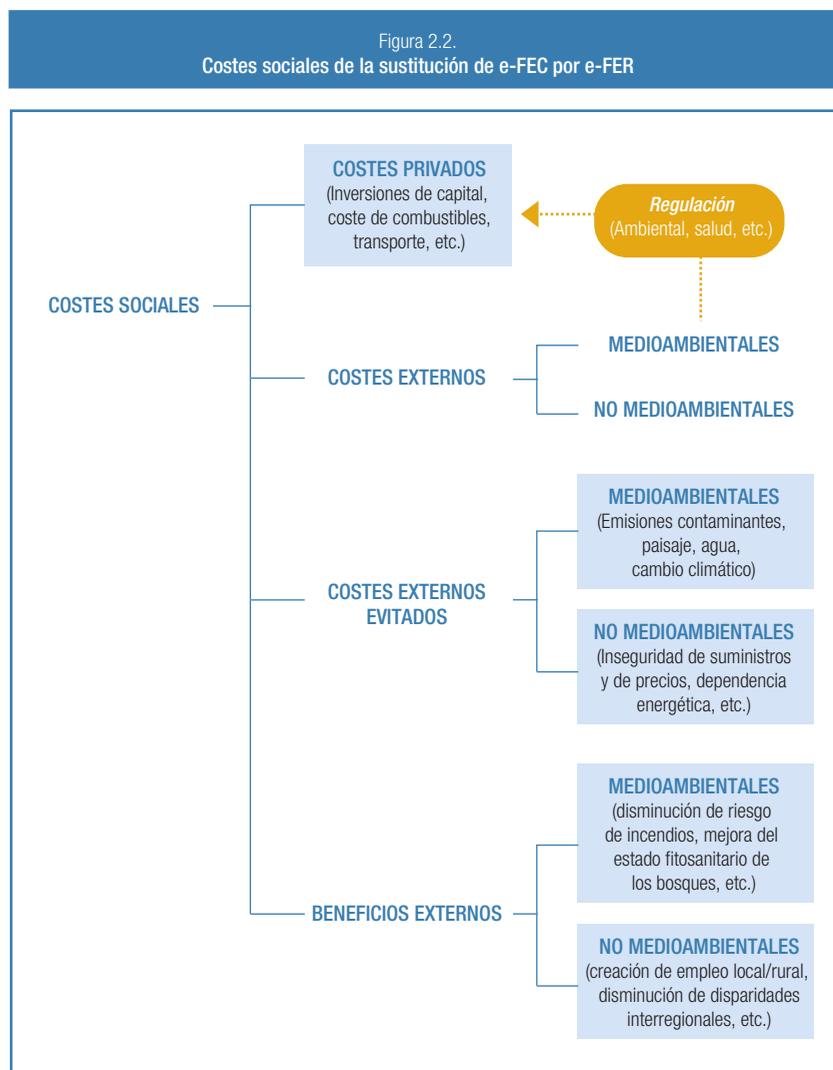
Figura 2.1.
Tipología de los costes sociales de la energía eléctrica



Fuente: elaboración propia sobre *International Energy Agency* (1995).

Cuando se realiza una sustitución de electricidad generada con FEC por e-FER, parte de los costes externos pasarían a ser costes externos evitados. Por lo tanto, las externalidades negativas pasarían a ser externalidades evitadas (de signo positivo): disminución de emisiones de CO₂ y otros

¹ Ambos se desagregan en el epígrafe 2.3. de este capítulo.



gases contaminantes a la atmósfera, garantizar el suministro respetando el medio ambiente, disminuir las tasas de dependencia energética y mejorar la balanza de pagos, etc. Además, la producción de e-FER conllevaría la generación de beneficios externos directos como, por ejemplo (para el caso que aquí nos ocupa: e-biomasa), la disminución del riesgo de incen-

dios, creación de empleo local/rural, disminución de disparidades interregionales, etc. Por lo tanto, los costes sociales totales se determinarían en base a estos cuatro elementos (figura 2.2.): costes privados, costes externos, costes externos evitados y beneficios externos.

Entonces, dependiendo del tipo de tecnología utilizada (combustibles fósiles vs. FER), se pueden generar ganancias o pérdidas de bienestar para la sociedad. Por lo tanto, las externalidades pueden ser tanto positivas como negativas y, en ambos casos, los fallos derivados del mercado justificarían una intervención pública. Además de los costes y beneficios externos directos, es imprescindible tener en cuenta el diferencial neto de daños evitados en la sustitución de combustibles fósiles por renovables (costes externos evitados, tanto medioambientales como no medioambientales).² En este capítulo nos centraremos en revisar los análisis disponibles en economía ambiental tanto de los costes externos directos del proceso de producción eléctrica, como de los beneficios externos directos y los costes externos evitados derivados de la sustitución de combustibles fósiles por biomasa para la producción de electricidad. Este análisis nos permitirá sentar las bases para la posterior cuantificación de los efectos positivos (medioambientales y no medioambientales) y los costes evitados por la valorización energética de la biomasa (capítulo 4).

2. Costes externos en la generación de electricidad

En este apartado discutiremos sobre los costes externos que se derivan del proceso de generación de electricidad con combustibles fósiles y FER, centrándonos en la biomasa. En el primer apartado presentaremos la problemática del cambio climático. Revisaremos la función complementaria de los planes de fomento de energías renovables en el protocolo de Kyoto, prestando especial atención a las oportunidades que ofrece la biomasa. Realizaremos una aproximación al diferencial neto de daños o costes externos evitados, en cuanto a emisiones de CO₂ por la sustitución parcial de combustibles fósiles por biomasa en Galicia.

² Ya en 1972, el *Informe* del Club de Roma planteaba que la energía producida con combustibles fósiles incluyera en su precio los daños causados y que las FER recibieran subvenciones por los daños evitados (Meadows *et al.*, 1972).

En el segundo epígrafe analizaremos los costes externos globales de la producción de electricidad con diferentes tecnologías. Haremos una revisión de estudios de valoración de externalidades energéticas para, a continuación, estimar los costes externos evitados al sustituir parcialmente petróleo, carbón y gas por biomasa en procesos de generación eléctrica en Galicia.

Finalmente, analizaremos los costes externos no medioambientales de la generación de electricidad, es decir, los costes de la dependencia, seguridad de suministros y precios. Estimaremos los costes sociales evitados (en forma de costes indirectos de dependencia) por la sustitución de petróleo por biomasa en los procesos de generación eléctrica.

Cambio climático

En la actualidad, las fuentes de emisión contaminantes más importantes se derivan del consumo de combustibles fósiles (cuadro 2.1.), tales como el carbón y los derivados del petróleo (Xunta de Galicia, 2000). Aplicaciones empíricas constatan este hecho (IDAE-MINER, 1999; *European Commission*, 1995a, b, c, d, e, f; *European Commission*, 1999a, b, c, d). Así, en España, las emisiones de CO₂ de las tecnologías de producción eléctrica (en su ciclo de vida) se sitúan en hasta 40 a 15 veces superiores cuando se utiliza, respectivamente, carbón o gas natural en ciclo combinado, frente a la utilización de una energía renovable como es la biomasa. Otro ejemplo son los valores de emisión unitarios de CO₂, SO₂ y NO_x de centrales convencionales de gasoil, fuel y gas en el Reino Unido, que toman valores entre 10 y 100 veces superiores a los que emiten las tecnologías renovables (IDAE-MINER, 1999).

La combustión de energías fósiles es «la mayor fuente de emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero», así como de otros numerosos problemas ambientales, de seguridad y estratégicos (PNUD-IDAE, 2001:12). Las emisiones de dióxido de carbono son el principal causante del efecto invernadero. Representan el 75% de las emisiones de los seis principales gases³ que provocan el efecto invernadero y el 92% de las emi-

³ Dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nítrico (N₂O), hidrofluocarburos (HFCs), hexafluoruro de azufre (SF₆) y perfluocarburos (PFCs).

Cuadro 2.1. Emisiones contaminantes de combustibles fósiles

Combustible fósil	CO ₂ *	SO ₂	NO _x	CO
Hulla	3,9	36,7	11,3	4,2
Lignito	4,2	58,2	9,2	4,2
Gasóleo	3,1	5,9	4,2	0,42
Fuelóleo	3,3	51,1	8,6	0,42
Gas natural	2,3	0,084	5,2	0,42

Unidad de medida: Kg/tep ; * tn/tep.

Fuente: Elaboración propia sobre Xunta de Galicia (2000: 96).

siones de CO₂ tiene origen energético (IDAE-MINER, 1999). Es por ello que se han dado los primeros pasos para reducir este tipo de emisiones. La agenda internacional sobre cambio climático ha seguido un largo camino histórico, con reuniones que han favorecido la firma de diferentes acuerdos medioambientales.

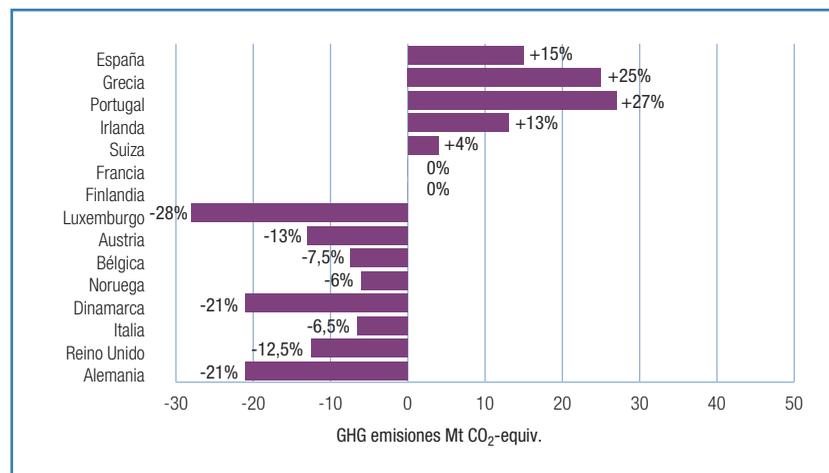
Se han realizado múltiples encuentros sobre cambio climático, desde la «Primera Conferencia Internacional sobre Cambio Climático», organizada por la Organización Meteorológica Mundial y celebrada en Ginebra en 1979, la «Cumbre de la Tierra», celebrada en 1992 en Río de Janeiro en base al informe del IPCC'90,⁴... hasta la 9ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco sobre Cambio Climático,⁵ celebrada en Milán en 2003. Asimismo, señalamos algunos de los convenios y protocolos firmados sobre emisiones de gases contaminantes (CO₂, SO₂, NO_x, etc.), como por ejemplo el Convenio de Ginebra sobre contaminación atmosférica transfronteriza (1983), el Protocolo de Helsinki (1985), el Protocolo de Sofía (1988), el Protocolo de Oslo (1994) o el Protocolo de Kyoto (1997).

⁴ En 1988, en el seno de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente (PNUMA), se crea el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), que realiza su primer informe de evaluación de cambio climático en 1990 con una continuidad quinquenal (segundo y tercer informe en 1995 y 2001).

⁵ Hasta el año 2003 se han celebrado 9 *Conference of the Parties to the UN Framework Convention on Climate Change* (COP). La primera tuvo lugar en Berlín en el año 1995 y en ella se sentaron las bases del Protocolo de Kyoto. El resto de conferencias se han celebrado con carácter anual en Ginebra (1996, COP-2), Kyoto (1997, COP-3), Buenos Aires (1998, COP-4), Bonn (1999, COP-5), La Haya (2000, COP-6) Bonn (2001, COP-6bis), Marrakech (2001, COP-7), Nueva Delhi (2002, COP-8) y Milán (2003, COP-9).

El Protocolo de Kyoto establece la reducción global en el intervalo de tiempo 2008-2012 de algo más de un 5% de las emisiones de los principales gases causantes del efecto invernadero, tomando como referencia los valores del año 1990. Los objetivos por países se establecen atendiendo a la conservación de un crecimiento económico sostenible y a la disponibilidad de tecnologías. Para las tres grandes áreas económicas (UE, EE. UU. y Japón), el objetivo sería del 8%, 7% y 6% respectivamente. Sin embargo, la comunidad científica mantiene una posición pesimista sobre el cum-

Figura 2.3.
Objetivos de emisiones de GEI en la UE 2008-2012



Fuente: *European Environment Agency* (2002).

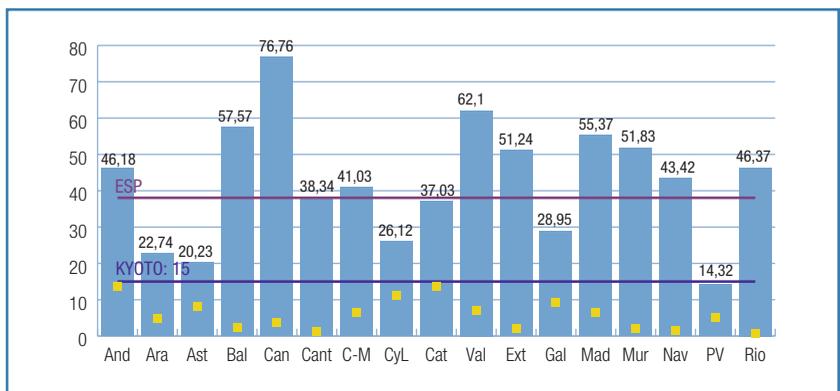
plimiento de estos objetivos. Buñuel (2002: 195) afirma que las emisiones de CO₂, siguiendo la tendencia actual, tardarían dos siglos en establecer su nivel de concentración atmosférica a un nivel que duplicaría prácticamente el observado en la época preindustrial.

El objetivo fijado para España se concreta en no incrementar las emisiones en más del 15% respecto a 1990 (figura 2.3.). Sin embargo, las previsiones son altamente negativas pues se estima que, incluso en el mejor escenario, las emisiones de CO₂ crecerán hasta un 28% en el 2010 (Gago y Labandeira, 2002: 18). Estevan (2002: 210) argumenta que cuando

España acudió a la «Tercera Conferencia Internacional Sobre Cambio Climático» (COP-3), era consciente de que en sólo 7 años (1990-1997) ya había consumido ampliamente el margen de emisiones que se estaba negociando para el período 1990-2010. De hecho, en el año 2002, el crecimiento de las emisiones de GEI⁶ respecto al nivel de 1990 se cifra ya en más del doble del compromiso de Kyoto (gráfico 2.1.). Un análisis por comunidades autónomas muestra que solamente el País Vasco, que participa en un 5,25% de las emisiones nacionales, cumpliría el objetivo de Kyoto. Mientras tanto, el grupo de cinco comunidades autónomas⁷ que representan más del 50% del total de emisiones de GEI a nivel nacional, superan ampliamente el límite marcado por Kyoto.

En este escenario, el Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión⁸ fija el objetivo de que en el 2012 las emisiones de CO₂ no deberán representar más de un 24% el nivel de 1990, cumpliendo entonces el compromiso de Kyoto (15%) mediante la compra de créditos en el mer-

Gráfico 2.1.
Incremento de emisiones de GEI en España por CC. AA. (1990-2002) (en %)



Porcentaje de emisiones de GEI sobre total nacional.
Fuente: elaboración propia sobre Nieto y Santamaría (2003a y 2003b).

⁶ Emisiones GEI = emisiones en unidades de CO₂ equivalente.

⁷ Este grupo lo forman Cataluña, con un 13,65% de las emisiones nacionales, Andalucía (13,69%), Castilla y León (11,13%), Galicia (9,15%) y Asturias (8,09%).

⁸ Real Decreto 1866/2004 por el que se aprueba el Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión, 2005-2007 (BOE nº 216 de 7 de septiembre de 2004).

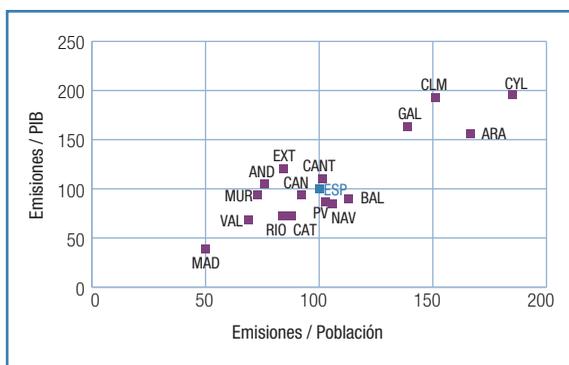
cado internacional y la absorción de carbono en nuestros bosques. Por lo tanto, se ha de realizar un amplio esfuerzo no sólo para estabilizar las emisiones, sino para reducirlas respecto al nivel observado en 2002.

Como vemos, Galicia es la cuarta comunidad autónoma que más emisiones de GEI produce (gráfico 2.1.). Sin embargo, en términos relativos y siempre alejada del objetivo de Kyoto, la podríamos caracterizar como una región en la cual las emisiones en el período 1990-2002 han crecido menos que la media nacional. Para comprender cuál es la situación real de las comunidades autónomas españolas, hemos realizado un análisis de emisiones en términos de PIB y población (gráfico 2.2.).

Entre las cinco comunidades que mayor participación tienen sobre las emisiones nacionales, Cataluña se muestra como una comunidad relativamente eficiente, tanto en términos de producción como de población. Así, sus emisiones por habitante y por producto interior bruto son inferiores a la media nacional. Al igual que Cataluña, las emisiones por habitante andaluzas se encuentran por debajo de la media española. Sin embargo, no es así para las emisiones respecto al PIB de la región, por lo que Andalucía debe realizar un esfuerzo especial en reducir la contaminación originada en sus sectores productivos. Una situación diferente la observamos en Galicia,⁹ Castilla y León y Asturias, que se muestran ineficientes

en ambos sentidos, situándose muy por encima de los niveles medios nacionales. Por lo tanto, es primordial que en estas comunidades las autoridades públicas diseñen las medidas de intervención necesarias para reducir las emisiones contaminantes.

Gráfico 2.2.
Emisiones de GEI en relación al PIB y a la población por CC. AA.



* No incluimos Asturias, con un valor de (311, 356), por cuestiones de escala.
Fuente: elaboración propia.

⁹ La ineficiencia de emisiones gallegas respecto a PIB y empleo es consecuencia, en parte, de un desajuste entre la producción y demanda interna de electricidad. Entre 1998 y 2003 Galicia ha exportado una media del 35,16% del total de su producción eléctrica neta, por lo que gran parte de su producción no es destinada al consumo interno. Sin embargo, las emisiones contaminantes se contabilizan en el ámbito gallego, a pesar de que los usuarios finales se localicen en otras regiones geográficas.

El Protocolo de Kyoto se articula en dos vías fundamentales (Montero *et al.*, 2002): (i) disminuir las emisiones por la quema de combustibles fósiles y por el cambio del uso de las tierras y (ii) crear políticas ambientales que fomenten la captura y fijación a corto y medio plazo de gases de efecto invernadero.

En este contexto, los programas de fomento de energías renovables se presentan como un complemento relevante al Protocolo de Kyoto y, consecuentemente, para la lucha contra el cambio climático y la mitigación del efecto invernadero. Así, solamente teniendo en cuenta el Plan de Fomento de Energías Renovables de España, se podría producir un ahorro de emisiones de CO₂ entre 19,5 y 41,5 millones de toneladas en el 2010. En el cuadro 2.2. presentamos las toneladas de CO₂ que se evitarían en procesos de generación eléctrica al sustituir centrales de carbón nacional (hulla y antracita al rendimiento del 35,5%) y ciclos combinados a gas (a un rendimiento del 51%) por FER, suponiendo que se cumplieren los objetivos del Plan de Fomento de Energías Renovables (1999-2010).

La biomasa es clave en diversos escenarios (Kyoto, Plan de Fomento de Energías Renovables, políticas de desarrollo rural,¹⁰ etc.) debido a las externalidades positivas y los costes evitados derivados de su valorización energé-

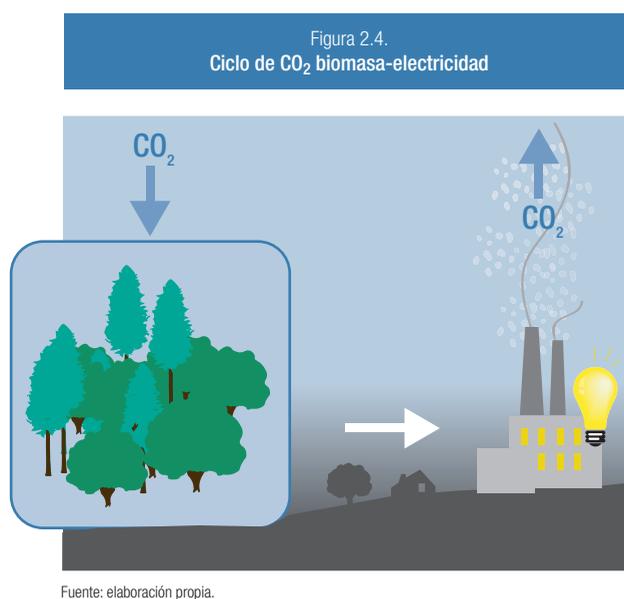
Cuadro 2.2. Emisiones de CO₂ evitadas en procesos de generación eléctrica (1999-2010)

	Carbón nacional (hulla y antracita)	Ciclos combinados a gas natural
Minihidráulica	2.180.644	879.408
Eólica	19.086.672	7.697.184
Biomasa	12.515.370	5.047.140
Biogás	533.442	215.124
Solar	623.611	255.511
RSU	924.836	190.259

Fuente: elaboración propia sobre IDAE-MINER (1999: 64).

¹⁰ El Libro Blanco de la Agricultura y el Desarrollo Rural (MAPA, 2003) constata que el desarrollo de medidas de fomento a FER produciría diversas externalidades positivas como el asentamiento de la población en el mundo rural o el no deterioro del medio ambiente.

tica.¹¹ Uno de los aspectos más comentados en la literatura (Marland y Schlamadinger, 1995: 136; Leemans *et al.*, 1996: 355; Fernández, 1997: 216; Pussinen *et al.*, 1997: 378; Watson *et al.*, 2000: 46; Camps y Marcos, 2001: 347; Caparrós y Campos, 2004: 188) es el ciclo de emisiones de la biomasa, caracterizado por un factor de emisión nulo de CO₂ (figura 2.4.). Este resultado se deriva de la absorción, a lo largo del crecimiento de las masas forestales, de las cantidades de CO₂ que se emiten durante su combustión. Cuando se quema la biomasa forestal para la producción de energía se está produciendo una emisión de CO₂ pero, como ese contaminante ya había sido retenido anteriormente (fijación de carbono), el efecto en cuanto a emisión es nulo, no existiendo entonces en ese ciclo una fuente neta de contaminación como sucede en el caso de los combustibles fósiles.¹²



La capacidad de capturar CO₂ de la biomasa forestal es considerada como un bien público (Díaz-Balteiro, 2002b: 155). Carpintero (1999: 316) estima que una hectárea de bosque captura 1,8 toneladas de CO₂ al año. Este dato ha de ser tomado como una simplificación, pues la capacidad de captura se ve influida por la edad de las masas forestales y las condiciones climáticas.

¹¹ Linares (2002: 66) constata que en el proceso de generación eléctrica, si comparamos el petróleo, el carbón y la biomasa, ésta la única de las 3 fuentes energéticas en la que no se producen emisiones atmosféricas netas de CO₂. Por otro lado, no existen prácticamente compuestos contaminantes, siendo la emisión de partículas fácilmente controlable (IDAE-MINER, 1999).

¹² Para el resto de FER no se plantea esta discusión. Puede constatarse los efectos sobre las emisiones de CO₂ de la sustitución de fuentes energéticas fósiles por FER. Por ejemplo, en el año 1996 se produjeron en España unas condiciones de elevada pluviosidad que permitieron aumentar en un alto porcentaje la producción de las centrales hidroeléctricas, disminuyendo el uso de combustibles fósiles para la producción de electricidad y las emisiones de CO₂ a la atmósfera (Buñuel, 2002: 201, 202).

Por ejemplo, Díaz-Balteiro (2001 y 2002b) estima que el pino radiata y el chopo realizan una captura bruta de 3,5 y 3,27 toneladas de carbono por hectárea respectivamente. Watson *et al.* (2000) estiman una fijación anual y stock medio de carbono por hectárea de 3 a 60 toneladas. Mingo (2002) estima 0,8 toneladas de CO₂ por tonelada de biomasa valorizada. Camps y Marcos (2001: 361-363) calculan 7,5 toneladas de CO₂ (fijado menos emitido) por hectárea¹³.

A pesar de las divergencias existentes en cuanto a la cuantificación de la captura de carbono de la biomasa forestal, existe consenso sobre el hecho de que la valorización energética de la biomasa es neutral en cuanto a las emisiones de CO₂ y que la sustitución de combustibles fósiles por la misma supone el ahorro de las emisiones¹⁴ que se producirían al consumir este tipo de energía (Díaz-Balteiro y Romero, 2004: 18). Mediante la sustitución de fuentes energéticas fósiles se producirá, por tanto, una disminución neta de los flujos de dióxido de carbono y otros gases contaminantes a la atmósfera, además de otros beneficios sociales, económicos y ambientales.

En un escenario prospectivo para el año 2010, en el cual hubieran instalados en Galicia 100 MW en 8 centrales de biomasa (Rojo, 2000: 614) y, siguiendo a Mingo (2002), se produciría un ahorro de emisiones de CO₂ por valorización energética de la biomasa de 800.000 toneladas que, expresadas en unidades monetarias utilizando el valor mínimo estimado en el proyecto ExternE (18-46 €/tn CO₂), equivaldrían a 14,4 millones de euros de daños evitados.

Los bosques ofrecen una oportunidad de «comprar el tiempo necesario» (100 años reduciendo un 20-50% las emisiones netas de CO₂) para poner en funcionamiento nuevas estrategias que permitan reducir las emisiones (Montero *et al.*, 2002). Los artículos 3.3 y 3.4 del Protocolo de Kyoto reconocen que la función ecológica de los bosques como «sumideros efectivos de carbono» (MMA, 2002: 19) puede ser entendida como

¹³ Nótese que 12 toneladas de carbono equivalen a 44 toneladas de CO₂ (Xunta de Galicia, 2004).

¹⁴ Nótese que el ahorro de emisiones es independiente de la situación de estado estacionario (Caparrós y Campos, 2004: 188).

una medida política en la lucha contra el cambio climático¹⁵ (Díaz-Balteiro y Romero, 2001: 153; Binkley *et al.*, 2002). En este sentido, las opciones a desarrollar en un escenario de gestión forestal sostenible serían incrementar, mejorar y conservar la superficie forestal y realizar actuaciones silvícolas que incrementen su eficiencia en términos de biomasa (MMA, 2002: 19). Todo ello cobra especial interés en las diferentes acciones encaminadas para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, como estímulo al cambio en fuentes energéticas y a la mayor eficiencia en el uso energético (Leemans *et al.*, 1996: 335).

A través de una gestión sostenible se puede contribuir a la fijación de carbono¹⁶ a largo plazo, disminuyendo así la velocidad e intensidad del cambio climático a corto plazo. Se plantearía, por tanto, la capacidad de fijación y almacenamiento de carbono de los bosques y superficies forestales como puente hacia políticas de reducción de consumo de combustibles fósiles, de incendios, etc. (Montero, 2002), fomentando a su vez programas de silvicultura preventiva entre los que podríamos incluir la extracción de biomasa para su posterior uso energético.

Sería necesario para ello revisar la PAC en el sentido de renovar las medidas agroambientales hacia un sistema transparente de pagos directos por servicios medioambientales, diversificando de esta forma las fuentes de ingresos de zonas rurales y, por lo tanto, favoreciendo el desarrollo rural (Comisión Europea, 2001b: 13, 15). En esta dirección, se deberían instrumentar políticas de actuaciones silvo-energéticas (limpieza de montes, recogida de residuos, etc.) que constituirían un paso previo y necesario a la producción de electricidad utilizando biomasa (IDAE, 2001b: 84).

Una vez comentada la influencia positiva que puede conllevar la sustitución de combustibles fósiles por FER, especialmente por biomasa (Bio-Costs Research Group, 2000: 74), para alcanzar los objetivos marcados por el Protocolo de Kyoto¹⁷ y de disertar sobre la importancia de la bio-

¹⁵ En el capítulo anterior (Gráfico 1.10.) constatamos que los montes españoles han fijado cerca de 245 millones de toneladas de carbono, representando Galicia el 20% del total.

¹⁶ Montero *et al.* (2002) enumera 5 tipos de almacenes de carbono: fijado en la vegetación, en descomposición, en el suelo, en productos y el ahorrado por sustitución de combustibles fósiles.

¹⁷ Además de Kyoto, existen otros protocolos que se verían beneficiados por la sustitución parcial de combustibles fósiles por FER, como por ejemplo el del azufre de diciembre

masa forestal en cuanto a fijación de CO₂, hemos de reincidir en que los objetivos establecidos en el Libro Blanco de la Energía (Comisión Europea, 1997) son independientes de aquellos establecidos en el Protocolo de Kyoto, o sea, que responden exclusivamente a objetivos energéticos, aunque finalmente pueden contribuir a lograr los objetivos marcados en Kyoto (Comisión Europea, 2000c: 4).

Otros daños ambientales

Son numerosos los efectos externos negativos que se producen en el ciclo combustibles fósiles-electricidad. Tanto en los procesos de generación eléctrica con combustibles fósiles como en el consumo industrial y doméstico, se emiten compuestos contaminantes a la atmósfera, con riesgos de acidificación del suelo y el agua, repercusiones en la salud, en las infraestructuras y en los ecosistemas (IDAE-MINER, 1999). La combustión de combustibles fósiles es el origen de la mayor parte de emisiones de gases atmosféricos contaminantes, que provocan el conocido efecto invernadero y la consiguiente modificación del sistema climático mundial (PNUD-IDAE, 2001: 10, 11).

En un ámbito global, los efectos de las energías convencionales serían la lluvia ácida, cambio climático, destrucción de la capa de ozono estratosférico e incremento del ozono troposférico (IDAE-MINER, 1999). En el ámbito local estarían la contaminación acústica, de suelos y ríos circundantes, ocupación de terrenos, impacto paisajístico, alteración de flora y fauna y contaminación atmosférica local. En el cuadro 2.3 se resumen las principales emisiones producidas en la generación de electricidad mediante combustibles fósiles y los impactos ambientales globales asociados a las mismas.

El ciclo de los combustibles fósiles-electricidad abarca una serie de etapas diferenciadas.¹⁸ En general, se producen 6 etapas: exploración, cons-

de 1999, en el cual España se comprometió a reducir un 70% las emisiones de SO₂ en el año 2010.

¹⁸ Para el ciclo del petróleo puede consultarse *Comisión Europea* (1995d: 195). Para el ciclo de gas natural y el carbón véase, respectivamente, *Comisión Europea* (192.1995d: 218) y *European Commission* (1995c: 31).

Cuadro 2.3. Ciclos de combustibles fósiles: gases contaminantes e impactos ambientales

Primario (emitido)	Secundario	Impactos ambientales
CO ₂		Calentamiento global
CH ₄	O ₃	Calentamiento global Foto-oxidantes
N ₂ O		Calentamiento global
SO ₂	H ₂ SO ₄ Sulfato-aerosoles	Lluvia ácida Concentración en el aire de SO ₂
NO	NO ₂ HNO ₃ Nitrato-aerosoles O ₃	Lluvia ácida Foto-oxidantes Fertilización de N Concentración en el aire de NO ₂ Calentamiento global

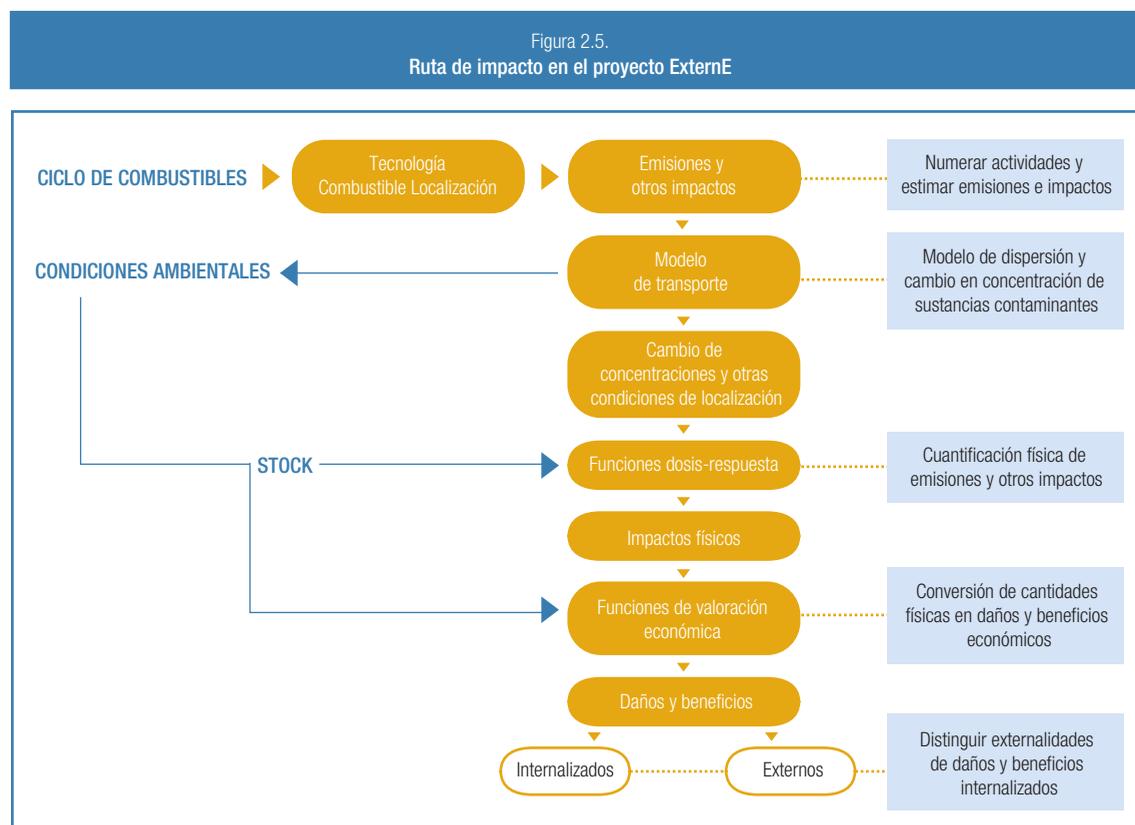
Fuente: elaboración propia sobre EC (1995d: 50).

trucción de las plantas, extracción, generación de energía, almacenamiento de residuos y procesos de transporte diversos. A lo largo del ciclo se pueden generar hasta más de 200 impactos que pueden ser agrupados en (*European Commission*, 1995c y d): *i*) contaminación atmosférica (efectos sobre salud, cultivos, materiales, bosques, pesquerías), *ii*) accidentes y salud laboral, *iii*) ruido, *iv*) calentamiento global, *v*) efectos sobre el agua (dulce, salada, subterránea, etc.) y *vi*) efectos sobre el medioambiente marino.

En el proyecto ExternE (*European Commission*, 1995a, b, c, d, e, f; *European Commission*, 1999a, b, c, d) se construye una función de daños de abajo a arriba (*bottom-up approach*) a lo largo de las etapas del ciclo de combustible (figura 2.5.). En esta aproximación se han obtenido estimaciones de costes de daños producidos en la generación de electricidad para 8 fuentes de energía diferentes: carbón, lignitos, petróleo, gas natural, nuclear, biomasa, hidráulica, y eólica.

La función de daño no incluye sin embargo numerosos efectos bien identificados (por cuestiones diversas como el desconocimiento de probabilidades, la insuficiencia de datos, incertidumbre, etc).¹⁹ A continuación (cuadro 2.4.) presentamos las estimaciones de los costes externos para

¹⁹ 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.



Fuente: elaboración propia sobre Sundqvist (2002).

las diferentes tecnologías en los 15 estados miembros de la UE. Podemos apreciar que los costes externos de las fuentes de energía renovables son sensiblemente inferiores a las no renovables. Así, vemos como el petróleo y el carbón son las tecnologías que más efectos negativos producen.

Si nos fijamos en el caso de la biomasa, observamos una gran divergencia en función del país en el que se hayan analizado los costes. Los altos costes externos de la biomasa estimados en España se explican porque no se analiza la biomasa exclusivamente, sino mezclada con lignitos (CIEMAT, 1997). Así, las emisiones de dióxido de carbono consideradas en la función de daños toman un valor de 798 kg/MWh, un nivel semejante al de combustibles fósiles como el carbón y el petróleo (cuadro 2.5.), influyendo entonces en la estimación de los costes externos. Si tomamos

Cuadro 2.4. Costes externos de la producción de electricidad en Europa

País	Carbón y lignito	Turba	Petróleo	Gas	Nuclear	Biomasa	Hidráulica	Solar FV	Eólica
Austria				1-3		2-3	0,1		
Bélgica	4-15			1-2	0,5				
Alemania	3-6		5-8	1-2	0,2	3		0,6	0,05
Dinamarca	4-7			2-3		1			0,1
España	5-8			1-2		3-5*			0,2
Finlandia	2-4	2-5				1			
Francia	7-10		8-11	2-4	0,3	1	1		
Grecia	5-8		3-5	1		0-0,8	1		0,25
Irlanda	6-8	3-4							
Italia			3-6	2-3			0,3		
Holanda	3-4			1-2	0,7	0,5			
Noruega				1-2		0,2	0,2		0-0,25
Portugal	4-7			1-2		1-2	0,03		
Suecia	2-4					0,3	0-0,7		
Reino Unido	4-7		3-5	1-2	0,25	1			0,15

* Cogeneración de biomasa con lignitos.
 Unidad de medida: ¢€/kWh.
 Fuente: Comisión Europea (2003).

como referencia los casos de Noruega o Grecia (cuadro 2.4.), observamos que la biomasa sería la fuente de energía con menos impactos negativos, junto a la eólica.

Cuadro 2.5. Emisiones en ciclo de vida de combustibles fósiles

Ciclo de combustible		CO ₂ ²⁰	CH ₄	N ₂ O	NO _x	SO ₂	Partículas
Petróleo*	Turbina de gas	875	62	23,2	-	-	-
	Ciclo combinado	619	37	15,2	-	-	-
Carbón	<i>Standard</i>	880	2,9	0,16	2,2	1,10	0,16
	Eficiencia alta	800	2,6	0,03	0,5	1,00	0,03
	España	1.025	-	-	1,82	1,19	-
Gas natural	<i>Standard</i>	401	0,28	0,013	0,71	-	-
	España	401	0,27	-	0,26	0,17	-

Unidades de medida: Kg/MWh * Kg/MWh_{el}.
 Fuente: elaboración propia sobre EC(1995c,d) y CIEMAT (1997).

²⁰ Otras fuentes dan cifras aproximadas en cuanto a la emisión de CO₂ en ciclos de generación eléctrica. Para el carbón se pueden utilizar 977 Kg/MWh y para el gas natural en ciclo combinado 394 Kg/MWh (IDAE-MINER, 1999: 266).

En el cuadro 2.6 podemos apreciar como las diferencias en costes externos favorecen ampliamente a la biomasa. Vemos que el ciclo del carbón generaría unos costes externos de 5,06 c€/kWh y el del petróleo 4 c€/kWh.²¹ Sin embargo, en el caso de la biomasa, los costes externos ascenderían a 1,08 c€/kWh, lo que supone un diferencial neto en daños evitados, respecto a los dos principales combustibles fósiles, de 2,92-3,98 c€/kWh.

Aún efectuando una estimación conservadora que favorece a los combustibles fósiles, tomando entonces como referencia los valores medios mínimos para el petróleo, carbón y gas natural y el máximo para la biomasa, podemos apreciar como los costes externos de la biomasa son sensiblemente inferiores a los asociados a los combustibles fósiles, sobre todo

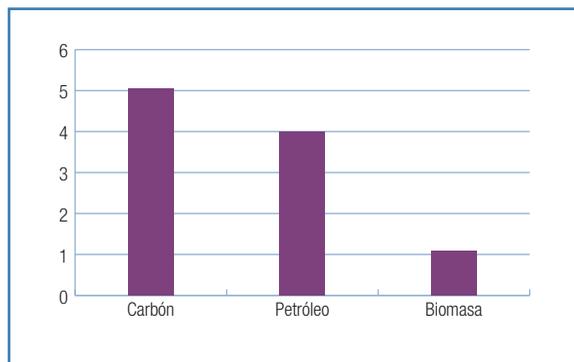
Cuadro 2.6. Costes externos de la producción eléctrica con biomasa en comparación con combustibles fósiles				
	Carbón	Petróleo	Gas natural	Biomasa
Dinamarca	4-7	-	2-3	1
Finlandia	2-4	2-5	-	1
Francia	7-1	8-11	2-4	1
Grecia	5-8	3-5	1	0-0,8
Alemania	3-6	5-8	1-2	3
Países Bajos	3-4	-	1-2	0,5
Portugal	4-7	-	1-2	1-2
Suecia	2-4	-	-	0,3
Gran Bretaña	4-7	3-5	1-2	1
Mínimo	2	2	1	0
Máximo	10	11	4	3
Media	5,06	5,50	1,79	1,08
	(3,78-6,33)	(4,2-6,8)	(1,29-2,29)	(0,98-1,18)
Mediana	5,5	4	1,5	1
	(4-7)	(3-5)	(1-2)	
Desviación típica	1,81	2,54	0,72	0,84
	(1,56-2,06)	(2,39-2,68)	(0,49-0,95)	(0,83-0,85)
N	9	5	7	9

Unidad de medida: c€/kWh.

Fuente: elaboración propia sobre *European Commission* (2003).

²¹ Tomamos como referencia el valor medio para el carbón y la mediana para el petróleo por razones de cautela.

Gráfico 2.3.
Costes externos de combustibles fósiles vs. biomasa (c€/KWh)



Fuente: elaboración propia sobre *European Commission* (2003).

si los comparamos con los dos más intensivos –petróleo y carbón– en el escenario energético mundial (gráfico 2.3.).

En el escenario planteado por Rojo (2000: 614) se requerirían 500.000 toneladas de biomasa seca al año (Vilas, 2002), que permitirían una producción anual de electricidad de 1.019 GWh. Por lo tanto, el diferencial neto de daños evitados por la sustitución de combustibles fósiles ascendería, para el caso del carbón, a 40,56 millones de euros y, para el petróleo, 29,76 millones de euros.²²

Por tanto, parece que la alternativa más eficaz, teniendo solamente en cuenta los costes externos de la generación eléctrica, sería sustituir el carbón antes que el petróleo, pues los costes evitados serían superiores. Sin embargo, a estas aproximaciones habría que sumarle otros costes evitados no cuantificados como la disminución de la dependencia energética, aumentar la seguridad de abastecimiento y precios, etc. (Skog y Rosen, 1997: 66), de los cuales nos ocuparemos en el siguiente apartado.

Además del proyecto ExternE, disponemos de otros trabajos que realizan análisis similares. Así, por ejemplo, Diakoulaki *et al.* (2000) estiman los costes externos de centrales que utilizan diferentes tecnologías en Grecia, siguiendo la misma metodología que ExternE (función de daños). Sundqvist y Söderholm (2002) y Sundqvist (2002) recopilan los resulta-

Cuadro 2.7. Diferencial neto de daños evitados en la generación de electricidad con biomasa en Galicia 2010

	Costes externos (c€/KWh)	Costes externos (€)	Costes externos evitados (€)
Carbón	5,06	51.561.400	40.561.096
Petróleo	4,00	40.760.000	29.758.391
Biomasa	1,08	11.005.200	-

Fuente: elaboración propia sobre Comisión Europea (2003).

²² Notemos que los 14,4 millones de euros derivados del ahorro de emisiones de CO₂ a los que hacíamos alusión anteriormente serían parte de los costes evitados aquí estimados.

dos obtenidos en estudios de valoración de externalidades energéticas efectuados en las últimas dos décadas. Proporcionan estimaciones medias utilizando, además de los resultados de la implementación nacional de ExternE, otros análisis similares (Ottinger *et al.*, 1991; ORNL y Rff, 1998; Rowe *et al.*, 1995; Faaij *et al.*, 1998; Hirschberg y Jakob, 1999) que emplean los métodos de función de daños y de costes de reducción.

Conviene subrayar que tanto en ExternE como en otros estudios que utilizan aproximaciones de función de daños, solamente se tienen en cuenta las externalidades negativas, no las positivas ni los costes evitados por la utilización de tecnologías renovables en lugar de fósiles. La completa internalización de costes y beneficios externos de las fuentes energéticas es una labor difícil dada la incertidumbre de la valoración económica en términos monetarios (IDAE-MINER, 1999). Sin embargo, es necesario que el sistema de precios de mercado tenga también en cuenta los beneficios generados y los costes evitados por las diferentes fuentes de energía, incluida la seguridad en el suministro, el agotamiento de los combustibles fósiles y otros aspectos sociales o no ambientales (Linares, 2002: 80; Fernández y Sánchez, 2002: 222) que, actualmente, no son incluidos en los precios (PNUD-IDAE, 2001: 14). De hecho, las distorsiones en los mercados se podrían reducir en buena medida eliminando las subvenciones permanentes a la energía convencional e incluyendo sus costes sociales y ambientales en los precios (PNUD-IDAE, 2001: 24).

Por lo tanto, actualmente los precios de la electricidad no recogen los costes sociales totales (figura 2.1.), creando distorsiones en el mercado que producen asignaciones ineficientes y que impiden en gran medida el desarrollo de las FER (Buñuel, 2002: 214; Fernández y Sánchez, 2002: 224). Si efectivamente se internalizaran todos los costes, es decir, tanto los negativos y los positivos como los evitados, pudiera suceder que la consideración de los daños evitados y los beneficios ambientales de la biomasa superasen significativamente los costes externos que presenta, ampliándose entonces la diferencia de costes ya referida en relación a los combustibles fósiles (gráfico 2.3.).

Costes externos no medioambientales: costes de dependencia

Para finalizar el análisis de costes externos de la generación de electricidad, comentaremos sucintamente un aspecto no analizado hasta el momento: los efectos no medioambientales evitados sobre la economía, es decir, los costes de la dependencia, seguridad de suministros y precios. En una de las escasas estimaciones de costes sociales de importar hidrocarburos (defensa, vertidos, cártel, *shocks*, etc.), Leiby *et al.* (1997) realizan una estimación de entre 2 y 5 € por barril.²³ Como quiera que en Galicia, con una dependencia energética del 72%, se han descargado en el año 2000 unas 5.307.000 toneladas de crudo,²⁴ si nos situamos en el escenario planteado por Rojo (2000) la producción de e-biomasa permitiría sustituir el 1,65% del total de crudo descargado. Por lo tanto, los costes sociales evitados por dejar de importar esa cantidad de petróleo, sólo en términos parciales de seguridad de importación, supondrían más de 3 millones de euros. Y serían éstos una parte de los costes indirectos de la dependencia.

3. Externalidades positivas en la valorización eléctrica de la biomasa

La seguridad del abastecimiento, junto a la protección del medio ambiente, conforman una «política de servicio público» que busca mejorar el bienestar de la población y el funcionamiento de la economía (Comisión Europea, 2000b: 2, 78). La UE afirma que «la seguridad del abastecimiento no pretende maximizar la autonomía energética o minimizar la dependencia, sino reducir los riesgos derivados de esta última»,

²³ Leiby *et al.* (1997) utiliza como unidad monetaria dólares. Al tratarse de una primera aproximación, no actualizamos la cantidad estimada y realizamos una conversión unitaria (1\$=1€).

²⁴ Las descargas de crudo en Galicia representan un 9,11% de las 58.248.000 toneladas descargadas en el conjunto de España (CES-G, 2001b: 255). Siguiendo las tablas de conversión de FAO (1983) y transformando toneladas en barriles (1 barril = 158,98 litros = 0,15899 m³ = 0,056 toneladas), tendríamos que en Galicia se han descargado 94,77 millones de barriles.

haciendo referencia a riesgos físicos, económicos y medioambientales tales como de suministro, precios, inversiones, geopolíticos, etc. (Comisión Europea, 2000b: 2, 34).

Sin embargo, términos como la «búsqueda de autonomía energética» están estrechamente ligados a mitigar la dependencia de combustibles fósiles, aumentar la seguridad de abastecimiento, reducir las variaciones erráticas de los precios, corregir problemas ambientales, etc. y todo ello pasa por diversificar los suministros energéticos e incrementar la confianza en los recursos locales.

Ante el desajuste existente entre las necesidades de consumo y la oferta energética que pueden cubrir las FER, se hace necesario encontrar un equilibrio en el cual se pudieran utilizar estas últimas junto a las fuentes de energía convencionales, que deberían constituirse como una fuente auxiliar y no principal (Menéndez, 1997: 102). Las FER proporcionan una senda de largo plazo en la cual se pueden evitar una serie de costes socio-económicos como, por ejemplo, la incertidumbre de suministros y precios que experimentan los países dependientes de combustibles fósiles. Además, se conseguiría reducir las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera y se ahorrarían numerosos costes asociados a las mismas: diseño de políticas contra el cambio climático, regulación, costes de futuras emisiones, etc. (RAND, 2001: 19) que forman parte de los costes sociales de la energía (figura 2.1.). Los beneficios públicos que se podrían obtener van, como podemos observar, más allá de un mayor nivel de autonomía energética y calidad ambiental.

Sin embargo, al no incluirse las externalidades en los precios de mercado, los agentes no pagan ni por los beneficios que reciben ni por los perjuicios que generan. Esto influye en el hecho de que se produzca una situación de infra-inversión y que las tecnologías renovables no sean desarrolladas a un nivel social óptimo (RAND, 2001: 19). Las distorsiones del mercado se podrían reducir si se incluyesen los costes sociales en los precios, eliminando progresivamente las subvenciones permanentes a los combustibles fósiles y nucleares²⁵ (PNUD-IDAE, 2001: 24) fomentadas,

²⁵ Puede consultarse un clásico sobre riesgo, incertidumbre y energía nuclear con análisis coste-beneficio generalizado para producción eléctrica en Elster (1983).

directa o indirectamente, por los estados miembros de la UE sin tener en cuenta los costes externos que generan (Comisión Europea, 2000c: 4).²⁶

Nosotros, al igual que en el epígrafe anterior, realizaremos una primera cuantificación de componentes de los costes sociales totales en un escenario de sustitución de FEC por biomasa en los procesos de generación eléctrica. Para ello recurrimos nuevamente al escenario planteado por Rojo (2000: 614), en el cual se prevé que en el 2010 Galicia disponga de una potencia eléctrica instalada de 100 MW a partir de biomasa o, lo que es lo mismo, la valorización eléctrica del matorral estimado en el capítulo 1 (500.000 toneladas secas) y una producción de 1.019 GWh (87,6 ktep).

Además de los efectos generales comunes con el conjunto de las FER (mayor seguridad de suministros y precios, diversificación de fuentes de energía, disminución de la tasa de dependencia exterior, etc.), la valorización energética de la biomasa presenta una serie de beneficios externos adicionales, algunos de los cuales desarrollaremos con más detalle en los siguientes epígrafes. A continuación presentamos un resumen detallado de esas ventajas (cuadro 2.8.), diferenciando efectos medioambientales y no medioambientales (economía y sociedad),²⁷ ya adelantados al comienzo de este capítulo en las figuras 2.1 y 2.2. Asimismo, presentamos algunos de los inconvenientes ambientales que se pueden derivar de tal valorización eléctrica.

Como quiera que de algunos de los efectos ambientales y no medioambientales evitados nos hemos ocupado en el epígrafe anterior, haremos lo propio aquí con otros que constituyen beneficios directos ambientales y no ambientales que, si cabe, en nuestro caso nos parecen más relevantes.

²⁶ Piñeiro y Romero (2001: 7) argumentan a favor de introducir instrumentos que valoren los beneficios externos de la generación de energía que no dañe el medio ambiente (*provider get principle*). En el capítulo 3 detallaremos la tipología e importancia de las subvenciones energéticas en la UE y desarrollaremos diversos argumentos sobre la internalización de externalidades.

²⁷ Véase Piñeiro y Romero (2001: 11) para una comparación entre fuentes de energía convencionales y renovables.

Cuadro 2.8. Efectos externos de la producción de electricidad con biomasa forestal

A. Efectos medioambientales:

- + Disminuye las emisiones de CO₂ y otros gases contaminantes a la atmósfera.
- + Evita o minimiza problemas de contaminación ambiental (erosión, desertificación, mareas negras, etc.).
- + Contribuye a la limpieza del monte, a la regeneración natural y al crecimiento y calidad de las masas forestales (arbolado).
- + Disminuye los riesgos de incendios y facilita su extinción.
- + Conservación de los montes pues facilita la realización de planes de silvicultura sobre montes arbolados y matorral (al eliminar la vegetación de competencia), favoreciendo la regeneración natural de las masas forestales, su calidad y crecimiento, y disminuyendo a su vez el riesgo de incendios y de plagas.
- + Mejora el estado fitosanitario de los montes y reduce el riesgo de plagas y de contaminación ambiental.
- + Evita problemas derivados de vertidos incontrolados de residuos y subproductos. Los residuos derivados del proceso de producción son prácticamente nulos y, además, las cenizas producidas en el proceso de combustión sirven como fertilizantes.
- Problemas derivados de extracción «no ecológica»: pérdidas de nutrientes, erosión, alcalinización de tierras irrigadas, cambios en el paisaje, en ecosistemas y pérdida de biodiversidad.²⁸
- Efectos derivados de la introducción de maquinaria pesada en el monte: compactación del suelo, cambios en el paisaje, contaminación acústica, emisiones contaminantes, etc.

B. Efectos no medioambientales:

B.1. Economía:

- + Garantizar el suministro respetando el medio ambiente.
- + Diversificar las fuentes de energía.
- + Seguridad de precios.
- + Carácter autóctono que disminuye las tasas de dependencia energética y mejora la balanza de pagos.
- + Menores pérdidas potenciales en el transporte de la electricidad por la localización descentralizada de las plantas de generación.

B.2. Sociedad:

- + Empleo: es una nueva fuente de renta pues se explota un bien que no es previamente comercializado en el mercado.
- + Impacto favorable en el tejido industrial.
- + Desarrollo sostenible: no agotamiento de fuentes no renovables.
- + Desarrollo rural y disminución de desigualdades interregionales: genera un impacto favorable en el tejido industrial, sobre el volumen de mano de obra en el entorno rural, ayuda a mitigar el abandono del mundo rural y disminuye los desequilibrios inter-territoriales (rural vs. urbano).

Fuente: elaboración propia.

²⁸ Efectos especialmente significativos si hablásemos de cultivos energéticos, pues pueden tener efectos semejantes a los ocasionados por la agricultura intensiva (Ortiz y Míguez, 1995: 137). Así, los cambios en el uso de la tierra y la reforestación con especies alóctonas de crecimiento rápido podrían ocasionar, por ejemplo, efectos negativos sobre la biodiversidad del ecosistema (Caparrós y Jacquemont, 2002: 13).

*Externalidades no ambientales sobre la sociedad:
desarrollo rural y empleo*

Para que una economía sea sostenible es necesario que la oferta de energía sea, de igual modo, sostenible en el tiempo. En la situación actual no se puede hablar de sostenibilidad, pues las fuentes de energía fósiles no cumplen el requisito de durabilidad necesario (Carpintero, 1999: 315). Así, el desarrollo global puede verse limitado por la disponibilidad de recursos energéticos y la capacidad de la biosfera para absorber los subproductos derivados de la energía (CNMAD, 1987: 84). Entonces, si partimos de una hipótesis basada en las tendencias energéticas actuales, no se cumplirán varios criterios de sostenibilidad. Debemos, por tanto, introducir nuevos supuestos de orientación ecológica que nos permitan alcanzar más características de desarrollo sostenible (PNUD-IDAE, 2001: 2). Éstas pasarían por la instrumentación de políticas que promuevan la eficiencia energética y la mayor utilización de FER.

Las fuentes de energías renovables pueden contribuir de forma significativa al desarrollo sostenible, siempre y cuando confluyan una serie de factores como el apoyo institucional, el marco normativo, las políticas de apoyo, el desarrollo tecnológico, el comportamiento y participación de la población y de los propietarios de las tierras, etc. (PNUD-IDAE, 2001: 24; Binkley *et al.*, 2002). Concretamente, la biomasa²⁹ puede contribuir a las estrategias de «energía sostenible» y al desarrollo sostenible pues, de forma directa, podría mejorar el nivel de vida de la población rural,³⁰ incrementar la productividad, disminuir la pobreza y desigualdades regionales y fijar renta en zonas rurales (Kartha y Larson, 2000: 28, 29; Skog y Rosen, 1997: 66). A su vez, tal como se muestra en la figura 2.6., se producen interacciones con aspectos socio-económicos y medioambientales que permiten emplazar un escenario de desarrollo sostenible.³¹

²⁹ Según Carpintero (1999: 315), la biomasa es un «sustituto biológico de los combustibles fósiles».

³⁰ Se hace necesario revalorizar los territorios más débiles caracterizados, entre otros aspectos, por una baja densidad demográfica, un menor nivel de renta, mayores tasas de paro... en definitiva, una situación de tendencia divergente respecto a otras zonas de una misma región (CES-E, 2002: 20; IDAE, 2000: 62).

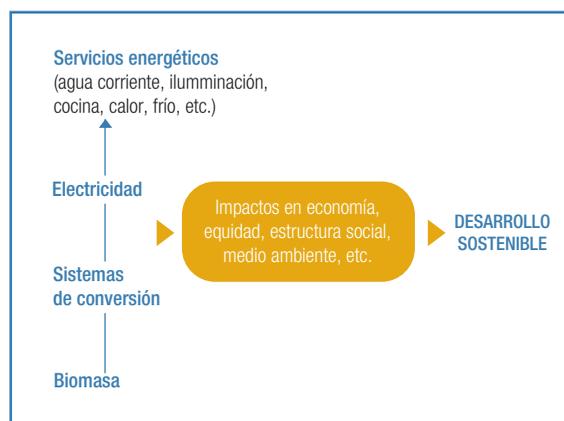
³¹ Los efectos ambientales provocados por el uso masivo de combustibles fósiles conforman un factor clave al hablar de desarrollo sostenible (Piñeiro y Romero, 2001: 6). La

El carácter endógeno de las FER es un factor clave en el desarrollo regional (IDAE-MINER, 1999: 18, 23; Kartha y Larson, 2000: 28, 29). La producción de electricidad utilizando biomasa es un reto inmediato para disminuir el grado de dependencia energética, luchar contra el alto índice de paro en España (Menéndez, 1997: 218, 219), contribuir a disminuir las disparidades interregionales, incrementar la productividad, mejorar la renta y nivel de vida de regiones menos favorecidas como las rurales y favorecer la cohesión social y económica (Angulo *et al.*, 2002: 260; Consejo de la Unión Europea, 2001: 34).

El fomento de las FER y, entre ellas la biomasa, favorece la creación de nuevas empresas,³² la creación de empleo, la formación de capital humano, la inversión y el comercio internacional. Además, puede ser un elemento clave en el desarrollo regional, mejorando el nivel de vida de las áreas más desfavorecidas como lo son las rurales.

Se pueden presentar diferentes indicadores que visualizan la degradación de las áreas rurales. Por ejemplo, para el caso de Galicia, la población ocupada ha disminuido en casi 5 puntos en el período de tiempo 1986-2001, estabilizándose en los últimos 5 años. Sin embargo, es el mundo rural el que ha experimentado un mayor cambio. El abandono poblacional en el medio rural³³ a lo largo

Gráfico 2.6.
Biomasa y desarrollo sostenible



Fuente: elaboración propia sobre Kartha y Larson (2000).

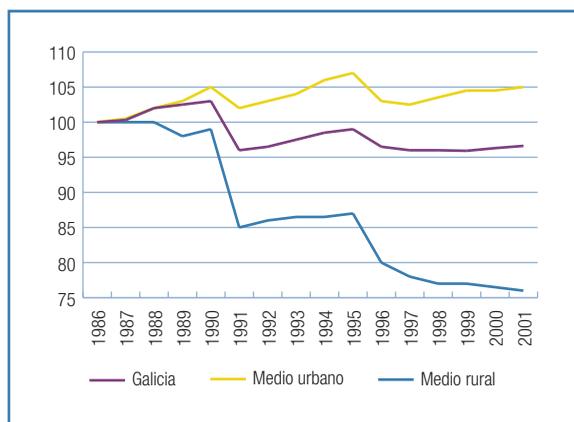
demanda de los ciudadanos por una mayor protección del medioambiente aumenta a medida que se logran mayores cotas de desarrollo y puede incidir para llegar a un sistema energético sostenible (PNUD-IDAE, 2001: 11).

³² Y proporciona nuevas oportunidades para el entramado empresarial existente, con una presencia mayoritaria de PYMES que tienen un alto potencial en cuanto a la creación de empleo (IDAE-MINER, 1999: 18; Angulo *et al.*, 2002: 260; Consejo de la Unión Europea, 2001: 34).

³³ Se clasifica como rural aquellos espacios en el que la población ocupada en el sector primario representa más del 15% de la población ocupada total.

de las últimas décadas, con un descenso de la población ocupada cifrado en más de 20 puntos (gráfico 2.4.), difiere notablemente tanto con el incremento de 5 puntos experimentado en el entorno urbano gallego en ese mismo período de tiempo, como con la ligera disminución comentada para el conjunto autonómico.

Gráfico 2.4.
Evolución de la población en Galicia (1986-2001)



Fuente: CES-G (2003).

Soliño (2003b), en cuanto a población total y para un caso particular de zonas rurales en Galicia, argumenta en la misma línea pues constata que se ha producido una disminución poblacional cercana al 30% en el período 1981-2000 (frente al escaso 3% observado para el conjunto autonómico). Unido a ello, Soliño (2003a) muestra que se ha producido un cambio relevante en la estructura de edad de la población en toda Galicia, acentuado en esas zonas rurales, donde se produce un crecimiento (superior al 75%) de la población mayor de 64 años. Asimismo, Soliño (2003b) proporciona otros indicadores como, por ejemplo, el nivel de renta de las familias y la densidad de población, que se muestran inferiores respecto a los agregados para Galicia.

En este panorama preocupante, el informe sobre el Libro Blanco del Comité de las Regiones señala que la utilización de FER, en igualdad de condiciones en cuanto a potencia instalada, genera cinco veces más puestos de trabajo que las energías tradicionales (IDAE-MINER, 1999: 20). El Libro Blanco estima que se pueden crear hasta 350.000 nuevos empleos (Comisión Europea, 1997: 13). El proyecto TERES II contempla la creación de 500.000 empleos en el 2010, tanto directos como indirectos. El proyecto ALTENER señala que en el 2020, suponiendo que el 8,2% de la energía de la UE proviniese de FER, se producirían 900.000 nuevos puestos de trabajo,³⁴ de los cuales 515.000

³⁴ Tanto en TERES II como en ALTENER se descuentan las posibles pérdidas producidas en otros sectores energéticos.

se derivarían de la producción de combustibles a partir de biomasa y 385.000 del resto de las FER (Camps y Marcos, 2001: 21).

Para el caso español, el proyecto ALTENER sitúa a la biomasa como la segunda tecnología renovable –después de los biocombustibles y por encima de la eólica– que mayor empleo puede generar en el futuro (IDAE-MINER, 1999: 22), con la creación neta en el período 1995-2020 de 11.536 nuevos empleos.³⁵ Nótese que las hipótesis del proyecto ALTENER implican no alcanzar el objetivo del 12% marcado en el Libro Blanco de la Energía. Si este objetivo se cumpliera, las cifras de empleo serían todavía mayores a las expuestas.

Camps y Marcos (2001: 21), utilizando datos del programa ALTENER, constatan que la biomasa es la FER que genera mayor ganancia en cuanto a empleo (1,7 empleos por GWh/año repartidos en 0,7 en la generación de energía y 1 en la obtención del combustible). La eólica y la minihidráulica generarían 0,3 puestos de trabajo por GWh/año y la fotovoltaica 1 empleo/GWh/año.

El cumplimiento de los objetivos de crecimiento de producción energética con biomasa, recogidos en el Plan de Fomento de Energías Renovables (IDAE-MINER, 1999), podría redundar en la creación de unos 150.000 puestos de trabajo (de un total de 200.000) en el período 1998-2010 (IDAE-MINER, 1999: 23), cifra muy superior a la recogida en ALTENER para el conjunto de todas las FER. Además, se reconoce que la biomasa presenta además nuevas oportunidades para la agricultura y la silvicultura, contribuyendo en gran medida al desarrollo de regiones rurales con un gran potencial endógeno del recurso.

Faaij *et al.* (1998) compara el empleo directo e indirecto creado en los ciclos de carbón y de biomasa en los Países Bajos. En términos agregados, muestra que el carbón generaría 0,19 empleos/GWh y la biomasa 0,54 empleos/GWh.³⁶ Ortiz y Míguez (1995: 137, 138) argumentan que,

³⁵ Para el total de las FER se generarían 84.397 nuevos empleos.

³⁶ Una planta de carbón de 600 MW y 3.600 GWh generaría 384 empleos directos frente a 79 en una planta de biomasa de 30 MW y 210 GWh (Rijk, 1994; Faaij *et al.*, 1995), lo que implica 0,38 empleos/GWh frente a 0,11 en el caso del carbón. En cuanto a los empleos indirectos, con una tasa de descuento del 3%, la biomasa generaría 34 (0,16 empleos/GWh) y el carbón 281 (0,08 empleos/GWh).

por cada empleo perdido en la agricultura a causa de las tierras de retirada, se podrían crear tres nuevos empleos en el sector de la biomasa. Por otro lado, estima que cada 500 toneladas de biomasa utilizada redundaría en la creación de un empleo directo.

Lechón (2002) estima los empleos directos en 40 por MW instalado y los indirectos en 20-45/MW, cifras que suponen multiplicar por 5-15 las correspondientes a combustibles fósiles. Además, este empleo tiene una característica adicional y es que se localiza sobre todo en el mundo rural. Por su parte, Carrasco (2002) constata que la biomasa produce una mayor generación de empleo en relación con otras energías (10 veces más que la energía nuclear y 4 que el petróleo) pues existen estimaciones de que, por cada MW instalado, se crean 5-10 empleos directos y 15-30 indirectos, situándonos en el límite superior cuando se tratan de residuos forestales. Además añade que, de éstos, el 80% se establecería en el mundo rural.

A pesar de las discrepancias en cuanto a la cuantificación del empleo que generaría la valorización energética de la biomasa, parece claro que sus posibilidades superan significativamente a sectores energéticos tradicionales basados en fuentes de energía fósiles. Además, existe consenso en el hecho de que los puestos de trabajo se generarían sobre todo en zonas rurales.

Siguiendo a Ortiz y Míguez (1995) y a Carrasco (2002), podemos hacer una estimación de los puestos de trabajo que se derivarían de la valorización energética de la biomasa en Galicia. Así, en el escenario Galicia 2010 (Rojo, 2000: 614), serían necesarias 5.000 toneladas de biomasa seca por MW y año (Vilas, 2002), con lo cual se crearían, anualmente, 1.000 empleos directos y el triple de indirectos. Ello supondría un total de 4.000 empleos anuales,³⁷ de los cuales 3.200 se generarían en zonas rurales. Dicho empleo rural supondría un ahorro, estimado como prestaciones de desempleo evitadas,³⁸ de 26,4 millones de euros anuales, y ello sin anotar los beneficios de cohesión social y territorial inducidos por estos nuevos ocupados.

³⁷ Si tomamos como referencia la estimación de Lechón (2002), se generarían 6.000 nuevos empleos. Por razones de cautela tomamos las aproximaciones realizada por Ortiz y Míguez (1995) y Carrasco (2002), que coinciden en 1.000 empleos directos.

³⁸ Para una prestación anual media de 8.263,6 euros/año (MTAS, 2004).

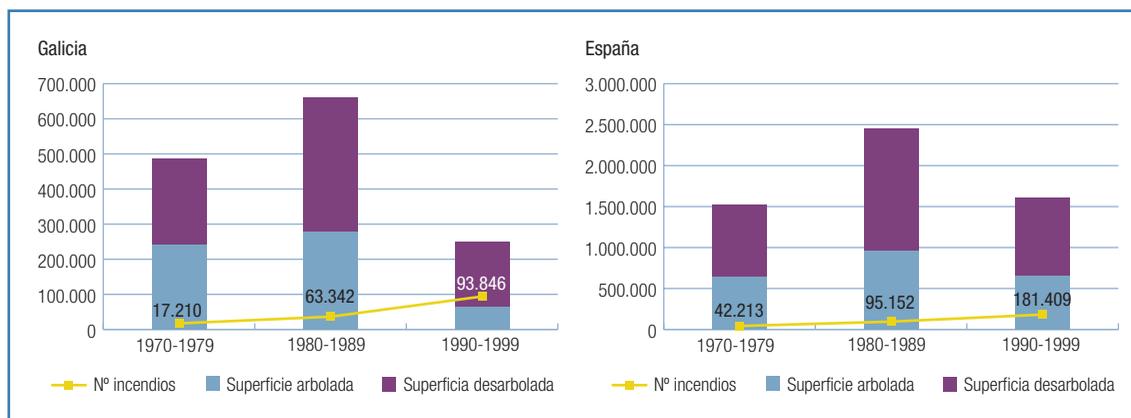
*Externalidades ambientales: reducción de daños
en incendios forestales*

La evolución de la superficie forestal incendiada en Galicia no puede ser entendida sin tener en cuenta el cambio en el uso de la tierra experimentado en las últimas décadas y la importancia del matorral en la estructura agrícola gallega (Bouhier, 1979). La biomasa forestal, especialmente el matorral y aquella derivada de la limpieza de los montes, tenía usos tradicionales como cama de ganado, fuente de estiércol, base del pastoreo y otras funciones que se han perdido con el paso del tiempo. Una vez desaparecidas las funciones tradicionales, debido principalmente al cansancio, desánimo, éxodo poblacional,... en definitiva del abandono del mundo rural o, dicho con otras palabras, de las tradiciones del campo gallego (Bouhier, 1979), su presencia descontrolada genera problemas ambientales entre los que destaca el aumento de riesgo de incendios (Prada, 1991; Xunta de Galicia, 2000: 50).

Sobre la evolución de los incendios forestales y de la superficie quemada en las últimas tres décadas, apreciamos en el gráfico 2.5 (tal como indicábamos ya en el cuadro 1.2.) como el número de incendios sigue una senda creciente a lo largo de los últimos 30 años, con un cambio de tendencia de la superficie incendiada que, a pesar de disminuir en términos absolutos, ha pasado de localizarse mayoritariamente en superficies arboladas a producirse en superficies desarboladas o matorral que, recordemos, han perdido sus usos tradicionales. Así, vemos como el porcentaje de superficie desarbolada quemada ha pasado de ser un 50% en el período 1970-1979 a un 75% en la última década. Haciendo hincapié sobre la magnitud de los incendios en Galicia, hemos constatado que el total de la superficie arrasada (1.398.933 hectáreas) en el período 1970-1999 supone el 69% de la superficie forestal gallega.

Debemos, por tanto, buscar alternativas para gestionar y aprovechar el matorral y los residuos de las cortas madereras, fuente de riqueza desaprovechada en tierras denominadas «incultas» (Bouhier, 1979) y abandonadas a la suerte del fuego. La retirada sostenible del matorral para fines energéticos se presenta como una alternativa altamente atractiva, no sólo por la vuelta a la gestión de la superficie desarbolada, sino también por los múltiples beneficios que puede conllevar para la sociedad, la economía y el medio ambiente (cuadro 2.8.).

Gráfico 2.5.
Superficie forestal quemada en Galicia y España (1970-1999) (en hectáreas)



Fuente: elaboración propia sobre MMA y ACIM (2001) y Xunta de Galicia (2001).

En esta línea, el artículo 31 de la Ley de Montes³⁹ plantea que los planes de ordenación incluyan como elementos las «industrias forestales, incluidas las dedicadas al aprovechamiento energético de la biomasa forestal». Asimismo, en el artículo 65, para «incentivar las externalidades positivas» se habla de «... la mitigación del cambio climático... así como de la valorización energética de los residuos forestales... (y) la conservación de los suelos», entendiendo que en este último punto se encuentra implícito el daño evitado al retirar la biomasa y reducir el riesgo de incendios. En los artículos 3 y 4, son principios reconocidos la creación de empleo y la lucha contra el cambio climático y, en la función social, se explicitan las externalidades.

Como vemos, la valorización energética de la biomasa constituye una medida de ahorro en los planes de incendios (CES-G, 2001a: 23) pues la limpieza de los montes, en especial del matorral o monte desarbolado, es un instrumento útil en la lucha y prevención de los mismos (IDAE, 2001b: 84). Esta «nueva» forma de utilización de la biomasa favorecería, como

³⁹ Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes. Boletín Oficial del Estado nº 280, 22/11/2003.

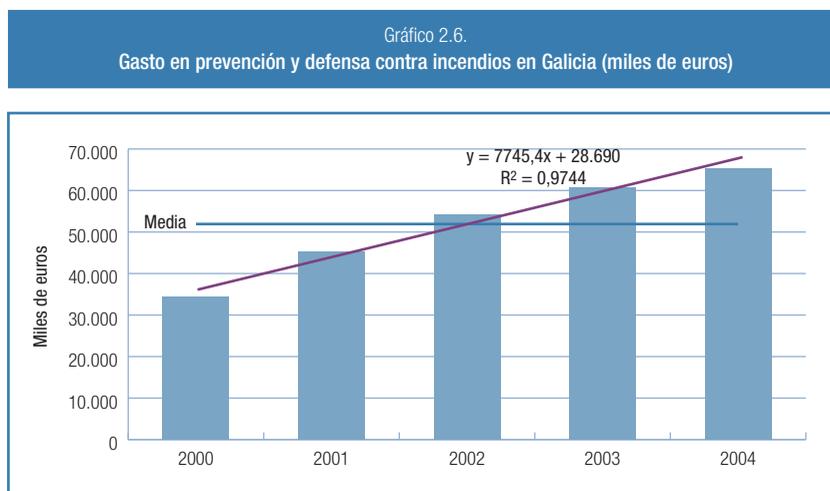
hemos visto en los epígrafes anteriores, la mitigación de numerosos problemas ambientales, forestales y energéticos (Xunta de Galicia, 2000: 50), además de otros socio-económicos. Al ser los costes de la obtención de los residuos forestales superiores al beneficio energético que se puede obtener en el mercado, se hace necesario internalizar las externalidades positivas generadas y los costes externos evitados, todo ello con el fin de justificar la necesaria intervención pública.

Son varios los estudios que realizan una valoración económica de la reducción del riesgo de incendios. Para bosques mediterráneos, en España destacamos dos recientes aplicaciones de valoración contingente. En el *Paraje del Desert de les Palmes*, situado en la Comunidad Valenciana, Bengoechea y Fuertes (2002) estiman que la disposición a pagar por reducir el riesgo de incendios a la mitad, es de 2,13 €. por individuo. Para una reducción del 25% y del 75% estiman 1,06 € y 4,26 € respectivamente. Para bosques de Cataluña, Riera y Mogás (2004) dan una estimación mayor, pues el 63% de la población estaría dispuesta a pagar 6 €/año por reducir un 50% el riesgo de incendios.

En EE. UU., aplicando también *valoración contingente*, Loomis *et al.* (1996) estiman una disposición al pago de 28\$/acre por reducir el riesgo de incendios a la mitad en bosques ancestrales (*old-growth forest*) de Oregón. Loomis y González-Cabán (1998) estiman que las familias estarían dispuestas a pagar 56\$ por reducir la quema de 2.570 acres de bosques ancestrales en California y Nueva Inglaterra. Winter y Fried (2001), para una reducción del riesgo de incendios del 50% en un pinar de Michigan, concluyen que el 75% de los entrevistados estaría dispuesto a pagar 57\$/acre.

Tomando como referencia los presupuestos generales de Galicia para el período 2000-2004, observamos que el gasto presupuestado en prevención y defensa contra incendios presenta una tendencia creciente en los últimos cinco años (gráfico 2.6.), con un valor medio que alcanza prácticamente 52 millones de euros anuales.

En el año 2010, la instalación de 100 MW de biomasa (Rojo, 2000: 614), requeriría un *input* anual y a largo plazo de un millón de toneladas húmedas de biomasa forestal para su valorización energética. Comparando este escenario con las potencialidades estimadas en el capítulo anterior, apreciamos que la instalación de 100 MW implicaría aprovechar



Fuente: elaboración propia sobre Presupuestos Generales de Galicia.

sosteniblemente los recursos de matorral *a priori* disponibles. Dada la importancia de la retirada ecológica del matorral en los planes de prevención y lucha contra incendios, no sería excesivo suponer que se podría reducir el riesgo de incendios a la mitad. Entonces, dada esta reducción en el riesgo, la partida de gasto en concepto de prevención y defensa contra incendios podría disminuir hasta los 28,7 millones de euros (gráfico 2.6.), suponiendo entonces un ahorro de más de 23 millones de euros anuales respecto a la media de gasto en los últimos 5 años.⁴⁰

4. Conclusiones

En este capítulo hemos comparado las externalidades negativas de las fuentes de energía convencionales con las FER, constatando que la mera internalización de costes externos negativos constituiría un ejercicio

⁴⁰ Podríamos tomar una referencia temporal más amplia. Entonces, el gasto mínimo en prevención y defensa contra incendios alcanzaría un valor más bajo y, por lo tanto, menos cauteloso a la hora de estimar los costes evitados. Si realizásemos una transferencia de resultados de la disposición al pago por una reducción del riesgo de incendios a la mitad en base a los análisis de Bengoechea y Fuertes (2002) y de Riera y Mogás (2004), la población gallega mayor de edad estaría dispuesta a pagar 5 y 14 millones de euros respectivamente.

incompleto, pues se obviarían otros componentes de los costes sociales totales, como los costes externos evitados y los beneficios externos derivados de la sustitución de combustibles fósiles por renovables en los procesos de generación de electricidad.

Tomando como referencia un escenario prospectivo de Galicia en el 2010, en el cual se dispusiese de 8 centrales de biomasa con una potencia instalada agregada de 100 MW, que generarían 1.019 millones kWh, realizamos una primera aproximación de los costes evitados al sustituir dos combustibles fósiles (carbón y petróleo) por biomasa forestal en la producción de electricidad.

Resumiendo las estimaciones realizadas sobre los efectos externos (sin mercado) tanto ambientales como económico-sociales para el escenario planteado (cuadro 2.9.), tendríamos un beneficio de entre 8,08 c€/kWh a 8,83 c€/kWh, siendo el valor superior el asociado a la sustitución de carbón por biomasa y el inferior a la sustitución de hidrocarburos. Dicho beneficio se derivaría del diferencial neto en daños ambientales (29 a 40 millones euros), los menores gastos en prevención y extinción de incendios (23 millones de euros), la reducción de riesgos asociados al suministro de hidrocarburos (3 millones) y el empleo rural inducido (26 millones de euros).

Cuadro 2.9. Diferencial neto de daños evitados por la sustitución parcial de combustibles fósiles por biomasa en Galicia

	Millones de euros/año	% Petróleo	% Carbón
Emisiones contaminantes	29,76 – 40,56	36,15%	45,07%
Incendios forestales	23,00	27,94%	25,56%
Costes sociales de importar hidrocarburos	3,13	3,80%	-
Prestaciones por desempleo	26,44	32,11%	29,38%
Total:			
Carbón	90,00	-	100%
Petróleo	82,33	100%	-

Fuente: elaboración propia.

Paralelamente, hemos analizado la situación de España y sus comunidades autónomas en cuanto al cumplimiento de los objetivos establecidos en el Protocolo de Kyoto, identificando una situación desfavorable en

general. Especialmente preocupante es el caso de Galicia, pues las emisiones de CO₂ se han incrementado un 29% desde el año 1990 y, además, se anotan índices muy negativos de las emisiones respecto a la población y a la riqueza que se genera en esta región.

Consecuentemente, hemos prestado especial atención al papel complementario que tienen las estrategias energéticas nacionales en un escenario de compromiso con el Protocolo de Kyoto. Hemos constatado como la sustitución de fuentes energéticas convencionales por biomasa forestal en los procesos de generación de electricidad constituye una medida de apoyo relevante, pues se produciría una disminución neta de los flujos de dióxido de carbono y otros gases contaminantes a la atmósfera, así como otros beneficios sociales, económicos y ambientales, que hemos identificado y comentado.

En próximos capítulos nos propondremos cuantificar cuál es la valoración social de la utilización energética de la biomasa forestal como alternativa a los combustibles fósiles: derivados del petróleo, carbón y gas natural. Para ello analizaremos en profundidad la disposición al pago tanto por las externalidades positivas ambientales (disminución de riesgo de incendios, cambio climático, etc.), las no ambientales (costes de la dependencia seguridad de suministros y precios— y costes/beneficios de la autonomía —empleo rural—), así como los costes evitados en la sustitución de combustibles fósiles por biomasa forestal. Disposición al pago que nos permitirá, entre otras cosas, contextualizar el beneficio aquí estimado en 8 c€/kWh y sus componentes o atributos (empleo, incendios, daños evitados al medioambiente, etc.). Beneficio o coste externo que al mismo tiempo no sería suficiente —como veremos en el siguiente capítulo— para poder remunerar el aprovisionamiento de las centrales de e-biomasa con base a la limpieza de nuestros montes y hacer viables nuestras potencialidades en este componente de las FER.

Costes (privados y sociales) de gestión y procesos industriales disponibles para la valorización eléctrica de la biomasa

1. Introducción: Contexto de los costes privados

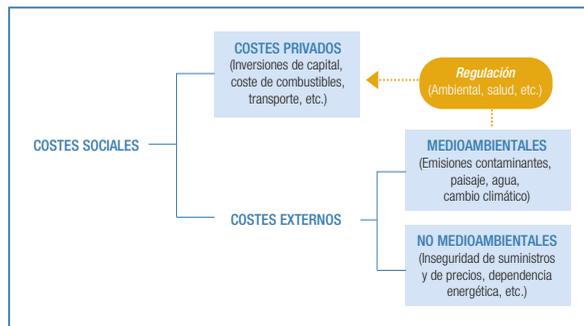
En el capítulo 2 hemos examinado uno de los componentes de los costes sociales de la generación de energía: los costes externos, tanto medioambientales como no medioambientales. En el presente capítulo analizaremos otro de los componentes de los costes sociales totales: los costes privados. Éstos, a diferencia de los externos, tienen asociado un precio de mercado.

Se trata de costes derivados del proceso de generación eléctrica: inversión inicial de capital, compra de combustible, transporte, etc.

En primer lugar, contextualizaremos los costes privados de los procesos de generación energética en diferentes países de la Unión Europea. A continuación analizaremos los costes privados de diferentes tecnologías, tanto renovables como no renovables, detallando sus componentes principales. Constat

ataremos las diferencias existentes entre los costes privados tanto de tecnologías renovables y no renovables en general, como entre las propias renovables en particular.

A continuación detallaremos los costes privados de la biomasa, destacando la importancia de la logística de suministro de combustible. Tomando como referencia la central Allarluz, la única existente en Galicia que valoriza residuos forestales para la generación y vertido de electri-



cidad en la red, estimaremos las ayudas al combustible necesarias para que una central de biomasa que utiliza como combustible principal el matorral pueda ser económicamente viable en Galicia.

Finalmente comentaremos el sistema de tarifa, primas e incentivos de la energía en régimen especial en España. Veremos como, dado que los costes privados de las tecnologías renovables son superiores al binomio formado por los ingresos derivados de la venta de electricidad más las primas a la producción, sería coherente con el planteamiento y objetivos de la Unión Europea sobre la energía internalizar los costes externos ya analizados en el capítulo 2, de forma que se incremente la penetración de la e-biomasa en el mercado eléctrico.

2. Valorización eléctrica de la biomasa en la Unión Europea

La combustión directa de biomasa para la producción de electricidad o calor no es un proceso novedoso en las industrias de transformación de madera en Galicia (Bermúdez y Piñeiro, 2000: 39) y menos aún en la Unión Europea. En líneas generales, en los países de la UE la aportación de la biomasa al consumo de FER está por encima del 50%. Finlandia es el país de la UE que más energía genera a partir de residuos forestales y líder internacional en términos relativos. Francia es el líder europeo en cuanto a consumo de biomasa. Suecia es el primero en cuanto a consumo de energía renovable y el segundo en cuanto a aportación de biomasa, por detrás de Francia. En Holanda más del 95% del consumo de FER se atribuye a biomasa y RSU (Camps y Marcos, 2001: 30-33).

A continuación sintetizamos información relevante para nuestros objetivos de algunas de las experiencias industriales desarrolladas en esos países europeos (*European Commission*, 2002a), tanto con el fin de autoabastecimiento, como de generación de electricidad para su vertido en la red.

En **Austria**, la planta de cogeneración de *Admont* usa como combustible serrín y residuos de madera para abastecer a la propia fábrica maderera y un monasterio benedictino. Con una producción eléctrica de 1.900 MWh y 4.750 horas en funcionamiento en el año 2001, obtuvo unos ingresos de 210.000 €. También en Austria, la planta de *Ried im Inkreis* utiliza 50.000-60.000 m³ anuales de biomasa, compuesta por astilla, cor-

teza y residuos de aserraderos, produciendo electricidad, calor y frío para su autoabastecimiento. El sector forestal se ve beneficiado con 370.000 € por la compra de sus residuos por este «nuevo» cliente.

En **Dinamarca**, la planta de *Assens* utiliza 45.000 toneladas de madera al año (astillas, serrín, residuos de industria maderera y pellets). En el período 1998-2002 ha producido más de 70.000 MWh, que han sido vertidos a la red eléctrica.

En Cuijk (**Holanda**), se sitúa una planta de 25 MW que produce 190.000 MWh de electricidad con residuos del monte, lo que supone evitar 108 kilotoneladas de CO₂ al año y que los propietarios forestales puedan financiar el mantenimiento de sus tierras con los ingresos que obtienen de la venta de biomasa. También en Holanda, la pequeña central de Schijndel (de algo más de 1 MW de capacidad eléctrica instalada) valoriza residuos de aserraderos y de la industria maderera (complementado en caso de insuficiencia con la compra de madera seca de gran contenido energético). Produce 7.700 MWh de electricidad al año, cuya venta proporciona unos ingresos de 550.000 €/año y 4.500 tep de emisiones de CO₂ evitadas anualmente.

En **Noruega** encontramos una central situada en el aeropuerto de Oslo (*Gardemoen*), que utiliza corteza y astillas de madera. Su principal función es la calefacción del aeropuerto pero, además, tiene una potencia eléctrica instalada de 3,6 MW.

En **Portugal**, la central termoeléctrica de Mortágua, con 9 MW de potencia instalada, se ha abastecido de 168.000 toneladas húmedas de residuos forestales del monte (recogidas en un radio de 15 km alrededor de la central) y de industrias madereras (situadas a distancias superiores), produciendo 63 GWh en el año 2000 que han sido vendidos en el mercado eléctrico (*European Commission*, 2002a; Cunha, 2002).

En España, la central de cogeneración de Helechosa de Montes (provincia de Badajoz) usa más de 22.000 toneladas secas de biomasa forestal procedente de residuos de bosques y matorral, de actividades silvícolas y de la industria (serrín y corteza). Su producción es destinada a la producción de calor (5.395 tep) y venta de electricidad (10.400 MWh) (*European Commission*, 2002a). Otra experiencia en España es una central en Cór-

doxa (IDAE, 2001b: 86), que aprovecha residuos forestales (jara, pino, eucalipto, etc.) y de industrias madereras (serrín, corteza de pino, etc.) no sólo con fines energéticos sino también comerciales (resina).

Ejemplos de centrales de biomasa en Galicia son INTASA (A Coruña), que es una central de 5 MW que tiene una capacidad de consumo de 10 tn/h y produce electricidad y calor para cubrir las necesidades de los procesos de fabricación (transformados de la madera). Otra central (ENCE), ubicada en Pontevedra, dispone de 30 MW de potencia y produce electricidad para sus procesos de producción (pasta de papel) y para vertido en red eléctrica (IDAE, 2001c). Estas dos centrales destinan la energía producida mayoritariamente a los procesos de producción de las propias empresas. En la línea que a nosotros nos interesa, es decir, producción a partir de biomasa forestal para su vertido en la red, tenemos en Galicia una sola central: Allarluz.

Allarluz es la primera (desde el año 1994) central de biomasa en funcionamiento en Galicia (Allariz, provincia de Ourense) cuya producción es destinada íntegramente al mercado eléctrico. Tiene una potencia instalada de 2,35 MW y utiliza como combustible residuos forestales del

Cuadro 3.1. Ejemplos de centrales de biomasa en Europa

País	Central	Producción eléctrica anual (MWh)	Ingresos por venta de electricidad (c€/kWh)	Electricidad	Calor	Autoabastecimiento	Venta
Austria	Admont	1.900	11,05	X	-	X	X
	Ried im inkreis	2.000	8,50	X	X	X	-
Dinamarca	Assens	25.018	-	X	-	-	X
Holanda	Cuijk	190.000	-	X	-	-	X
	Schijndel	7.700	7,14	X	-	-	X
Noruega	Gardemoen	-	-	X	X	X	-
Portugal	Mortágua	63.000	-	X	-	-	X
España	Helechosa de Montes	10.400	-	X	X	-	X
	Córdoba	-	-	X	-	-	X
Galicia	INTASA (A Coruña)	-	-	X	X	X	-
	ENCE (Pontevedra)	-	-	X	-	X	X
	Allarluz (Ourense)	11.767	7,30	X	-	-	X

Fuente: elaboración propia.

monte y de la industria maderera. En el momento presente, su situación es insostenible pues los ingresos no cubren los costes (fijos y variables). Avanzado el capítulo (epígrafe 3.5.) comentaremos en profundidad la diversos aspectos sobre el funcionamiento y la situación económica de esta central.

3. Análisis de costes privados de la generación eléctrica en España

Existen diferentes estimaciones sobre los costes privados que soportan centrales de generación eléctrica en función del tipo de tecnología utilizada. En general, la base de datos SAFIRE contiene precios y costes para FER a nivel europeo (Comisión Europea, 2000c: 17). En España y, en base a los datos obtenidos de varios estudios (Comisión Europea, 2000b; Menéndez, 1997; Linares, 1997, Ministerio de Economía, 2003c), hemos calculado los costes privados de 8 tecnologías de producción eléctrica, siendo 3 de ellas renovables (gráfico 3.1.).

En líneas generales, apreciamos que los costes privados medios de las FER son superiores a los de las FEC. El Ministerio de Economía proporciona información sobre los costes privados atendiendo al régimen eléctrico al que están adscritas las diferentes tecnologías (Ministerio de Economía, 2003c). Los costes de producción de las tecnologías en régimen ordinario, es decir generadores tradicionales y nuevos ciclos combinados, asciende a 3,13 c€/kWh. Los costes de producción de las tecnologías del régimen especial (renovables y cogeneración) son de 6,22 c€/kWh, es decir, prácticamente el doble que los costes de producción de las tecnologías tradicionales. El coste de producción medio del servicio eléctrico para el año 2004 sería así de 4,29 c€/kWh.

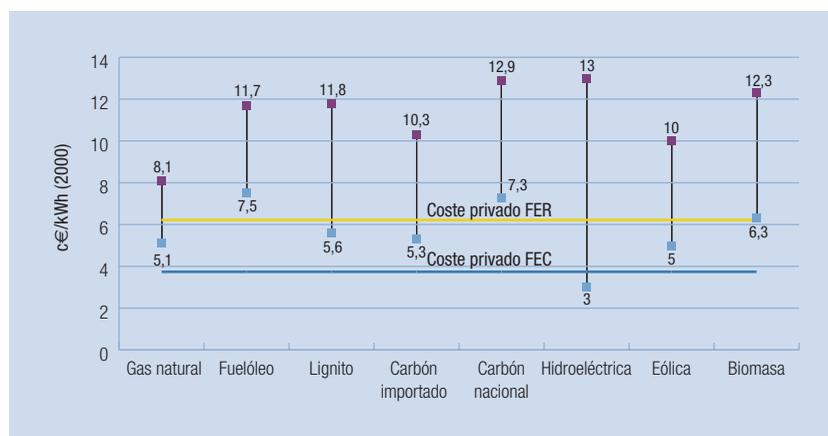
A los costes de producción en régimen ordinario habría que añadir 0,48 c€/kWh en concepto de pagos por capacidad y 0,12 c€/kWh de pagos por servicios complementarios, lo que implica un coste privado total de 3,74 c€/kWh.¹ Entonces, si tomamos como referencia los costes totales

¹ Las tecnologías en régimen especial no se ven afectadas por estos dos tipos de pagos adicionales.

privados, los productores del régimen especial tendrían unos costes un 66,57% superiores que los productores en régimen ordinario.

Centrándonos en las FER, vemos que los costes privados de la biomasa son superiores a otras tecnologías renovables como la eólica que, como hemos visto en el capítulo 1, ha experimentado un gran crecimiento en los últimos años. Así, el coste privado máximo del kWh producido con biomasa es 2,3 c€ más caro que aquel producido con la fuerza del viento. Esta diferencia de costes pudiera ser una de las explicaciones de la dispar implantación de las dos tecnologías llamadas a tener mayor peso en nuestro sistema energético.

Gráfico 3.1.
Costes privados de la generación de electricidad en España



Fuente: elaboración propia sobre Comisión Europea (2000b), Menéndez (1997), Linares (1997) y Ministerio de Economía (2003c).

En el caso de la biomasa, es especialmente relevante comentar la amplitud de la horquilla de costes privados, que oscila entre 6,3 c€/kWh y 12,3 c€/kWh. Puesto que nos centramos en biomasa forestal y en su valorización eléctrica, debemos discernir cuáles son los costes privados para este tipo de combustible. Así, los costes mínimos corresponderían a la biomasa primaria o cultivos energéticos, aumentando éstos a medida que se recurre a biomasa forestal procedente del monte, combustible cuyo coste se situaría en el límite superior.

Tomando como referencia los valores de intervalos superiores estimados por Vilas (2002)² y un ratio de producción de 2.050 kWh por cada 4 tn/ha, el coste por kWh de la biomasa arbustiva ascendería a 11,12 c€/kWh. Otros estudios estiman costes inferiores a los de Vilas (2002). Así, Linares (1997) estima 7 c€/kWh, por lo que el coste sería bastante inferior al de Allarluz. 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: 37) recoge un precio-coste para la biomasa de 5,9 c€/kWh. Por su parte, Diakoulaki *et al.* (2000) estiman un coste privado total de 8,05 c€/kWh (cuadro 3.2.).

Dada la variabilidad existente en las estimaciones sobre los costes privados y la poca desagregación para el caso de la biomasa, hemos buscado otras fuentes de datos que nos permitan desagregar el coste privado en diversos componentes. La central de Allarluz nos ha facilitado³ informa-

Cuadro 3.2. Componentes principales del coste privado de la producción eléctrica

	Coste de inversión (€/kW)	Coste de operación y mantenimiento		Coste del combustible (c€/kWh)	Coste privado total (c€/kWh)
		Coste fijo (€/kW/año)	Coste variable (c€/kWh)		
Lignito	1.700	29,8	0,08	0,9	3,07
Fuelóleo	1.478	18,1	0,12	3,0	5,52
Gas natural	600	17,9	0,15	1,9	3,26
Eólica	1.000	5,9	0	0	3,58
Biomasa	2.000	20,0	0,12	4,4	8,05

Fuente: elaboración propia sobre Diakoulaki *et al.* (2000).

² Vilas (2002) analiza los costes a los que se ve sometida Allarluz en el proceso de extracción y transporte a planta de la biomasa. Para restos de cortas finales y, dependiendo de la pendiente, estima entre 32-43 €/tn. Para biomasa arbustiva, entre 34-39 €/tn. En cuanto a los costes de transporte, estima entre 6-18 €/tn. Sin embargo, con el marco retributivo actual, la central sólo podría afrontar entre 12-18 €/tn, es decir, aproximadamente los costes de transporte. Además, se pueden producir más costes complementarios, como los de secado y almacenaje previo, que no se tienen en cuenta en la estimación por su participación residual en los costes privados totales.

³ Agradece el autor a D. José Ramón Figueiredo, gerente de Allarluz, su desinteresada colaboración. Véase el epígrafe 3.5 para más información.

ción 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, hemos dispuesto de 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 matorral o residuos extraídos directamente del monte.⁴

Tal y como representamos en el gráfico 3.2, si el aprovisionamiento se realiza en base a residuos extraídos directamente del monte (matorral y residuos de cortas), el coste privado total asciende a 12,54 c€/kWh (escenario monte). El 68% de los costes correspondería al coste de combustible, mientras que el 32% restante se dividiría equitativamente entre costes de personal y costes de operación y mantenimiento.⁵ 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.

Para el coste de combustible (componente principal del coste privado), en el caso de abastecimiento con residuos de la industria maderera hemos considerado el coste actual de Allarluz; mientras que para el abastecimiento con biomasa extraída directamente del monte (escenario monte), tras comprobar que el rendimiento de Allarluz es muy inferior al rendimiento eficiente⁶ (2,34 kg/kWh vs. 0,49 kg/kWh), hemos estimado el coste de combustible medio en tal escenario, que ciframos en 8,52 c€/kWh. Notemos que en una situación de eficiencia tecnológica⁷ (esce-

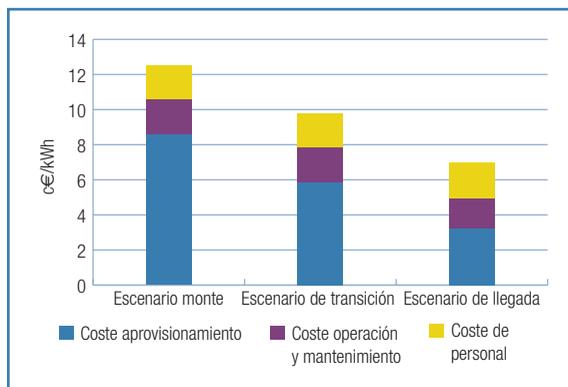
⁴ Suponemos que el coste privado se puede extrapolar a cualquier central ubicada en Galicia que utilice como combustible residuos del monte (matorral) o residuos de industrias forestales.

⁵ Los costes de personal y de operación y mantenimiento conforman el coste de generación (4,02 c€/kWh), en el cual se incluiría la amortización de la inversión inicial (Ministerio de Industria-IDAE, 2005: 209). Diakoulaki *et al.* (2000) estiman un coste de generación similar (3,65 c€/kWh).

⁶ Cálculos en base a Núñez-Regueira *et al.* (2004).

⁷ Carrasco (2002) señala que una de las barreras de entrada más relevantes para la penetración de la biomasa en el mercado de electricidad es precisamente la *falta de tecnología de producción y recolección probada, así como necesidad de mejorar la tecnología de las calderas de combustión* (véase cuadro 3.3.).

Gráfico 3.2.
Costes privados de la e-biomasa forestal



Fuente: elaboración propia.

nario de llegada), el coste de combustible descendería hasta el 42% (2,96 c€/kWh) del coste privado total, que sería de 6,98 c€/kWh.

Recordemos que en nuestra primera aproximación (gráfico 3.1.), el coste privado de la producción con biomasa oscilaba entre 6,3 y 12,3 c€/kWh. Por lo tanto, el coste privado utilizando residuos forestales de la industria se encuentra en esa horquilla, mientras que la utilización exclusiva de matorral (escenario monte) se situaría ligeramente por encima de la misma (12,54 c€/kWh).⁸ 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 varían considerablemente de-

pendiendo 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).

Los principales costes privados de la producción eléctrica en general son los de inversión, operación y mantenimiento (fijos y variables) y el del combustible (Mirasgedis *et al.*, 2000; Diakoulaki *et al.*, 2000). En líneas generales, la explicación del mayor coste de tecnologías renovables se explica por la inversión y no por el precio del combustible⁹ (Mirasgedis *et al.*, 2000), que suele ser el factor más relevante en el coste privado de las tecnologías convencionales.¹⁰

⁸ En el escenario de llegada (considerando que se produce eficiencia tecnológica), el coste privado estaría comprendido entre la horquilla de costes presentada en el gráfico 3.1.

⁹ Las energías renovables como la eólica, solar o hidráulica tienen un coste directo de combustible nulo.

¹⁰ 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, fuelóleo y carbón.

La biomasa es un caso excepcional dentro de las FER pues, como podemos apreciar en el cuadro 3.2, 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 para que el resultado final resulte en que los costes privados de la biomasa sean, en términos medios, dos veces mayores que el resto de tecnologías, tanto convencionales como renovables. Por ello dedicaremos el siguiente epígrafe a analizar dicho componente de los costes privados.

4. Aprovisionamiento y costes del combustible

Como ya hemos argumentado en el capítulo anterior, el abandono de la superficie agraria y forestal experimentado en Galicia en las últimas décadas (Bouhier, 1979; Prada, 1991; Castro, 1999), ha favorecido la expansión descontrolada del matorral, factor clave en el incremento del número de incendios forestales producido en los últimos años. En este contexto, la lucha contra los incendios debería basarse más en la prevención que en la extinción. Así, la limpieza de los montes constituye un factor de primer orden para disminuir el riesgo de incendio en los mismos, tal y como ya razonamos en el capítulo 2 de este informe.

Complementariamente a la limpieza en sí misma, el aprovechamiento energético de los residuos generados en estas actividades deberían, ya que es técnicamente viable, utilizarse de tal forma que hubiese una fuente de empleo y riqueza para el mundo rural, que es el único agente capaz de sustentar y gestionar nuestros campos y montes. Para ello es imprescindible la cooperación de los propietarios, pues los residuos de sus tierras constituyen el input principal del aprovechamiento energético.

La ley del suelo de Galicia¹¹ establece medidas de conservación y protección del suelo rústico y de aquellos otros que presenten relevantes valores naturales, ambientales, paisajísticos, etc., por lo que los propietarios han de mantener limpias sus tierras, minorando así los efectos de even-

¹¹ Ley 9/2002, del 30 de diciembre, de ordenación urbanística y protección del medio rural en Galicia (DOG n° 252, 31 de diciembre de 2002).

tales agresiones como las producidas por los incendios. Dado el abandono experimentado, tal limpieza no se realiza y he aquí un mecanismo ideal para que los inputs sean extraídos a un precio de compra nulo, pues a todo aquel que no limpia y que puede verse afectado por sanciones, la limpieza gratuita de sus tierras le será a priori favorable, tratándose así la biomasa secundaria como un residuo peligroso a semejanza con los urbanos. La limpieza permitirá a los propietarios utilizar esas tierras para la introducción de ganado, repoblaciones, etc. Y, de no realizar ninguna actividad en sus terrenos, cumplirán con la normativa vigente y los mantendrán libres de malezas.

Pero aún en esta situación en la cual el precio del combustible fuese nulo, existen otros costes que hacen del aprovisionamiento de combustible una de las mayores barreras de entrada de la biomasa en el mercado eléctrico (costes de recogida, tratamiento y transporte, regularidad, etc.). A continuación haremos un análisis de tales barreras de entrada.

Para la elaboración de nuevos proyectos de centrales eléctricas de biomasa es esencial asegurar el aprovisionamiento de la misma (*Comisión Europea*, 2002a), es decir, garantizar el suministro de combustible a la planta a un precio competitivo (Skog y Rosen, 1997). Para ello se deben minimizar los gastos de transporte, pues son una parte importante de los costes totales privados (Bermúdez y Piñeiro, 2000: 33). Hay que tener en cuenta la distancia de la planta para aprovisionamientos, considerándose 30 km como el radio máximo de abastecimiento (Menéndez, 1997: 134). Además, en un sistema de distribución eléctrico competitivo que tuviera en cuenta las pérdidas, costes e impactos ambientales en el proceso de transporte (Xunta de Galicia, 2000: 114, 115), se debería validar un sistema de generación más descentralizado y más cercano a los consumidores potenciales como el de la biomasa.

Asimismo, se debe analizar la localización óptima de las plantas de astillado, que tienen una doble función (Camps y Marcos, 2001: 128). Por un lado, producir astillas de calidad (humedad, tamaño, etc.) y, por otro, garantizar el suministro de la central, sirviendo de almacén de combustible. Para elegir la localización óptima de la planta, Camps y Marcos (2001: 131) proponen la utilización de sistemas de información geográfica (SIG) para recoger los datos que permitirán, aplicando diferentes métodos, optimizar la situación de las mismas.

Las variables fisiográficas (clima, pendiente, resistencia y rugosidad del terreno), las biológicas (sobre todo en lo referente a densidad de masa) y las estructurales sociales (densidad de vías de saca y grado de mecanización¹² disponible) determinarán el coste de astillado en el monte (Camps y Marcos, 2001: 128).

Como ya hemos apuntado, una importante barrera de entrada para la puesta en marcha de centrales de biomasa es la garantía en el abastecimiento (Menéndez, 1997: 125), tanto en precios como en cantidades. La obtención de residuos forestales supone una serie de costes (actividades silvícolas, transporte, triturado, secado, densificación, almacenamiento, etc.) que superan los precios del mercado energético (Menéndez, 1997: 126). En general, Carrasco (2002b) habla de barreras técnicas para biomasa y residuos forestales y concluye que los costes de la materia prima constituyen una barrera notable (cuadro 3.3.).

Cuadro 3.3. Barreras de entrada a la biomasa*

BARRERAS TÉCNICAS	BARRERAS NO TÉCNICAS
<i>Logística de suministro: costes de recolección y manejo, transporte y almacenaje.</i>	<i>Económicas: altos costes de capital y financieros, intereses, riesgo financiero y costes de abastecimiento.</i>
Limpieza y mantenimiento de los centros productores.	Legislativos: incertidumbre de la PAC. En el caso de los residuos forestales es despreciable.
Estándares de calidad: escasa existencia de métodos analíticos para hacer más factible establecer precios acordes a la calidad.	Mercados alternativos: incertidumbre por variaciones de los precios de la biomasa. Por ejemplo, por la competencia de la industria de pasta de papel.
<i>Avance tecnológico: falta de tecnología de producción y recolección probada, así como necesidad de mejorar la tecnología de las calderas de combustión.</i>	Aceptación pública: derivada de razones medioambientales: repercusiones en la calidad del suelo, emisión de gases y partículas en la combustión, etc.
Deficiente desarrollo comercial de las tecnologías de gasificación: en un futuro, aplicadas a sistemas más eficientes de generación eléctrica con biomasa, pueden contribuir a aumentar la competitividad de los biocombustibles sólidos.	Creación de mercado: medidas políticas, organización y gestión.

* En cursiva, aquellas barreras más relevantes.
Fuente: elaboración propia sobre Carrasco (2002b).

¹² En cuanto al grado de mecanización, existen varios y altamente probados tipos de maquinaria para la recogida y tratamiento de la biomasa (cosechadora, astilladora, empaquetadora,...), con diferentes rendimientos en cuanto a hectáreas por hora (Almagro *et al.*, 2001: 923 y ss.; Camps y Marcos, 2001: 119-127).

Por orden de relevancia, las barreras de entrada de los residuos forestales serían los costes de materia prima y de inversión, el riesgo de la operación, cuestiones técnicas y aspectos medioambientales (Carrasco, 2002b). Notemos que si se computaran los daños evitados y los beneficios asociados (capítulo 2), las barreras medioambientales dejarían de serlo.

En cuanto al coste del combustible, un caso de especial relevancia para nosotros es el de la central de residuos sólidos urbanos SOGAMA, situada en la provincia de A Coruña, pues en este caso el combustible no representa un coste sino que constituye un ingreso. Así, la central ingresa 44 € por cada tonelada de residuos recogida, que serán posteriormente utilizadas para la producción de electricidad y su vertido en la red. SOGAMA se ve doblemente beneficiada, pues además de recibir la prima al kWh derivada del régimen especial aplicado a tecnologías renovables, se financia con los ingresos de la recogida de residuos.

Ambos procesos (biomasa y RSU) tienen una característica común y es que utilizan residuos para la producción de electricidad. La principal diferencia radica en el tipo de combustible utilizado. Mientras que en un caso se valorizan RSU, en el otro se aprovechan residuos forestales. Sin embargo y, una vez realizada la revisión de externalidades para la biomasa (capítulo 2), no parece fácil justificar que el combustible suponga para unos un coste y para otros una fuente de ingresos.

5. Ingresos y costes en la central de Allarluz

La disponibilidad de biomasa en los montes próximos de Allarluz, estimada en 18 tn/ha, es más que suficiente para el abastecimiento de la central (Castro, 1999), pero se hace necesario que la provisión sea más rápida, permanente y barata. Por cada MW instalado harían falta 5.000 toneladas secas de biomasa para poder mantener una actividad constante (Vilas, 2002). Debido a las condiciones climáticas de Galicia, la biomasa recién recogida es demasiado húmeda durante buena parte del año (incluso puede llegar a superar el 70% del peso dependiendo de la especie con la que se trabaje) y esto repercute en el transporte y en los costes en los que se incurren (Vilas, 2002). Por ello es necesario en numerosas ocasiones someter el combustible a un proceso de secado natural de aproximadamente una duración de un mes.

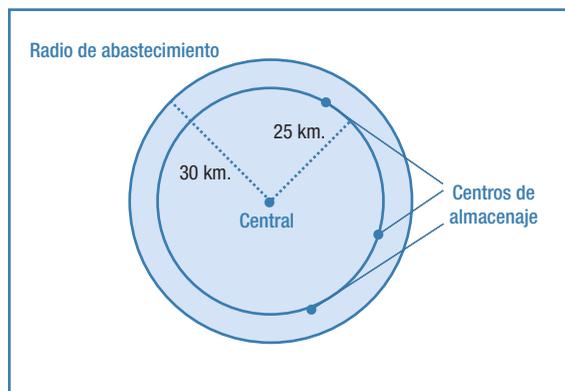
Para ello sería necesario disponer de centros de almacenaje ubicados en un radio de 25-30 km a la planta (pues mayor distancia es inviable), alcanzando asimismo una mayor distancia teniendo en cuenta los 5-8 km de radio de territorio a los centros de almacenaje (figura 3.1.). Otro punto de interés es que esos centros se encuentren bien comunicados, pudiendo de esta forma transportar el material en vehículos de mayor tamaño y en menor tiempo (como hemos dicho, a partir del primer mes el secado natural permite, además, que el aprovechamiento energético del peso transportado sea superior).

En la actualidad, la central es abastecida por 35 aserraderos, una empresas de tableros y por los residuos generados en la limpieza de los montes en un radio de 30 km alrededor de la planta, actividad que genera 18 empleos (Castro, 1999). La producción de energía genera una serie de residuos como vapor de agua, CO₂ y ceniza. Sin embargo, la contaminación es reducida pues el vapor circula en el proceso de generación, las emisiones netas frente a la opción fósil son nulas y las cenizas se utilizan como fertilizantes de las tierras rozadas (capítulo 2). Las actividades de mantenimiento en la central generan 7 nuevos empleos (Castro, 1999).

En el año 1998 utilizaron 40.000 m³ de biomasa, obteniendo una producción superior a los 5 GWh y unos ingresos que superaron 400.000 €. En el 2002, tras un régimen de producción de 24 horas al día (8.000 h/a), una cantidad de biomasa de aproximadamente 90.000 m³ y una producción de cerca de 12 GWh, se obtienen unos ingresos de más de 850.000 €.

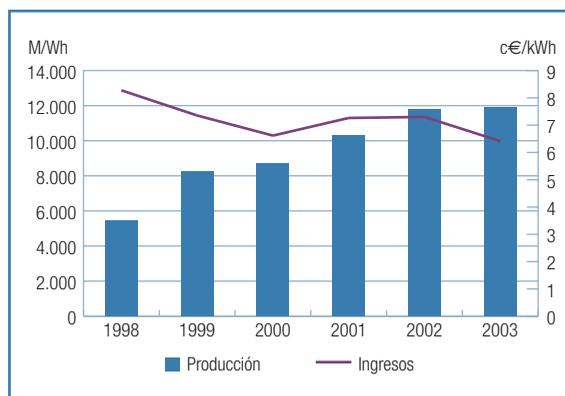
En el año 2003, los problemas de la central se agudizan al disminuir tanto los precios

Figura 3.1.
Radio de abastecimiento de una central de biomasa



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 3.3.
Producción e ingresos de Allarluz



Fuente: elaboración propia sobre CNE (2004a).

de venta en el *pool* de energía como la prima a la biomasa forestal secundaria (baja de 2,58 a 2,51 c€/kWh). Así, pese que producción del año 2003 es ligeramente superior a la del 2002 y, por tanto, se produce un gasto mayor en combustible (no se produce cambio tecnológico), los ingresos del año 2003 son menores a los del 2002.

La central de biomasa forestal Allarluz utiliza como combustible principal los residuos de la industria forestal (aserraderos), suponiendo un 90% del total. El 10% restante procede de restos de actividades silvícolas que realiza el ayuntamiento. Con esta estructura, el coste de compra de residuos a la industria es de 1,43 c€/kg o, trasladado a términos energéticos, 3,35 c€/kWh.

En el momento presente (escenario «actual»), el coste de la biomasa representa el 45,45% (3,35 c€/kWh) del coste total de producir un kWh (7,37 c€/kWh), siendo el resto de componentes los costes de operación y mantenimiento (27,27%) y los costes de personal (27,27%).¹³ Con esta estructura de costes, la central se encuentra en una situación insostenible al ser el precio del combustible (1,43 c€/kg) superior al coste máximo que la central podría asumir para garantizar su viabilidad económica (1,20 c€/kg).

En el cuadro 3.4 podemos apreciar como, efectivamente, el período 2001-2003 está caracterizado por pérdidas continuadas. En estos años la central no ha recibido subvenciones para la compra de combustible, por lo que los ingresos se limitan a los ingresos derivados de la venta de elec-

Cuadro 3.4. Situación financiera de Allarluz 2001-2003 (€)			
	2001	2002	2003
Coste combustible	344.362,25	394.200,87	398.610,47
<i>Toneladas</i>	<i>24.081,28</i>	<i>27.566,49</i>	<i>27.874,86</i>
Costes totales	757.596,94	867.241,90	876.943,03
Ingresos	746.539,54	859.053,26	763.199,15
<i>Producción (kWh)</i>	<i>10.279.470</i>	<i>11.767.190</i>	<i>11.898.820</i>
Pérdidas	-11.057,40	-8.188,64	-113.743,88

Fuente: elaboración propia.

¹³ Consideramos que los diferentes componentes de los costes totales tienen una relación lineal y positiva con la producción de la central.

tricidad, que no son suficientes para cubrir los costes, sobre todo debido al alto porcentaje que representa el coste de combustible sobre los costes totales.¹⁴

En la situación en la que la central pagase el máximo que puede asumir (escenario «umbral»), el coste del combustible representaría el 41,15% (2,81 c€/kWh) del total (6,83 c€/kWh), repartiéndose el resto equitativamente entre los otros dos componentes ya mencionados (cuadro 3.5.). La central demanda (escenario «viabilidad») que el coste del combustible pase a ser el 25% del coste total actual, lo que significaría 1,84 c€/kWh. Esto nos llevaría a un coste de producción total de 5,86 c€/kWh y a la rentabilidad económica de la central siempre y cuando se mantuviesen las primas energéticas al kWh producido.

Por otro lado, en un escenario en el que se valorizasen residuos de cortas y matorral (escenario «monte»), estimamos que el coste de puesta en planta de residuos procedentes del monte es de 6,01 c€/kg,¹⁵ con lo que el coste de combustible ascendería a 8,52 c€/kWh (cuadro 3.5.). Entonces, si todo el combustible de la central procediese del monte, el coste de producir un kWh sería de 12,54 c€, representando el coste de combustible el 68% del coste total.

Cuadro 3.5. Coste total de producción de e-biomasa

	Escenario actual		Escenario monte				Escenario umbral			Escenario viabilidad		
	c€/kWh	%	c€/Kg	c€/kWh	%	c€/Kg	c€/kWh	%	c€/Kg	c€/kWh	%	c€/Kg
C _C	3,35	45,45	1,43	8,52	67,94	6,01	2,81	41,15	1,20	1,84	31,43	0,79
C _{OM}	2,01	27,27	-	2,01	16,03	-	2,01	29,42	-	2,01	34,29	-
C _P	2,01	27,27	-	2,01	16,03	-	2,01	29,42	-	2,01	34,29	-
C _T	7,37	100,00	-	12,54	100,00	-	6,83	100,00	-	5,86	100,00	-

C_C: coste de combustible; C_{OM}: coste de operación y mantenimiento; C_P: coste de personal; C_T: coste total de producción.
Fuente: elaboración propia.

¹⁴ Allarluz utiliza una cantidad de combustible que debería traducirse en la generación de más de 55 millones de kWh. Sin embargo, la venta de electricidad es de 10 millones de kWh. Este hecho se puede traducir como un indicador del atraso tecnológico que experimenta la central.

¹⁵ Cifra similar a la dada por Menéndez (1997: 139), quien estima un coste de recogida de biomasa entre 4 y 6 c€/kg (cifras actualizadas a enero de 2004).

Cuadro 3.6. Situación financiera de Allarluz (escenarios 2001-2003)					
Año	€	Actual	Monte	Umbral	Viabilidad
2001	Coste combustible	344.362,25	875.777,54	288.975,31	189.399,23
	Costes totales	757.596,94	1.289.045,54	702.210,00	602.633,93
	Ingresos	746.539,54	746.539,54	746.539,54	746.539,54
	Beneficios	-11.057,40	-542.506,00	44.329,54	143.905,61
2002	Coste combustible	394.200,87	1.002.526,47	330.797,93	216.810,48
	Costes totales	867.241,90	1.475.605,63	803.838,97	689.851,51
	Ingresos	859.053,26	859.053,26	859.053,26	859.053,26
	Beneficios	-8.188,64	-616.552,37	55.214,29	169.201,75
2003	Coste combustible	398.610,47	1.013.740,91	334.498,30	219.235,76
	Costes totales	876.943,03	1.492.112,03	812.830,86	697.568,32
	Ingresos	763.199,15	763.199,15	763.199,15	763.199,15
	Beneficios	-113.743,88	-728.912,88	-49.631,71	65.630,83

Fuente: elaboración propia.

En el cuadro 3.6 presentamos una simulación de la situación financiera de Allarluz en cada uno de los 4 escenarios propuestos. Podemos observar que en el escenario «monte» la central habría sufrido pérdidas de algo más de medio millón de euros al año, cifra que explica por qué la central no recurre a la limpieza del monte como medio de suministro. El escenario umbral presentaría beneficios (en términos medios), pues las pérdidas del año 2003 se compensan con los beneficios de los años anteriores. El escenario de viabilidad es el único de los analizados en el que se producen beneficios en los 3 años.

En nuestro caso tiene especial interés plantearnos la utilización de residuos forestales procedentes de la limpieza del matorral y de las cortas madereras. Por lo tanto, nos situamos directamente en el escenario «monte». A continuación, basándonos en la información disponible sobre el funcionamiento de la central de Allarluz, estimaremos qué subvenciones y/o primas serían necesarias para cubrir los costes de combustible (matorral) en este escenario.

Partiendo de que el precio del combustible del monte es de 6,01 c€/Kg, el coste del combustible puesto en planta es de 60,1 €/tn o, lo que es lo mismo, 582,41 €/ha. Otros estudios anotan que los costes de desbroce de matorral estarían comprendidos entre 841 €/ha/a (Estévez *et al.*,

2001: 26) y 1.202 €/ha/a (Lahuerta, 2001: 22) lo que, para una producción de 9,69 tn/ha/a, daría un coste unitario por tonelada recogida entre 86,8 y 124 €, ambos superiores a los 60,1 €/tn aquí estimados. Notemos que, para la ratio de Mingo (2002) –que estima 0,8 toneladas de CO₂ por tonelada de biomasa valorizada– y la evaluación de externalidades de INFRAS-IWW (2000), tendría acomodo una prima-subsención de hasta 108 €/tn sólo derivada del CO₂ evitado.

Sin embargo, los órganos competentes plantean una ayuda forestal de sólo 300 €/ha/a (IDAE-MINER, 1999: 120, 140), prácticamente la mitad de la ayuda necesaria para que el coste de combustible fuese nulo. Así, a pesar de que la Administración Pública asumiría parte de los gastos de corta, amontonamiento, recogida, transporte, etc. (Castro, 1999: 78; Almagro *et al.*, 2001: 925, 927 para los montes de Allariz¹⁶), debería hacerlo hasta el umbral de rentabilidad con el kWh fósil.

En el análisis de disponibilidad de matorral realizado en el capítulo 1, obteníamos 502.540 toneladas de biomasa seca por año. En un escenario con 100 MW instalados, tendríamos 5.025,4 tn/MW/a. Por lo tanto, una central de 2,35 MW como Allarluz podría valorizar anualmente 11.808,69 toneladas de residuos de matorral.¹⁷ También habíamos estimado que en una hectárea de monte desarbolado hay disponibles 9,69 toneladas de combustible. Entonces, para obtener esas 11.808,69 toneladas, la central tendría que limpiar 1.218,65 hectáreas de monte desarbolado (518,58 has/MW). Con estas cifras, subvencionar la puesta en planta del combustible supondría, para la central de Allarluz, una ayuda de 709.762 €/año, es decir, una cantidad similar a los ingresos derivados de la venta de electricidad en la actualidad.

¹⁶ Acuerdo firmado en 1999 con la Consellería de Medio Ambiente por el cual se concede una ayuda para roza, clareo y poda de 200 has. de matorral que asciende a 108.000 €/año. Esto supone una cantidad de 4.500 tn/año de biomasa forestal. Para garantizar el funcionamiento sostenido de la central, se llegan a convenios con la industria maderera (corteza de aserraderos), por una cuantía de 16.000 tn/año a un precio de 3,9-4,5 €/m³ (Almagro *et al.*, 2001). El acuerdo con la Xunta de Galicia ha sido temporal y no se ha prolongado en el tiempo.

¹⁷ En términos de producción eléctrica significarían 23,95 GWh, es decir, una producción dos veces superior a la actual.

6. Costes privados, tarifas y primas

La Comisión Europea ha elaborado recientemente una serie 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 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, las ayudas que faciliten la penetración de las FER en los mercados suelen conformar ayudas para la mejora del medio ambiente. Las ayudas se justificarían para mitigar las diferencias existentes 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).

Para la biomasa forestal, hemos constatado un coste privado que oscila entre 7,37 y 12,54 c€/kWh. Por otro lado, el precio de compra medio de la electricidad producida en España entre 1999 y 2003 fue de 3,79 c€/kWh.¹⁸ En base a estas directrices comunitarias, estaría justificado establecer ayudas específicas para los procesos de valorización eléctrica de la biomasa, compensando la diferencia entre costes y beneficios que se experimenta. Por lo tanto, la ayuda debería estar comprendida entre 3,58 y 8,75 c€/kWh, es decir, en un punto medio más que el diferencial negativo de costes privados de los procesos de generación eléctrica con biomasa.¹⁹

En el año 2003, el precio mínimo de la energía eléctrica producida con biomasa fue 6,06 c€/kWh, que corresponde al precio al que se puede acoger el productor mediante un sistema de venta en tarifa plana que integra una prima o ayuda específica (cuadro 3.7.). A pesar de que los costes privados de la biomasa son superiores a los de otras tecnologías renovables, como por ejemplo la eólica (gráfico 3.1.), la biomasa secundaria es la FER que, al adherirse a un régimen de tarifa plana, recibe menores ingresos por kWh (cuadro 3.7.).

¹⁸ Obtenemos esta cifra a partir de datos proporcionados por la Comisión Nacional de Energía (CNE, 2004a).

¹⁹ En estas mismas directrices se establece una subvención máxima de 5 c€/kWh.

Cuadro 3.7. Régimen especial: precios fijos para los años 1999-2004 (c€/kWh)

	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Minihidráulica	6,73	6,36	6,36	6,38	6,49	6,49
Eólica	6,62	6,26	6,26	6,28	6,21	6,21
Biomasa primaria	6,51	6,15	6,15	6,17	6,86	6,86
Biomasa secundaria	6,29	5,94	5,94	5,96	6,06	6,06

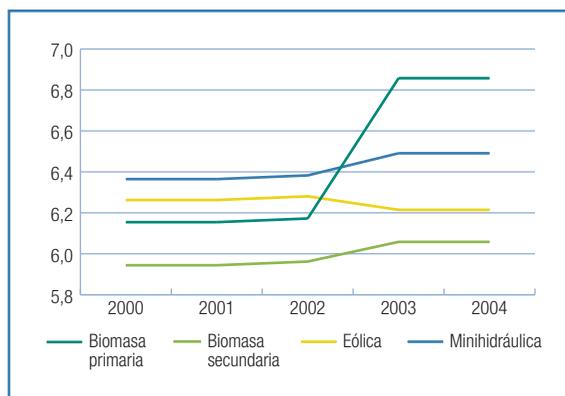
Fuente: elaboración propia sobre:
 R.D. 2818/98 de 23 de diciembre (BOE de 30 de diciembre de 1998).
 R.D. 2066/1999 de 30 de diciembre (BOE 31 de diciembre de 1999).
 R.D. 3490/2000 de 29 de diciembre (BOE 30 de diciembre de 2000).
 Corrección de errores del R.D. 3490/2000 (BOE de 2 de febrero de 2001).
 R.D. 1483/2001 de 27 de diciembre (BOE 28 de diciembre de 2001).
 R.D. 1436/2002 de 27 de diciembre (BOE 31 de diciembre de 2002).
 R.D. 1802/2003 de 26 de diciembre (BOE 27 de diciembre de 2003).

En los últimos años, se anota una tendencia de acercamiento entre la tarifa plana para la energía eólica y la biomasa secundaria. Sin embargo, se ha producido un acentuado distanciamiento entre la biomasa primaria y la secundaria (gráfico 3.4.), favoreciendo a la primera.

Observamos que el sistema de tarifa plana no compensa el diferencial de costes negativo de la biomasa, al no llegar a los 7,37 c€/kWh, que son los costes privados mínimos a los que se enfrentarían las centrales que utilizan biomasa forestal. El Instituto de Diversificación y Ahorro Energético estima que el precio mínimo debería situarse en torno a los 6,71 c€/kWh²⁰ en el año 2006 (IDAE-MINER, 1999: 136), cifra que haría que la biomasa continuase en la misma situación de inviabilidad al no alcanzar ni siquiera el coste privado mínimo al que se enfrenta la central productora.

Si el productor acude al mercado, el beneficio total será la suma del precio de mercado (una media de 3,79 c€/kWh entre 1999-2003) más una prima que es fijada por el Gobierno

Gráfico 3.4. Régimen de tarifa plana de e-FER (c€/kWh)



Fuente: elaboración propia.

²⁰ Para residuos industriales serían 6,29 c€/kWh.

anualmente²¹ (cuadro 3.8.). 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 final del kWh como aquel correspondiente a la última unidad de producción necesaria para atender la demanda de energía eléctrica.

En el período 1998-2003 las primas para la biomasa secundaria fueron inferiores que las correspondientes a otras tecnologías de régimen especial como la eólica o la minihidráulica. Asimismo, el diferencial de primas entre la biomasa primaria y secundaria fue aumentado, siendo favorable para la primera.

Sin embargo, en el año 2004, el Real Decreto 436/2004²² anula la diferenciación que se hacía anteriormente entre biomasa primaria y secundaria, agrupando ambas en una sola categoría de FER. Por tanto, las primas a centrales que utilizan como combustible principal tanto cultivos energéticos como biomasa forestal son iguales (3,42 c€/kWh). Por primera vez

Cuadro 3.8. Régimen especial: primas para los años 1999-2004 (c€/kWh)

	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Minihidráulica	3,28	2,99	2,99	3,01	2,95	3,04
Eólica	3,16	2,88	2,88	2,90	2,66	2,75
Biomasa primaria	3,05	2,77	2,77	2,79	3,33	3,42
Biomasa secundaria	2,82	2,56	2,56	2,58	2,51	3,42

Fuente: elaboración propia sobre:

R.D. 2818/98 de 23 de diciembre (BOE de 30 de diciembre de 1998).

R.D. 2066/1999 de 30 de diciembre (BOE 31 de diciembre de 1999).

R.D. 3490/2000 de 29 de diciembre (BOE 30 de diciembre de 2000).

Corrección de errores del R.D. 3490/2000 (BOE de 2 de febrero de 2001).

R.D. 1483/2001 de 27 de diciembre (BOE 28 de diciembre de 2001).

R.D. 1436/2002 de 27 de diciembre (BOE 31 de diciembre de 2002).

R.D. 1802/2003 de 26 de diciembre (BOE 27 de diciembre de 2003).

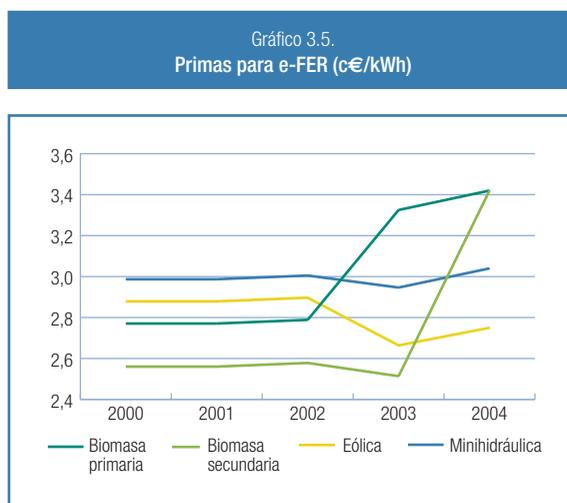
R.D. 436/2004 de 12 de marzo (BOE 27 de marzo de 2004).

²¹ 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.

²² 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 n° 75, de 27 de marzo de 2004) y corrección de errores publicada en el BOE n° 85, de 8 de abril de 2004.

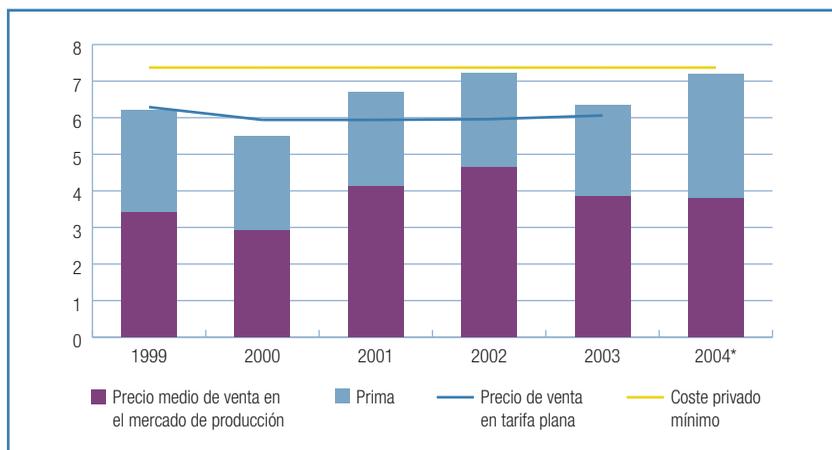
desde la creación del régimen especial de energía, la prima para la biomasa secundaria supera al menos al resto de tecnologías, estableciéndose además a la cabeza de las FER en cuanto a prima recibida (gráfico 3.5.).

El régimen de tarifa variable se ha hecho más ventajoso para los productores que el de tarifa plana. En el gráfico 3.6 podemos apreciar como actualmente es más beneficioso acogerse a un sistema de tarifa variable, pues en los últimos años los ingresos por kWh vendido son mayores que los correspondientes a la tarifa plana. Sin embargo, mientras que en un régimen de tarifa plana la incertidumbre es nula (el precio de compra en el mercado no afecta a los ingresos de la central), la tarifa variable está asociada con un mayor grado de incertidumbre en cuanto a los ingresos finales, pues el precio de compra del kWh en el mercado es un factor variable.



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 3.6.
Ingresos de venta de electricidad producida con biomasa secundaria (c€/kWh)



* En 2004 tomamos como referencia el precio medio de venta entre 1999 y 2003.
Fuente: elaboración propia.

Pero aunque la tarifa variable es más rentable desde el punto del vista del productor, los ingresos de la venta de electricidad no son aún suficientes para cubrir los costes privados mínimos (gráfico 3.6.). Anotando el incremento de la prima correspondiente al año 2004 (gráfico 3.5.), los ingresos supondrían 7,21 c€/kWh (gráfico 3.6.), cifra que no alcanzaría a cubrir los costes privados que, para el uso exclusivo de residuos de industrias de transformación maderera, toma un valor mínimo de 7,37 c€/kWh.

Más significativa para nosotros es la valorización eléctrica de matorral y residuos de cortas madereras, que nos situaría en el límite superior de los costes privados de la biomasa (12,54 c€/kWh). En este caso sería necesario un incremento ampliamente superior de la prima a la producción de electricidad pues, atendiendo a la estructura de abastecimiento, los beneficios experimentarían un diferencial negativo de hasta 5,33 c€/kWh.

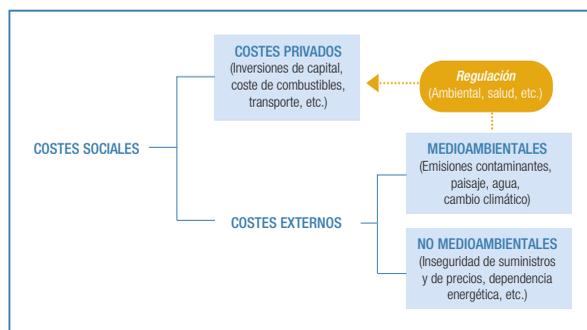
7. Costes sociales e intervención pública

Tal y como venimos argumentando, los precios de la energía deberían reflejar su coste social total, para lo que es necesario internalizar las externalidades de cada una de las tecnologías. Se garantizaría entonces que el mercado funcionase de forma eficaz y que los precios de la energía inclu-

yesen no sólo los costes privados derivados de la producción, sino también los beneficios externos y los costes evitados (IDAE-MINER, 1999: 10 y 12; PNUD-IDAE, 2001: 24). La internalización está asociada al diseño de mecanismos de intervención, que implican una serie de costes de regulación que también forman parte de los costes sociales totales.

La no internalización vía precios de los costes externos, tanto ambientales como no medioambientales, constituye una de las principales barreras de entrada para las FER en un mercado competitivo (IDAE-MINER, 1999: 16).

Tal internalización no sólo mejoraría el funcionamiento del mercado sino que, además, redundaría en una asignación eficiente de recursos naturales vía incorporación de las externalidades positivas en los ingresos de aquellos productores que utilicen FER (CES-E, 2002: 105).



Para ello es necesario, en primer lugar, eliminar progresivamente las subvenciones a la producción y al consumo de combustibles fósiles²³ y diseñar una serie de medidas que contribuyan al desarrollo de fuentes de energía alternativas o renovables,²⁴ medidas que pasan por reflejar los costes sociales totales en los precios (Comisión Europea, 2001b: 11; PNUD-IDAE, 2001: 24). Por tanto, es necesario disponer de cuantificaciones económicas de los costes sociales totales de las diferentes tecnologías energéticas.

Pero muy al contrario, sucedería que a nivel mundial las subvenciones que reciben las energías convencionales son muy superiores a las destinadas a las renovables y a las medidas de eficiencia. La no internalización de los costes de la energía actúa asimismo como una subvención implícita, dado que los consumidores no pagan directamente las repercusiones ambientales, sociales y de seguridad de sus opciones energéticas. Aunque no se consideren estrictamente subvenciones, las externalidades representan costes no compensados que la sociedad en su conjunto tiene que asumir y que, como las subvenciones, tienen un impacto distorsionador y perjudicial (*Worldwatch Institute*, 2004: 94, 95, 193).

Como ya hemos analizado en el capítulo 2, el proyecto ExternE abordó una primera aproximación en Europa de los costes externos negativos de las tecnologías de producción eléctrica, tanto renovables como no renovables, dejando fuera del análisis todos los efectos positivos y los costes evitados. El marco institucional energético en España, legislado a través de la Ley 54/1997²⁵ y desarrollado por el Real Decreto 2818/98,²⁶ esta-

²³ Según el Informe Brundtland, las subvenciones «invisibles» a los combustibles fósiles existentes en la mayoría de los países obstaculizan la libre elección de FER, siendo necesario suprimir todas aquellas que no estén claramente justificadas (CNMAD, 1987: 239). Por otra parte, es necesario eliminar las subvenciones que fomentan el uso innecesario de recursos naturales no renovables (Comisión Europea, 2001b: 7).

²⁴ En el diseño de programas energéticos, la internalización de externalidades vía precios es el punto clave. Pero no debemos olvidar que un sistema energético eficiente debe contemplar programas complementarios de ahorro energético.

²⁵ Ley 54/1997, de 27 noviembre, del Sector Eléctrico (BOE de 28 de noviembre de 1997).

²⁶ Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración. BOE nº 312 (30 de diciembre de 1998).

blece un sistema de incentivos para las FER argumentando que es necesario internalizar los beneficios medioambientales que generan estas tecnologías. El Plan de Fomento de Energías Renovables, haciendo alusión a las citadas reglamentaciones, afirma que para ello habría que realizar la valoración monetaria de tales beneficios ambientales (IDAE-MINER, 1999: 12 y 13). Por lo tanto, sería necesaria una valoración económica de todos esos efectos previa al diseño de programas de energía renovables.

Como ya hemos señalado anteriormente, la Comisión Europea ha marcado (para el período 2000-2007) una serie de directrices comunitarias sobre ayudas estatales a favor del medio ambiente en relación a la energía (Comisión Europea, 2001a), que reinciden en que la internalización de los costes ambientales es un objetivo prioritario, siendo necesario que los precios se fijen correctamente, integrando los costes externos relacionados con el medio ambiente. En estas directrices se hace alusión directa a las FER y se autoriza a los estados miembros a diseñar ayudas a favor de las mismas por sus dificultades de penetración en el mercado (coste de producción unitario no comparable con las FEC) y por motivos ambientales.

Así, las ayudas a FER, que son consideradas como ayudas a favor del medio ambiente, se calcularán en base de los costes externos evitados a la sociedad por la sustitución de combustibles fósiles. La directriz número 64 plantea que los costes evitados se deben calcular sobre la diferencia entre aquellos producidos por los productores de FER y aquellos otros generados por los productores de FEC.

Partiendo del análisis de externalidades realizado en el capítulo 2, podemos asumir que el balance general de los costes producidos por las FER es positivo (externalidades positivas) mientras que en el caso de FEC tendría signo contrario (externalidades negativas). En cualquier caso, ninguna de las dos es tenida en cuenta actualmente, pues no se internalizan vía precios. En esa misma directriz se hace explícita la necesidad de que los estados miembros utilicen un «método de cálculo internacionalmente reconocido» para la cuantificación de los costes evitados derivados de la sustitución de FEC.²⁷ En cualquier caso e, independientemente de la esti-

²⁷ En el capítulo 4 comentaremos los métodos de valoración económica disponibles para el análisis de externalidades.

mación realizada, se establece un límite máximo de ayuda al productor de energía renovable de 5 c€/kWh.

La directriz n° 60 alude directamente a la biomasa para fines energéticos. Consta el hecho ya analizado en el epígrafe 3.3. de que los costes de funcionamiento de esta tecnología son más elevados que los del resto de FER y que, en consecuencia, se pueden establecer ayudas a la generación pues los costes privados totales son superiores al precio de mercado de la energía. Por tanto, encajarían aquí las ayudas al abastecimiento de biomasa forestal residual a las que aludíamos anteriormente.

Dado que parece claro que el precio de la energía debería contemplar las externalidades positivas que generan las FER (sociales y medioambientales), el diseño de medidas correctoras se podía basar, por ejemplo, en un sistema de primas que refleje estas externalidades positivas y, además, compensaciones directas por costes externos evitados de la electricidad distribuida en la red de baja tensión (Comisión Europea, 2000c: 7; ENER-IURE, 2001: 26). En este epígrafe profundizaremos sobre el diseño de mecanismos de internalización de los costes sociales totales de las FER y las vías de intervención pública para corregir el sobreprecio de la e-biomasa para que su producción sea viable.

Fiscalidad sobre generación eléctrica en la Unión Europea

Como ya hemos adelantado, en la UE la producción de energía está respaldada por un sistema de subvenciones explícitas en forma de subsidios e implícitas en forma de no internalización de costes externos. Ambos tipos de subvención, como veremos a continuación, favorecen a las tecnologías menos respetuosas con el medio ambiente.

Las subvenciones explícitas a la producción de energía con FEC en la UE ascienden a más de 20 billones de euros y son, como mínimo, 4 veces superiores a las concedidas a FER. Valor mínimo pues si además de las subvenciones directas tomamos en consideración las indirectas (costes externos no internalizados), las subvenciones a FEC serían 8 veces superiores a las que reciben las FER²⁸ (cuadro 3.9.).

²⁸ Si incluimos las subvenciones a la energía nuclear, el porcentaje de participación de las FER en el total de subvenciones alcanzaría un valor todavía inferior. Las subvencio-

Cuadro 3.9. Subvenciones energéticas en la UE (billones €/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).

La Comisión Europea se plantea alcanzar unas metas más ambiciosas en cuanto a la fiscalidad de la energía, de forma que se internalicen todos los costes externos y se creen medidas indirectas para contribuir al desarrollo de las FER (Comisión Europea, 2001b: 11), pues la no internalización actual constituye una subvención implícita de la sociedad a las FEC. Se

trata además de subvenciones de grandes dimensiones pues, como vemos en el cuadro 3.9, representan casi el doble de los subsidios explícitamente diseñados para las FEC.

La fiscalidad puede constituir un instrumento eficaz al servicio de la política energética (Comisión Europea, 2000b: 62). Sin embargo, el escenario de la UE se caracteriza por una dispar estructura y consumo energético (Bretteville y Asbjørn, 2004; Márquez, 2002: 8 y 9), 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 (Cornejo, 2003).

En el escenario actual de cumplimiento de los compromisos del Protocolo de Kyoto, el Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión²⁹ plantea la oportunidad de «abrir un debate sobre la conveniencia de profundizar en la utilización de la fiscalidad como instrumento para mejorar el medio ambiente, en general, y para reducir las emisiones de

nes que reciben las FER son en forma de incremento del precio de venta del kWh verde, obligaciones y certificados, subsidios de capital, exenciones de impuestos, etc. (Stenzel *et al.*, 2003; CE, 2004; Jäger-Waldau, 2004; Reiche y Bechberger, 2004).

²⁹ Real Decreto 1866/2004 por el que se aprueba el Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión, 2005-2007 (BOE nº 216 de 7 de septiembre de 2004). Se fija el objetivo de que en el período 2008-2012 las emisiones de CO₂ no deben representar más de un 24% el nivel de 1990. Tal objetivo contempla el compromiso de Kyoto (15%) más la compra de créditos en el mercado internacional (7%) y la absorción de carbono en nuestros sumideros (2%).

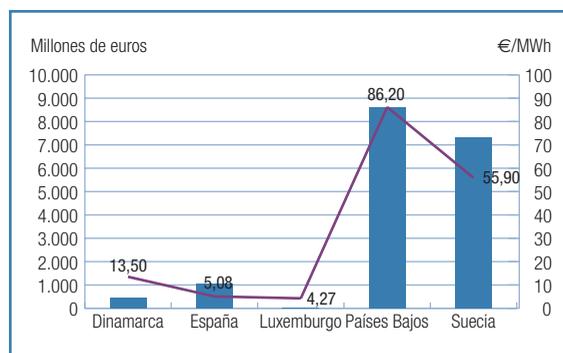
los sectores no cubiertos³⁰ por la directiva, en particular». Complementariamente, se reconoce que el sistema de primas a la producción de energía eléctrica con fuentes renovables constituye la forma de internalizar los beneficios medioambientales derivados de la electricidad verde. Primas que, como hemos visto, se muestran claramente insuficientes para la biomasa forestal.

La imposición sobre el consumo de electricidad en los países de la UE se articula mediante un sistema de impuestos de diferentes características: locales, aduaneros, energéticos, medioambientales y otros tipos. Salvo excepciones, tales impuestos se incluyen en la factura eléctrica de los consumidores domésticos y son proporcionales a su consumo (INRA, 2003). Los Países Bajos y Suecia son los países con mayor imposición energético-ambiental (gráfico 3.7.) y, dado su elevado volumen de consumo eléctrico, donde se produce una mayor recaudación. España es uno de los países con menor imposición energético-ambiental, junto con Luxemburgo.

Tras un largo período de discusión (Gago y Labandeira, 1999: 60, Buñuel, 2002: 37, 38), 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 nueva directiva se fijan los niveles mínimos de imposición para diferentes tipos de carburantes de automoción, combustibles para calefacción y electricidad que, para fines profesionales, es gravada con 0,5 €/MWh y, para el resto de los casos, con 1 €/MWh. Asimismo, se estable-

Gráfico 3.7.
Recaudación por impuestos energético-ambientales
en países de la UE (2002)



Fuente: elaboración propia sobre Eurostat, INRA (2003) y CNE (2004).

³⁰ Las emisiones de CO₂ de los sectores regulados representan el 40% respecto a las emisiones totales nacionales. Para los sectores no regulados se establecen una serie de medidas complementarias en la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 (E4), que son desarrolladas por el Plan de Acción 2004-2007.

cen las posibilidades nacionales³¹ de exención y/o reducción tributaria bajo una serie de supuestos. En el artículo 15 se añade que los estados miembros pueden practicar 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 (considerando n° 11), pues 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– sea neutral en cuanto a la presión fiscal global, utilizando la recaudación para disminuir otros impuestos, principalmente aquellos que tienen repercusiones sobre el empleo.

Pese al avance que supone la publicación de la Directiva 2003/96/CE, se siguen sin internalizar los costes sociales de la energía y las FER permanecen en una situación precaria. Tanto es así, que en el ya mencionado artículo 15, se deja bajo criterio de los estados miembros no sólo establecer exenciones y reducciones para las FER sino que, además, se tratan de igual modo otros procesos como los de cogeneración, el gas natural³² o éste y los gases licuados de petróleo (GLP) utilizados como carburante.

De hecho, en el considerando 14 de la Directiva se dice que «los niveles mínimos de imposición deben reflejar la posición competitiva de los diferentes productos energéticos y de la electricidad. A este respecto, sería aconsejable basar, en la mayor medida posible, el cálculo de dichos niveles mínimos en el contenido energético de los productos», no haciendo, por tanto, ninguna alusión a la internalización de los costes sociales totales en el precio de la energía.

³¹ 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).

³² Siempre y cuando la cuota de energía final haya sido inferior al 15% en el año 2000.

La reforma introducida con esta directiva es similar a la efectuada en Alemania (Buñuel, 2002: 20), donde ya se había elevado el impuesto sobre el petróleo y el gas natural (con ciertas exenciones) e introducido e incrementado los impuestos sobre la electricidad, quedando las FER exentas. En el caso alemán, una pequeña parte de la recaudación es destinada al fomento de las FER y el resto a disminuir las cotizaciones a la seguridad social y deducciones en el impuesto sobre la renta.

La experiencia alemana coincide con el planteamiento de la Comisión Europea cuando 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, 2000b: 4, 54). Apoyos que, como hemos visto, sí benefician a las FEC tanto explícitamente en forma de subvenciones como implícitamente por la no internalización de costes externos.

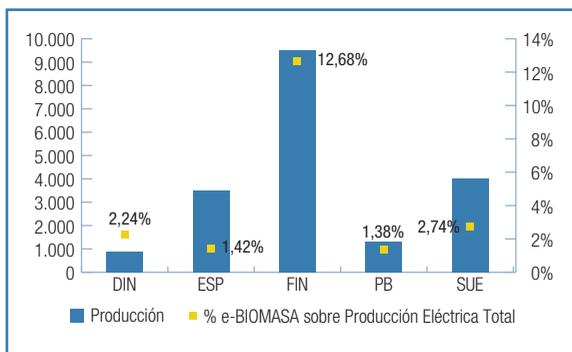
La intervención pública en la valorización eléctrica de la biomasa forestal en España

Entre todas las FER, la biomasa es la que tiene un mayor peso potencial pues su aportación a la producción de energía debería alcanzar en el año 2010 un 60% sobre el total, siendo especialmente relevante su aportación a la producción de electricidad. Sin embargo, la evolución de su valorización energética proyecta resultados desalentadores (IDAE, 2003: 102 y 103), sobre todo la forestal debido a sus altos costes privados. Por ello es fundamental definir políticas concretas de apoyo³³ y, a diferencia de otras tecnologías renovables, tener en cuenta el precio del combustible, tanto para la producción de energía como para otros usos distintos a los energéticos (IDAE, 2003: 103).

El principal mecanismo de ayuda a la e-biomasa en la UE se basa en primas a la producción en forma de un precio de venta garantizado superior al de mercado. Al igual que en España, Dinamarca y Holanda utili-

³³ Además, en la misma línea en que las FER están exentas del impuesto sobre la electricidad (Unión Europea, 2003), el tratamiento fiscal de los recursos no maderables de los montes debe ser coherente. Para fiscalidad de usos maderables véase Márquez (2003).

Gráfico 3.8.
Producción eléctrica bruta con biomasa forestal en la UE (2002)



Fuente: elaboración propia sobre Eurostat.

zan este tipo de mecanismo. Finlandia y Suecia, los dos principales productores europeos de e-biomasa (gráfico 3.8.), utilizan como principal mecanismo la obligación de consumo a través de certificados verdes.

En Finlandia y Holanda, con mecanismos de ayuda diferentes, las subvenciones son suficientes para estimular la producción de e-biomasa. En España, pese a disponer de un mecanismo similar al de Holanda y unas condiciones de mercado mejores, las subvenciones en forma de sobreprecio del precio de venta del kWh verde resultan insuficientes, tanto en cuantía como en grado de duración de las ayudas (cuadro 3.10.).

Cuadro 3.10. Subvenciones a e-biomasa				
País	Principal mecanismo de ayuda	Grado de duración de ayudas	Condiciones de mercado	Suficiencia para estimular e-biomasa
DIN	Precio de venta garantizado: 4 c€/kWh	Bajo	Buenas	-
ESP	Precio de venta garantizado: 6,06 c€/kWh	Bajo	Buenas	No
FIN	Obligación de consumo	Moderado	Buenas	Sí
PB	Precio de venta garantizado: 8,2 c€/kWh	Alto	Restricciones significativas	Sí
SUE	Obligación de consumo	Moderado	Buenas	-

Fuente: elaboración propia sobre CE (2004) y Jägder-Waldou (2004).

Notemos que si en España el precio de venta garantizado se situara al nivel holandés (incremento de 2,1 c€/kWh), centrales como la de Allarluz serían viables económicamente e incluso se podría utilizar un mayor porcentaje de residuos abandonados en el monte³⁴ en detrimento de residuos de industrias forestales. Paralelamente, un incremento de las ayudas

³⁴ Véase capítulo 3 (epígrafes 3.5 y 3.6.).

que favoreciese la expansión de la e-biomasa implicaría, además de una serie de beneficios sociales y ambientales, evitar costes asociados a la producción con FEC ya comentados en el capítulo 2.

Para garantizar la viabilidad económica de las FER, es necesario diseñar un sistema de ayudas públicas que, como hemos mencionado, en España se instrumenta a través de subvenciones directas y un sistema de primas de discriminación tarifaria positiva (CIEF, 2001: 234).³⁵ Este sistema de ayudas se basa en que en el consumo de todas las fuentes energéticas se incluye un recargo en forma de impuesto energético-ambiental, denominado «costes de diversificación y seguridad de abastecimiento», que genera un fondo para las primas a e-FER. Nótese que el margen de una cuantía para doble dividendo ambiental debiera recaer solamente el recargo en la tarifa sobre las FEC, debiéndose establecer entonces una exención para las tecnologías del régimen especial.

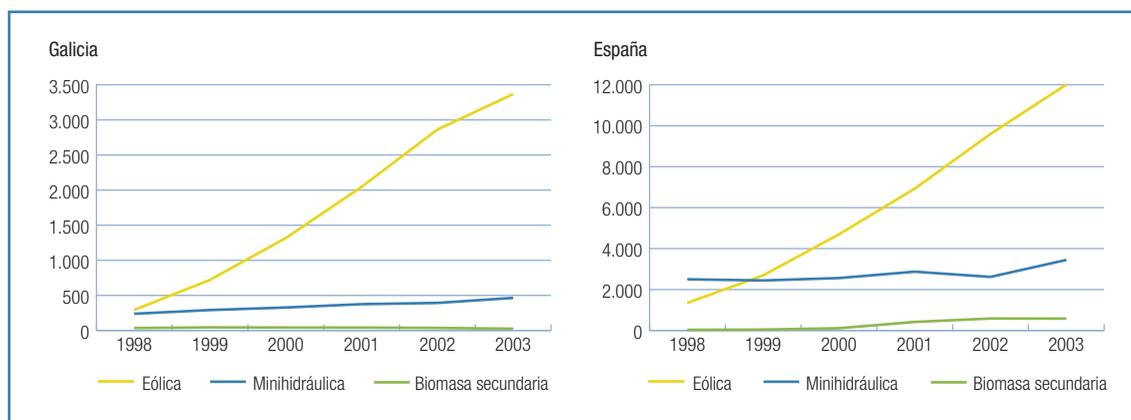
Este tipo de incentivos ha favorecido la expansión de las tecnologías renovables (CES-E, 2002: 88), siendo el caso más relevante el de la energía eólica.³⁶ Parcialmente derivado de las diferencias entre primas a la producción eléctrica (epígrafe 3.6.), se ha producido una evolución dispar de la eólica frente a otras FER, favoreciendo a la primera tanto en España como en Galicia (gráfico 3.9.).

El crecimiento de la energía eólica se explicaría, en gran medida, por la absorción de la mayor parte del fondo creado a partir de estos recargos sobre el consumo eléctrico, que es suficiente para compensar los mayores costes privados de la eólica en relación a las FEC. Analizando el reparto de subvenciones (exclusivamente vía primas a la producción) a las 4 principales tecnologías de régimen especial, constatamos como la eólica capta en la actualidad más del 50% de los fondos recaudados en forma de costes de diversificación y seguridad de abastecimiento (gráfico 3.10.), lo cual no se corresponde con los objetivos fijados en el PFER. De hecho, se observa que otras tecnologías con gran peso en el PFER como

³⁵ El progreso de las FER dependerá en gran medida de los apoyos públicos que reciban a través de subvenciones y «precios políticos» que permitan internalizar las externalidades positivas que generan y descontar su incierto futuro (Jiménez, 2001: 259).

³⁶ Existen otros factores, además del sistema de primas, que ayudan a explicar la expansión de la energía eólica en España (Reiche y Bechberger, 2004: 847).

Gráfico 3.9.
Producción de e-FER en España y Galicia (en GWh)



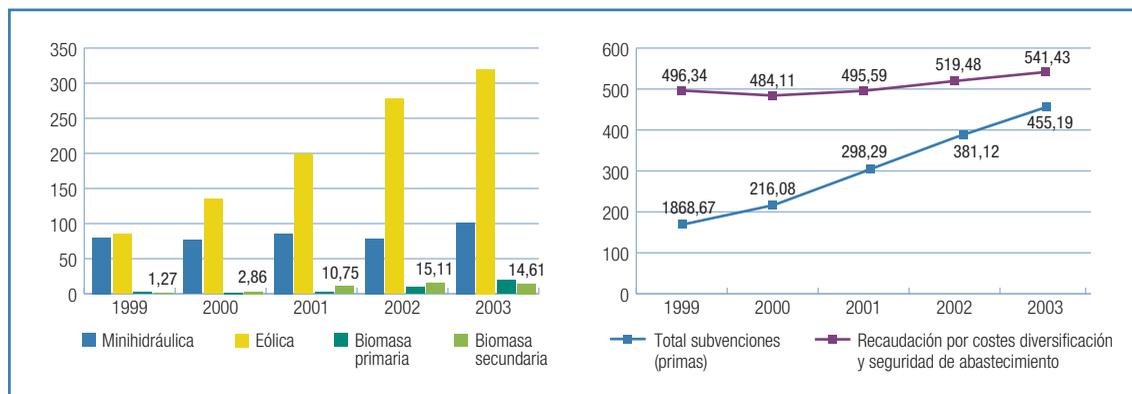
Fuente: elaboración propia sobre CNE (2004).

la biomasa, prácticamente no participan en el reparto, pues las primas establecidas para la misma, como hemos visto en el capítulo anterior, 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 kWh fósil.

Teniendo en cuenta que sobre la biomasa recae el 60% de los objetivos del PFER y que está en un período inicial de desarrollo, es necesario definir las políticas de apoyo necesarias³⁷ pues, de otra forma, el grado de cumplimiento será muy deficitario (IDAE, 2003: 102, 103). Así, la Comisión Europea sostiene que «*las medidas de apoyo actuales no bastan para que las FER puedan convertirse realmente en opciones para un uso generalizado*» (Comisión Europea, 2000b, anexo 2: 15) 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 viable económicamente, siendo necesarias ayudas públicas a la inversión, a

³⁷ Menéndez (1997: 170) 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.

Gráfico 3.10.
Subvenciones a FER en España (millones de euros)



Fuente: elaboración propia sobre CNE (2004), Red Eléctrica de España (Boletín Estadístico de Energía Eléctrica, febrero 1999-2004) y cuadro 3.8.

la explotación (primas) y a la producción de combustibles para que el precio sea competitivo (IDAE-MINER, 1999: 206 y 208).

Por tanto, reiteramos de nuevo que los precios de la electricidad debieran reflejar los costes sociales totales y, para el caso específico de la biomasa, se debe además tener en cuenta el tipo de combustible empleado³⁸ (forestal, agrícola, cultivos energéticos) pues los costes de combustible pueden llegar a representar más de la mitad de los costes de producción (epígrafe 3.4.). Costes que, como hemos visto (capítulo 2), llevan asociados evitar importantes daños ambientales.

En este contexto y en el marco del PFER y de la PAC, se hace necesario diseñar una política silvoenergética que impulse el aprovechamiento de la biomasa forestal (CES-E, 2002: 67; MMA, 2002: 75), modificar las medidas agroambientales de cara a generar un sistema transparente de pagos directos por servicios medioambientales y diversificar las fuentes de ingresos en zonas rurales (Comisión Europea, 2001b: 13 y 15). Es así como la electricidad verde ha sido incorporada de forma pionera por Holanda y Austria, basándose en la disposición al pago de los consumido-

³⁸ También se debe considerar el precio del recurso para otros usos diferentes a la valorización energética (IDAE, 2003: 103).

res³⁹ que, de forma voluntaria, deciden pagar un sobrecoste en su tarifa eléctrica para financiar las FER (IDAE-MINER, 1999: 178).

El IDAE y el Plan Forestal Español estiman que la retirada de los residuos forestales de los montes requeriría un incremento de 63 €/ha en concepto de ayuda directa al combustible (6,25 €/tn⁴⁰), que complementaría la ayuda a la limpieza de los montes (300 €/ha) (IDAE, 2001b: 112; MMA, 2002: 75; IDAE-MINER, 1999: 140). Almagro *et al.* (2001) estima que el «coste parcial», referido solamente a diferentes sistemas de extracción y tratamiento de residuos (empacadora, astilladora, trituradora), sería de aproximadamente 300 €/ha.⁴¹

Parece entonces que el incremento propuesto por el IDAE (PFER) y el Ministerio de Medio Ambiente (Plan Forestal Español) no sería suficiente, lo que añade robustez a la estimación realizada para los montes gallegos, en los cuales la extracción y puesta en planta de los residuos forestales del matorral ascendería a 582,41 €/ha.⁴² El problema que parece derivarse de las estimaciones del IDAE y del Ministerio de Medio Ambiente es que no atienden a particularidades del tipo de combustible empleado,⁴³ estableciendo un incremento de la subvención similar a los cultivos alimentarios. Se observa que una de las mayores barreras para el desarrollo de la biomasa forestal es precisamente la inclusión en legislaciones que no están diseñadas con el fin de favorecer la valorización energética de los residuos forestales.

³⁹ Holanda es uno de los estados miembros con mayor sensibilidad energético-ambiental. Más de la mitad de su población está dispuesta a pagar más por la energía procedente de FER. Austria tiene una sensibilidad ambiental alta y casi la mitad de la población está dispuesta a pagar más por la energía procedente de FER.

⁴⁰ Para los cultivos energéticos, se contempla una subvención directa al combustible de 9,38 €/tn, cifra superior a la subvención establecida para la biomasa forestal, pero sin posibilidades de acceder a las ayudas por limpieza de los montes (IDAE-MINER, 1999: 208).

⁴¹ Dependiendo del tipo de tratamiento y de la maquinaria empleados, el coste parcial por tonelada mínimo sería de 14,74 €/tn (Almagro *et al.*, 2001), más del doble que la ayuda contemplada en el PFE y en el PFER.

⁴² El coste de puesta en planta del combustible (coste total) ascendería a 60,1 €/tn.

⁴³ No se diferencia entre residuos forestales y agrícolas ni se hace referencia a la procedencia de los mismos. Solamente los cultivos energéticos tienen un tratamiento diferenciado.

En el Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión se contemplan como actividades forestales computables como sumideros de carbono el establecimiento de acciones preventivas para evitar los incendios forestales, centradas en la silvicultura. Sin embargo, nada se dice acerca de programas de valorización de los residuos forestales abandonados en el monte tras la realización de tales acciones preventivas, entre las cuales la retirada sostenible del matorral podría ocupar una posición de primera línea.

Las diferentes reglamentaciones diseñadas en el escenario de la PAC, como aquellas que contemplan ayudas para la limpieza de los montes, pese a estar relacionadas con el aprovechamiento energético de este tipo de residuos, no han sido diseñadas con tal fin, siendo por tanto las ayudas públicas establecidas en las mismas inapropiadas para nuestro caso (ENER-IURE, 2001: 12 y 13). Se observa, en suma, que es preciso diseñar programas silvoenergéticos específicos que permitan el avance de la biomasa forestal hacia el cumplimiento de los objetivos del PFER.

Establecer un programa de ayudas silvoenergéticas implicaría descontar parte de los valores de las externalidades (capítulo 2) de la biomasa mediante subvenciones al coste de puesta en planta del combustible (Menéndez, 1997: 126). Tales políticas, destinadas principalmente a subvencionar el coste del combustible, aunque con multitud de efectos colaterales en otras políticas, actividades económicas, sociedad y medioambiente,⁴⁴ deben considerarse como un complemento de un sistema de primas sobre los precios que internalicen las restantes externalidades positivas y los costes evitados ocasionados por la generación de e-FER. Ambos instrumentos (primas al kWh y subvenciones al combustible) derivarían bien en un fondo nutrido con recargos a las FEC, de ingresos públicos, de un sobreprecio asumido por el consumidor de e-biomasa o de una combinación de todos estos mecanismos.

⁴⁴ Dada la heterogeneidad de condiciones de abastecimiento en los diferentes territorios y las consecuencias de un programa silvoenergético sobre diferentes áreas como la agricultura, energía, industria, trabajo, economía o medioambiente, sería conveniente la coordinación entre diferentes organismos ministeriales (Menéndez, 1997: 172 y 173).

8. Conclusiones

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.).

La Comisión Europea reconoce que las medidas de apoyo existentes no son suficientes para que una tecnología renovable como la biomasa pueda convertirse en una opción de uso generalizado (Comisión Europea, 2000b: 15). En este apartado de conclusiones veremos como la internalización de los costes externos de la biomasa (capítulo 2) induciría efectos positivos en cuanto a competitividad y penetración en el mercado de esta tecnología renovable, en la dirección que marca la Constitución Europea.

Mirasgedis *et al.* (2000) constatan que el diferencial de costes privados a favor de las tecnologías convencionales es una de las mayores barreras de entrada para las FER. En esta misma línea, Diakoulaki *et al.* (2000) afirman que los mayores costes privados que soportan las tecnologías renovables pueden ser compensados al tener en cuenta las externalidades positivas que presentan, siendo el resultado final que la producción de electricidad mediante las FER tienen unos costes sociales considerablemente menores respecto a los combustibles fósiles.

Sin embargo, Diakoulaki *et al.* (2000) añaden que la mera internalización es una condición necesaria pero no suficiente para disminuir las externalidades producidas en los procesos de generación eléctrica. Complementariamente, se debe difundir la generación eléctrica mediante FER y disminuir el porcentaje de electricidad generada con combustibles fósiles, por ejemplo suprimiendo las ayudas públicas que reciben (*European Environment Agency*, 2004). Es decir, a través de la internalización de costes externos se pretendería incrementar el porcentaje de electricidad verde y disminuir o, por lo menos frenar, el incremento de electricidad negra.

Hemos visto en este capítulo que el coste privado del kWh producido con biomasa supera en España al ingreso a tarifa variable en todos los casos. Con los ingresos por venta de electricidad en el mercado, el pro-

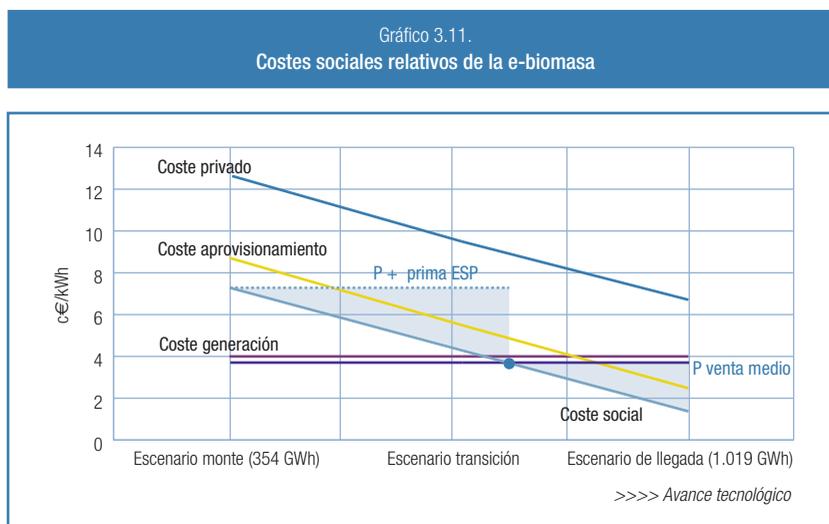
ductor prácticamente cubriría los costes de generación. Y, si sumamos las primas a la producción eléctrica, si acaso se conseguiría alcanzar una situación de viabilidad económica (competitividad en el mercado) usando un 100% de residuos de las industrias madereras. Pero en ningún caso se conseguiría compensar el coste privado de los productores que valorizan residuos extraídos directamente del monte, que continuarían en una senda de inviabilidad financiera. De hecho, lejos de una situación económicamente viable, los ingresos actuales no son en absoluto suficientes para compensar los elevados costes de la biomasa forestal, pues se constata un diferencial negativo de costes privados de 5,33 c€/kWh.

Si, como sucede, los costes privados de generación con esta fuente primaria desbordan los ingresos con las primas vigentes, dificultando la ampliación de este vector eléctrico, parece haber aún un amplio margen para internalizar los efectos externos y mejorar su viabilidad e implementación. Así lo defiende la Comisión Europea cuando argumenta que 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 crear medidas indirectas para contribuir al desarrollo de las FER (Comisión Europea, 2001b: 11). Entonces, si efectivamente se internalizaran los costes externos, los ingresos de los productores podrían ascender a 15,29 c€/kWh,⁴⁵ es decir, más del doble respecto a los ingresos actuales. Entonces, aún internalizando las externalidades por un valor inferior a nuestra estimación (8,08 c€/kWh), tal que compensase las pérdidas actuales apuntadas (5,33 c€/kWh), se conseguiría alcanzar una situación de viabilidad económica⁴⁶ (gráfico 3.11.) y, por tanto, la valorización de un recurso actualmente abandonado en nuestros montes.

De tal forma, el binomio formado por la subvención derivada de la internalización de externalidades (5,33 c€/kWh) más el precio de mercado (3,79 c€/kWh) permitiría suprimir la prima actual (gráfico 3.11.), que sólo se mantendría para conseguir la transición al sistema de llegada

⁴⁵ Derivados del precio de mercado (3,79 c€/kWh, la prima a la producción de electricidad (3,42 c€/kWh) y la internalización de externalidades (8,08 c€/kWh).

⁴⁶ Consideramos que los beneficios extraordinarios obtenidos por los productores (área azul en gráfico 3.11.) serían reinvertidos en I+D.



Fuente: elaboración propia.

(punto de corte entre el coste social y el precio de venta en el mercado), incluso entonces permitiendo ampliar la intensidad del programa a más de 1.019 GWh.⁴⁷

Finalmente, no cabe sino corroborar cómo actualmente, para el recurso energético y ambiental aquí analizado, los precios y primas de la electricidad de él derivada no incorporan los efectos sociales totales, creando distorsiones en el mercado y produciendo asignaciones ineficientes que impiden en gran medida el desarrollo de este tipo de FER. Si efectivamente se internalizaran (incluso parcialmente) 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 un mayor peso de las FER respecto a las fuentes energéticas fósiles.

⁴⁷ Nótese que la internalización por un importe de 5,33 €/kWh implicaría, en una primera etapa (internalización + primas), beneficios extraordinarios que podrían ser invertidos en I+D, favoreciendo el avance tecnológico de la e-biomasa. Igualmente, en una segunda etapa (solamente internalización), el precio de venta medio en el mercado eléctrico superaría al coste social y, por tanto, se seguirían produciendo beneficios extraordinarios que nos permitirían alcanzar una situación de eficiencia tecnológica.

Bajo esta perspectiva, hemos analizado diferentes vías de intervención pública e internalización de externalidades. La Comisión Europea contempla las ayudas a FER como ayudas a favor del medio ambiente y establece una serie de directrices por las cuales se permite a los estados miembros diseñar programas que fomenten la penetración de las FER en el mercado energético. Uno de los objetivos prioritarios es la integración de los costes ambientales en los precios, para lo cual es necesario disponer de cuantificaciones de los costes sociales de las FER, muchos de ellos sin precios de mercado.

Por lo tanto, en la parte final de este capítulo hemos argumentado sobre la necesidad de internalización de costes sociales de las FER y planteado las vías de internalización de los mismos, centrándonos en el caso de la biomasa forestal. Como paso previo a tal internalización, sería conveniente eliminar todas aquellas subvenciones no justificadas a las energías más contaminantes, que son hasta 8 veces superiores que las correspondientes a FER. No debemos olvidar que estas subvenciones, tanto implícitas en forma de subsidios, como explícitas en forma de no internalización de los costes externos que generan, constituyen elementos distorsionantes en el sistema eléctrico y obstaculizan la libre elección y viabilidad de fuentes energéticas renovables.

El sistema español actual de ayudas públicas a FER se instrumenta a través de subvenciones directas y un sistema de primas de discriminación tarifaria positiva. Así, en el consumo de todas las fuentes energéticas se incluye un recargo en forma de impuesto energético-ambiental, que genera un fondo del que salen las primas a la producción de electricidad en régimen especial. Sin embargo, este fondo muestra una clara atonía para la e-biomasa, pues en la modulación de las primas no se consideran los costes sociales. De hecho, tales primas no llegan a compensar los costes privados de los productores de e-biomasa y, por tanto, no se logra la penetración de esta tecnología en el mercado (objetivo prioritario declarado en nuestras estrategias energéticas).

El caso de la biomasa es ciertamente particular pues, a diferencia de otras FER, se generan externalidades no sólo en la generación eléctrica, sino también en los procesos de abastecimiento de combustible. Esto es especialmente importante en el caso de la biomasa forestal, pues la retirada de los residuos de los montes genera beneficios sociales que también

deben ser internalizados. Por ello, planteamos dos líneas de ayudas: una a través primas destinada a internalizar los costes sociales (en nuestro caso daños evitados) de la generación eléctrica y otra a través de subvenciones directas al combustible, de forma que se internalicen los costes sociales generados por la retirada de biomasa forestal (programas silvoenergéticos).

En esta situación pasa a primer plano de qué manera el precio actual –y los costes– de un kWh de *electricidad verde* (biomasa forestal) o *negra* (carbón o hidrocarburos) incide en aquellos efectos externos. Pues de no incluirse las externalidades en los precios de mercado, los agentes no pagan ni por los beneficios que reciben ni por los perjuicios que generan. Esto favorece que se produzca una situación de infra-inversión y que las tecnologías de las energías renovables no sean desarrolladas a un nivel social óptimo.

Por ello una ampliación de nuestra investigación debiera plantearse –y responder– a la cuestión de si los consumidores, y la sociedad en su conjunto, estarían dispuestos a remunerar en la cuantía aquí perfilada la *electricidad verde* obtenida de biomasa secundaria forestal y/o penalizar la opción *negra*, y no sostenible, hoy dominante. Cuestión que abordaremos a continuación y que constituirá el eje central del capítulo 4 de esta monografía.

Una aplicación de valoración económica del beneficio social en la producción de electricidad con la biomasa forestal de los montes gallegos

1. Introducción

La economía ambiental surge del reconocimiento de que una causa de gran parte del deterioro ambiental reside en los fallos de mercado que se derivan del carácter público¹ de los bienes y servicios ambientales o de la presencia de externalidades² ambientales (Cropper y Oates, 1992). Es la presencia de fallos de mercado la que explica el incorrecto funcionamiento de los precios como indicadores de escasez y, en ausencia de intervención pública, la tendencia inexorable hacia la sobreexplotación de recursos y degradación ambiental. Sin embargo, la disminución o pérdida de bienes y servicios ambientales repercute indiscutiblemente sobre el bienestar individual y social. Es por ello que, en aras de mejorar la eficiencia en la gestión de los recursos, el Estado debe habilitar los adecuados mecanismos

- para incorporar en sus propias decisiones los efectos en el bienestar de los cambios ambientales y,
- para incentivar a consumidores y productores a incorporar todos los costes y beneficios de sus actividades, incluyendo aquellos para los que se observan fallos de mercado.

¹ Un bien público es aquel cuya utilización por parte de un individuo no reduce la posibilidad de su uso para los demás (no rivalidad), y además no es posible su reparto mediante el sistema de precios (exclusión).

² Decimos que existe una externalidad ambiental cuando la actividad de un agente económico afecta las posibilidades de producción o consumo de otro/s agente/s sin que medie compensación (Baumol y Oates, 1988).

Es evidente que, para introducir instrumentos correctores de los fallos de mercado, la Administración pública ha de contar con estimaciones económicas de costes y beneficios ambientales, entendidos como cambios negativos y positivos en el bienestar, respectivamente. Para estimar cambios en el bienestar en términos económicos, se han desarrollado una serie de métodos de valoración que serán descritos a lo largo del presente capítulo.

En el caso de la energía eléctrica, Menéndez (1997: 73) atribuye la difícil penetración de las fuentes de energía renovables a que su coste de producción final es generalmente superior al de las fuentes de energía basada en la combustión de materiales fósiles (fundamentalmente petróleo, carbón y gas natural). Sin embargo, los procesos de producción a partir de combustibles fósiles no incorporan determinados costes ambientales, que surgen tanto en la fase de extracción de la materia prima, como en el transporte, o en la fase de generación de la energía eléctrica. Estamos claramente en presencia de una externalidad ambiental negativa, pues este coste se transfiere a la sociedad en forma de enfermedades, deterioro del paisaje, disminución en calidad y/o cantidad de determinadas producciones, o incluso en gastos preventivos o costes de mitigación. De ello se ha ocupado el capítulo 2 de este informe.

Se podría concluir que, actualmente, la energía fósil está implícitamente subvencionada y ello implica que el precio que paga el consumidor final es inferior al precio socialmente óptimo que se obtendría si considerásemos los costes marginales totales de producción. La otra cara de la moneda la constituyen las FER, cuyo balance ambiental es mucho más positivo pero que, sin embargo y, debido a la subvención indirecta de la que disfrutaban las fuentes de energía basadas en combustibles fósiles, tienen dificultades para aparecer como una alternativa económicamente viable.³

Externalidad y fallo de mercado conducen a decisiones ineficientes por parte de productores y consumidores. En consecuencia, si deseamos

³ Tal y como hemos analizado en el capítulo 3, en la UE contamos con un sistema explícito de subvenciones a las FEC. Por lo tanto, los términos «implícitamente subvencionada» y «subvención indirecta» se refieren exclusivamente a aquellas subvenciones que se derivarían de la no inclusión de externalidades negativas en la función de costes de los productores de energía con FEC.

aplicar criterios de eficiencia en la gestión de recursos, es imprescindible que se apliquen instrumentos para internalizar los efectos externos, generados/negativos o evitados/positivos de las diferentes fuentes de energía, especialmente cuando se constata un diferencial negativo de costes privados de las fuentes de energía renovables frente a los combustibles fósiles.

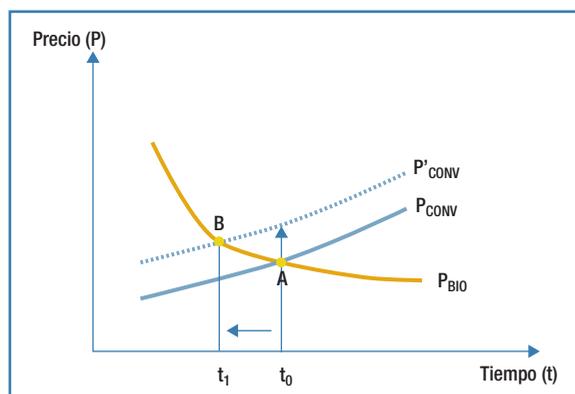
La internalización de los costes sociales y medioambientales en el precio de mercado reflejaría el coste total de la generación de un kWh atendiendo al tipo de fuente energética utilizado, corrigiendo los fallos de mercado existentes y permitiendo la penetración de las FER en los mercados (Hohmeyer, 1988; IDAE-MINER, 1999; Lechón, 2002), tal como desarrollamos en el capítulo anterior de este informe.

El Plan Español de Fomento de Energías Renovables (IDAE-MINER, 1999: 176) afirma que «la valoración debe buscar la rentabilidad de los recursos públicos puestos en juego, definida en términos energéticos, medioambientales, tecnológicos y sociales». Si esto no se hiciera, tecnologías como las renovables no penetrarían cuando debieran en el mercado, sino que lo harían en un plazo superior.

En los capítulos anteriores de este informe hemos constatado que los costes privados de generación de energía eléctrica a partir de la biomasa son más elevados que si la generación se realiza a partir de combustibles fósiles. Dado que la biomasa, como materia prima energética, no es competitiva en las condiciones actuales, es necesario realizar una evaluación de costes sociales totales para estimar las penalizaciones o compensaciones económicas que deben proporcionar las autoridades públicas (Cardiel *et al.*, 2001), en tanto que los beneficios generados y los costes externos evitados por la sustitución parcial de combustibles fósiles por biomasa, no se reflejan actualmente en los precios (Joaris, 1999).

En la figura 4.1 representamos la situación actual, en la cual el precio (coste) de la biomasa es inicialmente superior al de las energías convencionales. La curva de precios de mercado de la e-biomasa es decreciente, pues

Figura 4.1.
Tipología de costes y momento temporal de implantación de la e-biomasa



Fuente: elaboración propia.

se trata de una nueva tecnología que con el paso del tiempo, al aprovechar efectos de escala y de aprendizaje, disminuirá su precio en el mercado, pudiendo llegar a competir con las fuentes de energía eléctrica convencionales. Los precios de estas últimas son crecientes debido a su carácter de no renovables, es decir, a la escasez creciente de las mismas. A medida que pasa el tiempo, el stock es menor y el precio aumenta.

La biomasa sería competitiva respecto a las energías convencionales en el punto en el que el precio de ambas se iguale (A: cruce de las curvas P_{BIO} y P_{CONV}) en el instante del tiempo t_0 . Si tenemos en cuenta los efectos negativos de las energías convencionales, la curva de precios asociada a estas tecnologías se desplazaría (P'_{CONV}), estableciéndose un nuevo punto de equilibrio (B) y adelantándose el momento en el tiempo en el que la biomasa pasa a ser competitiva (t_1).

2. Métodos de valoración económica de externalidades ambientales: Preferencias declaradas vs. preferencias reveladas

Evolución Histórica de la Valoración Económica de Externalidades

La valoración económica tiene su origen en el análisis coste-beneficio (ACB), que surge a principios del siglo XX en EE. UU. cuando diferentes agencias federales empiezan a comparar los beneficios de diversos programas políticos en relación con los costes que suponen (Hanemann, 1992).⁴ A finales de la década de los cuarenta comienza un proceso de estandarización, consolidación y, por primera vez, compromiso académico con el ACB. Uno de los problemas para el análisis son los llamados «intangibles», es decir, bienes y servicios sin precio de mercado que pueden formar parte de los beneficios o costes de una política o un proyecto y que, al no tener asociado un valor monetario y, a pesar de poder ser identificados, no son considerados en el ACB.

En la década de los cincuenta y principios de los sesenta, el ACB comienza a ser un área de investigación muy atractiva para la economía del

⁴ Ante la ausencia de mercado, el ACB se fundamenta en un criterio de eficiencia o test de compensación a la hora de evaluar diferentes opciones (Bateman *et al.*, 2002).

bienestar aplicada en EE. UU. (Eckstein, 1958; Krutilla y Eckstein, 1958; Maas *et al.*, 1962; Hirschleifer *et al.*, 1960; Marglin, 1963; McKean, 1958). A consecuencia de las aportaciones teóricas y empíricas, en 1965, el ACB se encontraba ya perfectamente asentado como una rama de la economía del bienestar y como una herramienta de análisis del gasto público.

El mayor impulso del ACB se produjo a principios de los ochenta con la *Executive Order 12291* y la CERCLA (*Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act*). Se produce una interacción entre la comunidad académica y las agencias gubernamentales (*Forest Service, Federal Electric Utility Commission, Public Utility Commissions*), que empiezan a preocuparse por contabilizar valores económicos de beneficios intangibles a priori y, consecuentemente, por los métodos de valoración. Tal como señala Grubb *et al.* (1984), el ACB se posiciona como un procedimiento de rutina asociada en la evaluación de proyectos.⁵

Pese a que la CERCLA fue rechazada por la nueva administración de Reagan, que nombró al *Department of Interior* (DOI) como la agencia responsable de promulgar las regulaciones, en 1989 el *District of Columbia of the US Court of Appeals*, tras las apelaciones de diversos estados y grupos ambientales conocidas como el caso *Ohio vs. US Department of Interior*, concluyó que los valores de existencia deberían ser incluidos en la valoración de daños, con la condición de que no se produjese una doble contabilidad de los mismos y que los análisis estuvieran bien fundamentados y aplicados. Esta sentencia supuso, por tanto, un paso clave en el avance del ACB y de los métodos de valoración como instrumentos del mismo.

En Europa, el avance del ACB y, paralelamente, de los métodos de valoración, es más tardío que en Estados Unidos pues se produce en las décadas de los ochenta y noventa mientras que en Estados Unidos sucedió en los sesenta y setenta. La principal diferencia en la evolución de los métodos en los dos continentes es el reconocimiento sobre la validez de los mismos por parte de las agencias gubernamentales. Mientras que en Estados Unidos son ampliamente reconocidos, en Europa sólo parecen serlo

⁵ La investigación en ACB y, específicamente en métodos de valoración económica, creció vertiginosamente a mediados de los ochenta, alcanzando a mediados de los 90 más de la cuarta parte de las publicaciones en el *Journal of Environmental Economics and Management* (Deacon *et al.*, 1998).

en el Reino Unido y tímidamente en el resto de los países de la UE, en los que existe reticencia sobre su incorporación a la evaluación de proyectos.

Un caso excepcional es la *1995 Environment Act* en el Reino Unido, mediante la cual y bajo previa petición del Ministerio, se puede solicitar realizar ACB en casos particulares. Aunque se trata más bien de una medida de carácter informativo (ex-post) que sirve para justificar altas inversiones en programas de control ambiental; es decir, no es un requerimiento legal la realización de ACB en la evaluación de proyectos (Navrud y Pruckner, 1997). Sin embargo, esta regulación evoluciona en el tiempo con la *Regulatory Impact Assessment*, apareciendo el Reino Unido como el único país de la Unión Europea en el que la valoración económica se usa en el diseño de todas las nuevas regulaciones que así lo requieran. Así, a partir de finales de 1998, ninguna propuesta de regulación que afecte a las empresas, organizaciones sin ánimo de lucro u otros sectores sociales, puede ser considerada por el consejo de ministros sin realizar previamente una evaluación de impactos (RIA). Desde entonces, se han realizados RIAs sobre diversos proyectos: química, sustancias peligrosas, manufacturas, ruido, radiación, carreteras, trenes, ambiente de trabajo, etc. (*Regulatory Impact Unit*, 2003; HM Treasury, 2003).

A diferencia del Reino Unido, en España no se requiere una evaluación de impactos y, por tanto, el ACB no es un instrumento instaurado en el proceso de diseño de políticas públicas. La Administración pública alude tanto a la escasa disponibilidad y fiabilidad de datos para llevar a cabo un ACB como a sus limitaciones para analizar cuestiones medioambientales (Virani y Graham, 1998) para argumentar que el ACB no sea considerado como un requisito formal en la toma de decisiones.

En la UE se producen contradicciones pues, a pesar de reconocerse la importancia de la valoración económica, no existen indicios de que esta vaya a ser tenida en cuenta en la toma de decisiones políticas o judiciales como en el caso de EE.UU.⁶ Por ejemplo, en el Libro Verde de energía

⁶ Por ejemplo, en la Directiva sobre Responsabilidad Ambiental en relación con la prevención y reparación de daños medioambientales se dice: «Si no es posible utilizar criterios preferentes de equivalencia recurso-recurso o servicio-servicio, se aplicarán técnicas de valoración alternativas. La autoridad competente podrá prescribir el método, por ejemplo la valoración monetaria, para determinar la magnitud de las medidas reparadoras complementarias y compensatorias necesarias» (Directiva 2004/35/CE del Parlamento Europeo

de la UE (Comisión Europea, 1997), se reconoce que la internalización de los costes externos de la generación eléctrica es una pieza clave en la política energética y medioambiental de la UE pero, al mismo tiempo, estudios científicos de valoración de externalidades energéticas no son tenidos en cuenta en la elaboración de nuevas políticas.⁷

El intento más reciente para conseguir el avance de la valoración económica en Europa ha sido la creación de la red de excelencia de valoración (*Valuation Network of Excellence*), integrada por 132 investigadores europeos cuyas principales líneas de investigación son los recursos naturales, el medio ambiente, los métodos de valoración y el ACB. Tal y como argumentan Navrud y Pruckner (1997), la cooperación entre científicos está llamada a ser una de las piezas clave para introducir la racionalidad en las reglas de decisión de la Unión Europea.

En nuestro caso, debemos destacar dos interacciones entre valoración y regulación en Estados Unidos. La *Electric Consumers Protection Act of 1986*, base legal para el uso de los métodos de valoración económica para el estudio de externalidades del sector eléctrico, tiene en consideración impactos ambientales que se producen en la creación de nuevas centrales hidroeléctricas y en la renovación de los permisos de las ya existentes (Hanemann, 1992).

La segunda experiencia destacable se produce en 1988, cuando el *New Cork State Energy Research & Development Authority*, tomando como referencia el estudio sobre costes externos de la energía de Hohmeyer (1988), realiza el mayor estudio en EE. UU. sobre costes ambientales

y del Consejo de 21 de abril de 2004, Diario Oficial de la Unión Europea L143 30-04-04). En la propuesta de esta directiva se argumentaba que «la valoración de los daños a los recursos naturales sigue siendo causa de controversia, aunque es imprescindible para alcanzar los objetivos ambientales que persigue esta propuesta. Las dificultades que presenta y la controversia que suscita la evaluación de los daños a los recursos naturales se resolvieron con un criterio valorativo que favorece la reparación frente a las medidas monetarias, en buena medida porque los costes de la reparación son más fáciles de calcular, utilizan menos metodologías de valoración económica escasamente probadas y pueden verificarse a posteriori» (COM (2002) 17 final).

⁷ Así por ejemplo, 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), no se considera ninguna cuantificación de externalidades de la energía, como por ejemplo la realizada en el proyecto ExternE.

de la generación eléctrica (*Pace University Center for Environmental Legal Studie*, 1991). Resaltamos esta experiencia⁸ ya no sólo por su envergadura sino también por las repercusiones que tuvo pues, sólo quince años después, se crearon multitud de *Public Utility Commissions* para informar sobre los costes externos de la producción eléctrica en la evaluación de sus proyectos (Hanemann, 1992).

En Europa y también referente al sector energético, la Comisión Europea, en colaboración con el *US Department of Energy*, crea el proyecto **ExternE** (*External Costs of Fuel Cycles*) que, al igual que en EE. UU.,⁹ utiliza una aproximación de función de daños para analizar las externalidades negativas de la generación eléctrica mediante diversas tecnologías. Tal y como señalan Navrud y Pruckner (1997), se trata de investigaciones en las cuales se estiman los daños relativos que producen diferentes tecnologías de producción eléctrica con el objetivo de introducir los resultados en la función de producción privada de los productores, internalizando así las externalidades negativas.¹⁰

Actualmente, están en marcha otras extensiones de ExternE, mitigando algunas de las carencias del proyecto original. Así por ejemplo en el proyecto **NewExt** (*New Elements for the Assessment of External Costs from Energy Technologies*) se enmarcan diversas tareas como la valoración monetaria del riesgo de mortalidad, evaluación de daños sobre el suelo, aire y agua, efectos de los vertidos de petróleo, etc. Y, al mismo tiempo, el proyecto **ExternE-Pol** avanza en la configuración de un marco contable y el diseño de aplicaciones políticas.

Sin embargo, la crítica fundamental a estas experiencias que utilizan el método de función de daños, es que solamente tienen en cuenta algunos de los componentes de los costes sociales totales. Como ya hemos dis-

⁸ Para otros análisis de costes externos de la generación de electricidad, véase por ejemplo Desvousges *et al.* (1995). Krupnick y Burtraw (1996) revisan otros estudios sobre costes sociales de electricidad y presentan una discusión sobre la validez y transferibilidad de las estimaciones de daños.

⁹ Aunque no con las repercusiones legales que se dan en EE. UU.

¹⁰ Finalmente, es difícil pasar de la mera identificación y cuantificación de externalidades, pues las reglamentaciones no contemplan la valoración de externalidades, es decir, no se dan las condiciones necesarias para la internalización real.

cutido en capítulos anteriores,¹¹ esta aproximación es altamente mejorable pues multitud de costes externos, así como todos los beneficios externos y los costes evitados, quedan fuera del análisis. Tal y como argumentan Mitchell y Carson (1989: 75), en base a Maler (1974) y Freeman (1979), estos métodos, en el mejor de los casos, sirven como una primera aproximación del beneficio, pudiendo crear en muchos casos, estimaciones distorsionadas.

Tipología de Valores y Métodos de Valoración

En general, el principal problema se centra en una confusión de fondo respecto al concepto de valor. En el ámbito de la economía se asociaba valor exclusivamente con «valor de mercado», por lo que solamente aquellos bienes que se intercambiaban en el mercado podrían ser expresados en una unidad monetaria común de valor, el precio. Por lo tanto, los intangibles tendrían un precio nulo y, bajo este supuesto, no tendrían valor.

Los trabajos seminales de Weisbrod (1964) y Krutilla (1967) apuntan hacia lo que hoy se denomina valor de opción y valor de existencia o no uso. El fundamento de estos tipos de valor es la consideración del medio natural como un bien público. La valoración que los individuos hacen del mismo va más allá del valor comercializable derivado del mismo, e incluso del valor de uso directo.¹² Además, la complejidad de estos valores radica en que es heterogénea entre los individuos, pues no todos tienen un análogo patrón de preferencias sobre las mismas condiciones medioambientales.

Para medir el valor de bienes y servicios que no se intercambian en el mercado, se desarrollan los métodos de valoración económica, que se clasifican en dos subgrupos: métodos de preferencias reveladas y métodos de preferencias declaradas. A continuación veremos cuáles son los valores que pueden recoger los dos tipos de métodos, que aparecen recogidos en el cuadro 4.1.

¹¹ Específicamente en el capítulo 2.

¹² Una síntesis restringida al objetivo central de esta investigación se presentó en el capítulo 2 (cuadro 2.8.).

Cuadro 4.1. Métodos de valoración económica

	Preferencias reveladas <i>Revealed Preferences</i>	Preferencias declaradas <i>Stated Preferences</i>
	Costes de viaje <i>Travel Costs</i>	Valoración contingente <i>Contingent Valuation</i>
Preferencias individuales	Precios hedónicos <i>Hedonic Prices</i> Costes evitados <i>Averting Costs</i> Tasación de daños <i>Market Prices</i> Costes de reposición <i>Replacement Costs</i>	Métodos multiatributo <i>Choice Modelling</i>
Preferencias colectivas	Valoración implícita <i>Implicit Valuation</i>	Análisis multicriterio <i>Multi Criteria Analysis</i> Método Delphi <i>Delphi Method</i>
	Transferencia de resultados <i>Benefit Transfer</i>	

Fuente: elaboración propia.

Los métodos indirectos o de preferencias reveladas se basan en la demanda de bienes complementarios o sustitutivos del bien a valorar. Se apoyan en una relación dosis-respuesta entre el bien medioambiental y algún otro bien de mercado (con un precio asociado) relacionado con el mismo. Entonces, al basarse en bienes y servicios con un mercado relacionado, en el análisis se utilizarán demandas marshallianas. Entre los métodos indirectos, destacan el Método de los Precios Hedónicos (MPH) y el Método de Costes de Viaje (MCV) (recuadros 4.1 y 4.2).

Recuadro 4.1. Método de precios hedónicos

La teoría de los precios hedónicos fue desarrollada por Rosen (1974). El método de precios hedónicos se basa en identificar qué parte del valor de un bien con mercado se debe a determinadas características, entre las que pueden estar las medioambientales (Pearce y Turner, 1990). De esta forma, se puede inferir la DP de la población por una mejora medioambiental y el valor social de la misma. El modo de inferir este valor es a través de modelos econométricos que relacionan el precio de una propiedad con un conjunto de variables explicativas que la caracterizan. Por ello, si alguna variable medioambiental es significativa para el precio de la propiedad, podemos relacionar el coeficiente estimado con la disposición (marginal) a pagar por ese bien ambiental.

Fuente: elaboración propia.

Recuadro 4.2. Método de costes de viaje

A finales de la década de los 40, Hotelling propuso lo que hoy se conoce como método de los costes de viaje. Hotelling consideró que el uso de espacios naturales podía asociarse a costes como, por ejemplo, los derivados del desplazamiento al lugar. Este coste varía para los visitantes que provienen de diferentes regiones. Si se es capaz de averiguar el coste de viaje de diferentes individuos y lo tomamos como referencia, podremos construir una función de demanda para las visitas a un determinado espacio natural, determinando, por tanto, el valor de recreación del mismo. Sin embargo, su idea no se lleva a la práctica hasta finales de los años sesenta (Clawson, 1959; Trice y Wood, 1958), produciéndose el refinamiento del MCV entre 1965 y 1980.

Entonces, el método de los costes de viaje está basado en una extensión de la teoría de demanda del consumidor, con especial aplicación a modelos de demanda recreativa. Existen dos formas básicas de aplicar el MCV:

- Coste de viaje zonal: radica en el análisis de la disposición a desplazarse por parte de diferentes individuos, repartidos en zonas no equidistantes al lugar objeto de estudio.
- Coste de viaje individual: indaga sobre la demanda individual por las visitas atendiendo a las características particulares del individuo y al coste de desplazamiento en el que incurre. El supuesto principal es que el beneficio de una visita está relacionado tanto con el coste de desplazamiento como con el bien a valorar. Se trata de estimar cómo varía el comportamiento de una unidad de análisis (familia, individuo,...) ante cambios en la calidad de un espacio natural. El coste de visitar un espacio se divide, entre otros, en el coste de entrada, de manutención y los costes de desplazamiento, incluyendo el tiempo que se emplea en realizar el viaje. Indagando sobre estos valores, podremos construir una función de demanda y calcular los beneficios del espacio a través del excedente del consumidor.

Fuente: elaboración propia.

Los métodos de preferencias reveladas permiten estimar el valor de usuario, es decir, el valor de uso actual y el valor de opción. El valor de uso actual viene determinado por el precio que los individuos pagan en el mercado por los bienes y servicios que consumen.

$$\text{Valor de usuario} = \text{Valor de uso actual} + \text{Valor de opción}$$

La cantidad que el individuo está dispuesto a pagar por un bien ambiental está relacionada con el incremento en el bienestar que espera recibir de ese bien, es decir, el excedente del consumidor. En un mundo con incertidumbre, los individuos podrían pagar más que el excedente de consumidor esperado para asegurar que pueden hacer uso del bien ambiental en el futuro.

Mitchell y Carson (1989: 70) definen valor de opción como la cantidad que estaría dispuesto a pagar un individuo por tener la seguridad de que podrá consumir ese bien en el futuro a un precio determinado, lo que viene a definir el valor de opción como un contrato de compra futura.

El valor de opción puede estar formado tanto por el valor de uso futuro del propio individuo, como el de futuras generaciones y el de otros individuos.

$$\text{Valor de opción} = \text{Valor futuro (individual + futuras generaciones + de otros individuos)}$$

Los métodos de preferencias reveladas se basan en decisiones reales y esa es su principal ventaja pero, al mismo tiempo, presentan dos serias desventajas pues no proporcionan valores de no uso (existencia) y, además, sólo pueden ser aplicados ex-post (Pinto *et al.*, 2003). Entonces, los métodos de preferencias reveladas no pueden medir el valor económico total al no ser capaces de estimar el valor de existencia que, junto al valor de usuario, conforma el valor económico total.¹³

$$\text{Valor económico total} = \text{Valor de uso} + \text{Valor de opción} + \text{Valor de existencia}$$

El valor de existencia no está asociado ni a usos actuales ni a futuros. El motivo de simpatía, tanto por los espacios como por las personas, es el más relevante para el valor de existencia. Notemos que seguimos una perspectiva antropocéntrica, donde la economía es entendida como una ciencia social y que, por tanto, sólo captura valores para la sociedad. Se excluyen, por tanto, valores derivados de los derechos de los no humanos y los motivos gáianos, pues éstos no son referidos a la sociedad.

Sólo los métodos de preferencias declaradas podrán medir el valor económico total de bienes y servicios ambientales (Bateman *et al.*, 2002, Navrud y Pruckner, 1997). Estos métodos se basan en la construcción de un escenario o mercado simulado en el cual los individuos declaran sus preferencias acerca de un cambio medioambiental. Por lo tanto, las medidas de bienestar estimadas serán contingentes al escenario construido, no valorándose el bien en sí mismo sino un programa de provisión de dicho bien (Mitchell, 2002). Al no basarse en decisiones tomadas en el mercado real, pueden ser aplicados ex-ante (Mitchell y Carson, 1989: 89).

¹³ El valor económico total es equivalente a la DP o DA real (Carson *et al.*, 2001).

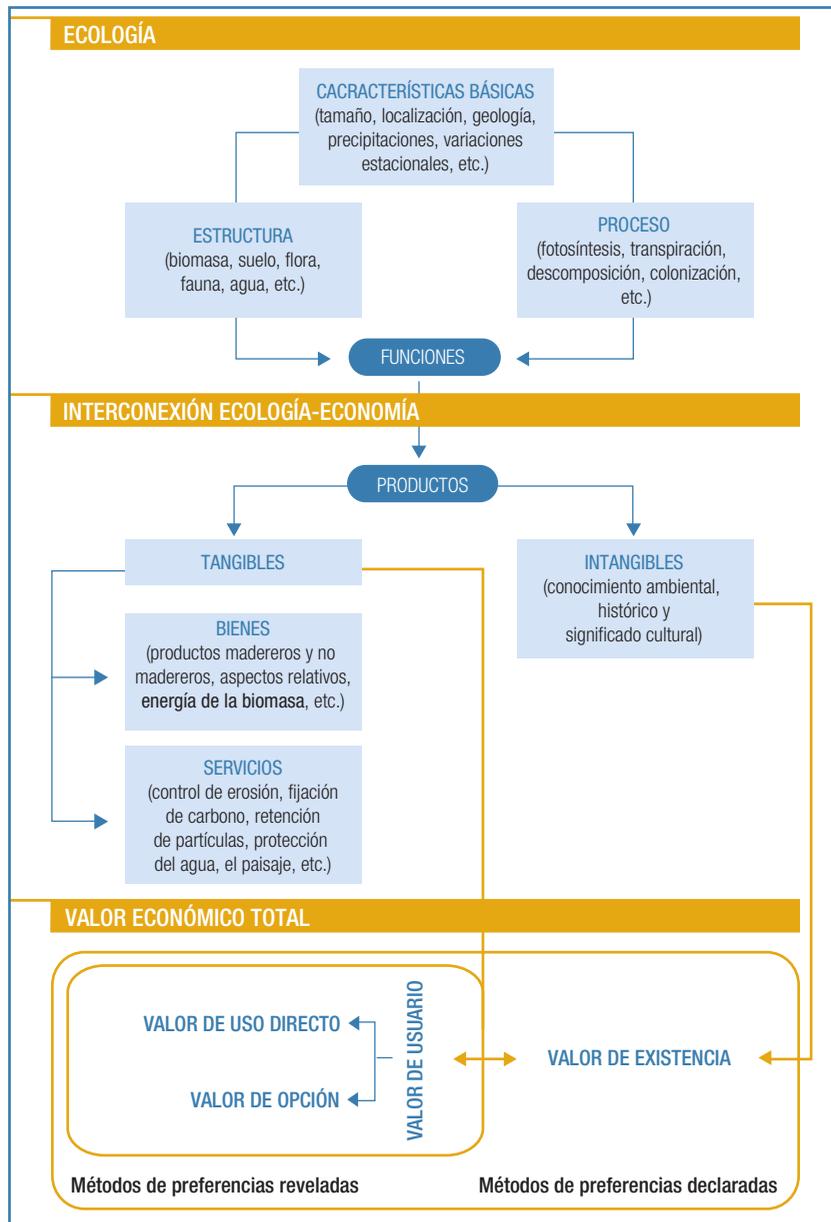
Al ser métodos hipotéticos que preguntan directamente por las preferencias de los individuos sobre un conjunto de bienes y servicios para los cuales no existe mercado, se utilizan funciones de demanda hicksianas. Recordemos que, a diferencia de las demandas marshallianas, las demandas hicksianas dependen de la utilidad y, por tanto, no son directamente observables (véase anexo I).

Para explicar la descomposición de diferentes valores asociados a un bien público, disertados en párrafos anteriores, utilizaremos el ejemplo de los bosques, próximo al recurso forestal (biomasa) que aquí se analizará (figura 4.2.). Las funciones de un bosque se derivan de sus características básicas, de su estructura y de los procesos que se producen en su desarrollo, es decir, de sus características ecológicas. La interacción entre ecología y economía da lugar a que tales funciones se transformen en productos, que pueden ser bienes o servicios, tangibles o intangibles. Los segundos no tienen asociado un precio de mercado y, entre los tangibles, sólo algunos son comercializados (al igual que sucedería con nuestro cuadro 2.8.).

Por lo tanto, los intangibles tendrán asociado exclusivamente un valor de existencia y los tangibles podrán combinar valores de uso, de opción y de existencia. Considerar exclusivamente bienes y servicios con mercado y, por tanto, tener en cuenta solamente los valores de uso (analizados tradicionalmente en economía), nos lleva a un análisis parcial pues, tal y como vemos, esos valores atienden solamente a una fracción del valor económico total.

Mientras que el análisis económico tradicional solamente recogería el valor de uso, el avance del ACB y los métodos de valoración permitió considerar otros tipos de valores. Así, con los métodos de preferencias reveladas, se dieron los primeros pasos para calcular el valor total de usuario, imputando entonces un precio al valor de opción de los bienes y servicios tangibles que no se intercambian en el mercado. Sin embargo, estos métodos no permitirían calcular el valor económico total de un bosque (o cualquier otro bien ambiental) pues todavía se dejarían fuera del análisis los valores de existencia, tanto de bienes y servicios tangibles sin mercado como de intangibles, no analizados desde la teoría económica. La evolución en los métodos y, sobre todo de la valoración contingente, hizo posible estimar el valor económico total, pues con ellos se pueden recoger todas las tipologías de valor, incluyendo el de existencia.

Figura 4.2.
Funciones y valores de los bosques



Fuente: elaboración propia sobre Willis *et al.* (2000).

3. El método de valoración contingente

En el mismo año que Hotelling establecía las bases del MCV, Ciriacy-Wantrup (1947) sugiere por primera vez una técnica de valoración económica que acabaría por denominarse método de valoración contingente (MVC). Partiendo de que existen cierto tipo de intangibles para los cuales no es posible observar una función de demanda, pues no existe mercado para el bien en cuestión ni bienes o servicios que proporcionen mercados subrogados válidos para crear inferencias, plantean la posibilidad de preguntar directamente a los individuos sobre su variación compensatoria o variación equivalente para conocer sus preferencias respecto del intangible objeto de estudio.

La primera aplicación, recogida en Mack y Myers (1965), se realizaría en 1958 por el *National Park Service*. Dos años antes aparece una tesis doctoral que es considerada como la primera encuesta de valoración contingente publicada (Davis, 1963). Es en 1979, después de realizarse otras aplicaciones¹⁴ y de producirse una amplia discusión sobre los fundamentos de la valoración económica de bienes sin mercado, cuando comienza a producirse el reconocimiento oficial al MVC en EE. UU. El *Water Resources Council* aprueba tanto el MVC como el MCV como adecuados para el estudio de *intangibles*. Sin embargo, una gran ventaja favorece la valoración contingente pues, como detallaremos posteriormente, es el único método que puede recoger el valor total de esos *intangibles*, al ser el único capaz de analizar el valor de existencia (Hanemann, 1992; Mitchell y Carson, 1989; Carson *et al.*, 1994; Navrud y Pruckner, 1997; Bateman *et al.*, 2002).

Este reconocimiento sería definitivo diez años más tarde cuando, pocos meses después de la ratificación de la CERCLA, las resoluciones de *Ohio vs. DOI* fueron aplicadas en el proceso legal que se inició en contra de la compañía *Exxonmobil* por el vertido de petróleo del *Exxon Valdez* en las costas de Alaska. En este proceso judicial se tuvieron en cuenta cuantificaciones realizadas con el método de valoración contingente

¹⁴ Véase, por ejemplo, Mitchell y Carson (1989), Hanemann (1992) y Carson *et al.* (1995).

sobre valores de no uso, que contribuyeron a que se dictaminase una indemnización final que supuso más de 5.000 millones de euros, sentencia actualmente recurrida por la compañía petrolera.

En este proceso, la NOAA encargó a un panel de expertos –*Blue Ribbon Panel*– en el cual se encontraban dos premios Nobel de economía –*Kenneth Arrow* y *Robert Solow*– un informe sobre la validez del MVC para la valoración de daños al medio ambiente y los recursos naturales. Este panel concluyó que, siguiendo una serie de recomendaciones (cuadro 4.2.), la valoración contingente era un método fundamentado desde la perspectiva de la teoría económica que daría unas estimaciones robustas del valor económico total de bienes y servicios sin mercado.

Siguiendo las recomendaciones generales de la NOAA para un análisis de valoración contingente (vc), la muestra debe adaptarse a las características de la población (muestreo aleatorio y estratificación real), de forma que una vez obtenidos los resultados de DP se puedan agregar a un conjunto más amplio de población.

Es recomendable realizar pretests del cuestionario para comprobar que los individuos entienden su contenido y aceptan las principales cuestiones del mismo. Carson *et al.* (1994), respecto al diseño preliminar del cuestionario, recomiendan el uso de grupos de enfoque, sobre todo si se trata de un tópico novedoso como sucederá en nuestro caso.

Hay que realizar por tanto un diseño cuidadoso del cuestionario, de forma que sea comprensible, creíble y se minimicen las no respuestas. Merece especial atención las no-respuestas a la pregunta de valoración. Las no-respuestas son legítimas y lo normal es que se produzcan (Mitchell, 2002). Sin embargo, se han de introducir los mecanismos adecuados en el cuestionario para saber por qué los entrevistados están dispuestos a pagar o no por el cambio propuesto (seguimiento de respuestas afirmativas y negativas).

Las encuestas deben ser personales, preferiblemente cara a cara, pues este formato ofrece ventajas en cuanto a motivación del entrevistado (ratios de respuesta más altos) y permite usar complementos gráficos. Finalmente, el informe final debe incluir el cuestionario utilizado (anexo III) y una descripción de los pasos dados en el análisis.

A pesar de la indudable importancia del informe del *Blue Ribbon Panel*, no deben dejar de mencionarse dos referencias cruciales para su

elaboración y, por tanto, para la evolución del MVC, como son el análisis de Carson *et al.* (1994) sobre el vertido del Exxon Valdez y el manual sobre el método publicado en 1989 por Robert C. Mitchell y Richard T. Carson, en el cual ya argumentaban sobre la robustez del método para calcular el valor económico total y desarrollaban diversas consideraciones recogidas en la guía de recomendaciones de la NOAA.

El Panel de la NOAA concluye, por tanto, que los estudios de VC que sigan estas recomendaciones originarían estimaciones lo suficientemente robustas como para ser incluidas en procesos judiciales de valoración de daños, incluyéndose entonces los valores de existencia. En base al informe del Panel, el *Federal Register* (NOAA, 1996) se suma a la definición de valor como la suma de valor de uso y no uso, y afirma que los segundos pueden ser monetarizados e incluidos en procesos judiciales siempre y cuando las valoraciones sean coste-efectivas. Además, entre los métodos que reconoce como válidos (MCV, MPH, etc.), afirma que la VC es el único que puede estimar el valor de no uso.

Pese al avance en la valoración contingente, se constata la necesidad de una mayor investigación sobre el método. Así, críticos del método como Portney (1994) afirman que

incluso el estudio de Carson *et al.* (1994) no es suficiente para justificar sanciones monetarias, surgiendo dudas sobre el proceso cognitivo, la racionalidad y naturaleza de las preferencias, etc. Por su parte, Johansson-Stenman (1998) incide en que es necesario investigar más sobre las motivaciones por las cuales los individuos declaran sus preferencias. Sin embargo, tal razonamiento no le lleva a concluir que la DP no sea una medida de bienestar plausible, sino a la necesidad de investigar más sobre otros procesos (éticos, psicológicos, filantrópicos, etc.) que afectan a la declaración de preferencias y, por lo tanto, de valor económico total.

Cuadro 4.2. Recomendaciones de la NOAA	
Consideraciones generales	
<input type="checkbox"/>	Muestreo aleatorio y estratificación real
<input type="checkbox"/>	Minimizar no respuestas
<input type="checkbox"/>	Encuestas personales
<input type="checkbox"/>	Pretest de encuestadores
<input type="checkbox"/>	Pretest del cuestionario
<input type="checkbox"/>	Informe final
Criterios para valorar las encuestas	
<input type="checkbox"/>	Diseño conservador
<input type="checkbox"/>	Formato de referéndum
<input type="checkbox"/>	Utilizar disposición a pagar
<input type="checkbox"/>	Preguntas de formato binario o dicotómico
<input type="checkbox"/>	Descripción precisa del programa
<input type="checkbox"/>	Pretest de ayudas visuales
<input type="checkbox"/>	Recordatorio de sustitutos y restricción presupuestaria
<input type="checkbox"/>	Dilación en el tiempo
<input type="checkbox"/>	Opción de no responder
<input type="checkbox"/>	Preguntas de seguimiento
<input type="checkbox"/>	Tabulaciones cruzadas
<input type="checkbox"/>	Verificar comprensión y aceptación

Fuente: elaboración propia sobre Arrow *et al.* (1993).

En general, las etapas que ha de seguir cualquier investigación que requiera la aplicación de algún método de preferencias declaradas aparecen ordenadas y estructuradas en la figura 4.3. Todos estos métodos parten del análisis cualitativo del problema a investigar, que es imprescindible para conocer el estado de la investigación en el tema y definir los objetivos del estudio. Esta primera fase requiere información interdisciplinar, normalmente relacionada con el problema a estudiar o las tecnologías o métodos a evaluar. Las siguientes fases constituyen la aplicación metodológica propiamente dicha y requieren decisiones sobre elementos clave del cuestionario.

Así, es necesario elegir el método de encuestación y el formato de valoración adecuado, proceder al diseño del cuestionario y decidir la población objetivo. Es imprescindible realizar las pruebas necesarias para garantizar que el escenario hipotético descrito en el cuestionario sea realista, comprensible y no introduzca elementos distorsionantes en las decisiones de los individuos. Una vez superadas las pruebas e incorporadas las modificaciones que las mismas nos sugieran, se procede a realizar la encuesta definitiva a una muestra representativa de la población objetivo de estudio.

Con los datos obtenidos se aplican los necesarios procedimientos de análisis estadístico y econométrico, que nos proporcionan valores económicos de los cambios en el bienestar, y se incluyen las pruebas de fiabilidad y validez oportunas. Finalmente, siempre que éste sea el objetivo del estudio, se procede a agregar las magnitudes individuales que nos proporcionan los modelos de estimación, para obtener el indicador del beneficio o coste social que buscábamos.

Una de las cuestiones clave en la investigación en valoración contingente (extensible a todos los métodos de preferencias declaradas) es que el escenario debe ser creíble, por lo que, además especificar el bien a valorar y emular un mercado real, se describirá el marco institucional en el cual será provisto. La credibilidad del escenario será más fácil de alcanzar cuando el individuo esté familiarizado con el bien, el contexto, la forma de provisión y el medio/instrumento de pago (Mitchell y Carson, 1989). Si falta realismo y credibilidad, existirá más probabilidad de presencia de comportamientos estratégicos y sesgos hipotéticos por parte de los individuos. Este problema se minimiza mediante la realización de prue-

bas exhaustivas del cuestionario en las fases previas a su aplicación definitiva. En el cuestionario se pueden incluir asimismo preguntas diseñadas para detectar si el escenario es realista (Arrow *et al.*, 1993). Al mismo tiempo, el objetivo de construir un escenario realista puede provocar un sesgo de exceso de información (Mitchell y Carson, 1989: 216).

Un estudio de VC que intenta estimar la DP media por una determinada mejora ambiental, debe preguntar también los motivos por los que los individuos realizan sus elecciones. El hecho de valorar en términos monetarios un cambio determinado en un bien público o cuasi-público no es familiar para la mayoría de la población (Mitchell y Carson, 1989: 116). Es por ello necesario reincidir en la importancia del diseño del cuestionario para construir un mercado creíble, comprensible y significativo para la población (Mitchell y Carson, 1989: 120).

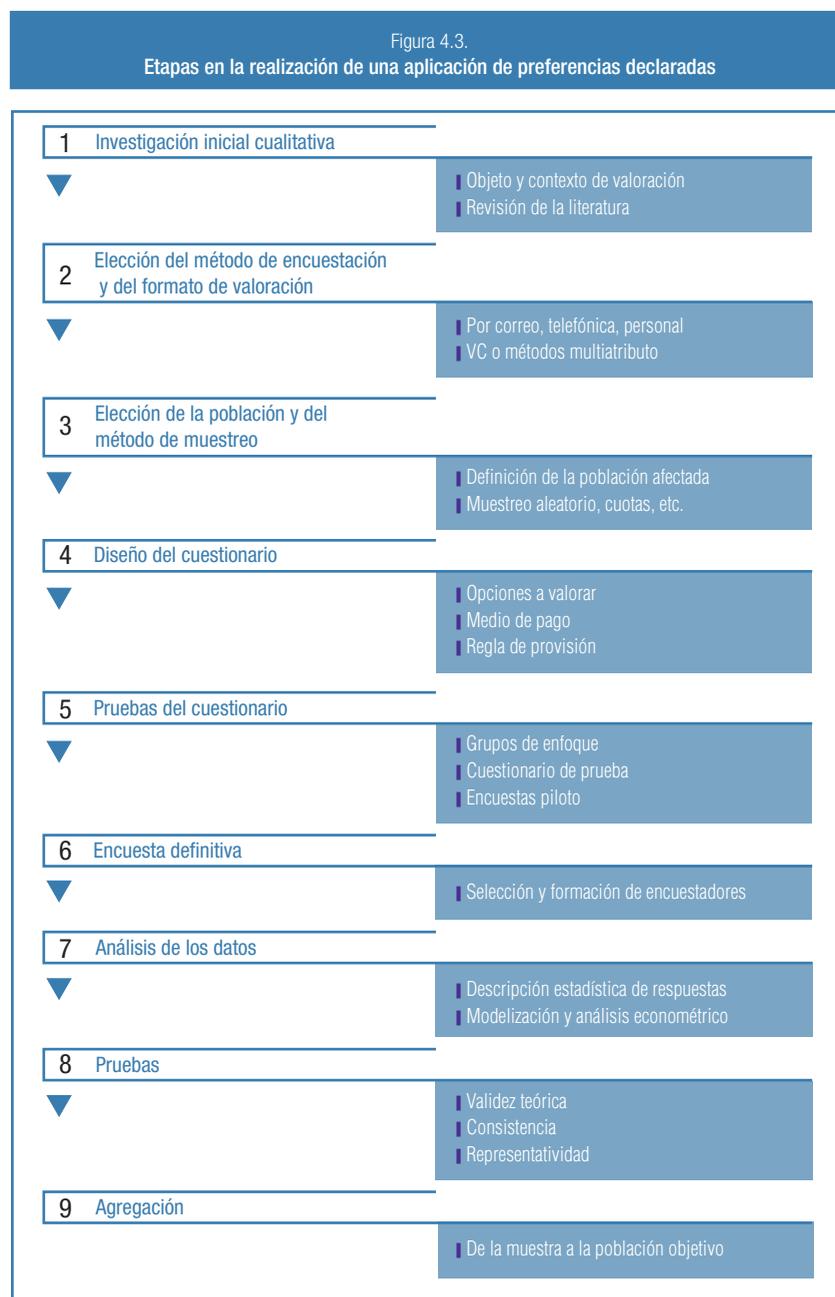
La construcción del cuestionario se divide en 3 partes fundamentales (NOAA, 1996; Mitchell y Carson, 1989; Mitchell, 2002; Bateman *et al.*, 2002):

- Preguntas sobre conocimiento del bien a valorar, actitudes y percepciones.
- Valoración: descripción del bien a valorar y el contexto de provisión, preguntas de valoración y de seguimiento.
- Recoger datos socio-económicos que permitan interpretar y validar las respuestas obtenidas.

Precisamente la principal contribución del panel de la NOAA, es decir, esa guía de referencia para el correcto diseño de un escenario de valoración contingente, ha constituido la base de una de las principales críticas al método pues no existe mención alguna sobre cuánto se puede desviar un estudio de esas recomendaciones para seguir obteniendo resultados válidos (Smith, 1994; Navrud y Pruckner, 1997). Diamond y Hausman (1994) afirman que la constatación de que los estudios que no siguen esas recomendaciones no son fiables, no implica que aquellos que sí las siguen lo sean necesariamente.

Además de ésta, Carson *et al.* (1994) recopila otras tres críticas habituales al método:

- **Disposición a pagar por cualquier buena causa** (*warm glow*). Diamond y Hausman (1994) argumentan que seguir las recomendaciones



Fuente: elaboración propia.

de la NOAA no es garantía de que las respuestas no estén dominadas por un efecto de *warm glow*. Si se verificase la presencia de este sesgo, la DP se interpretaría como un índice de satisfacción moral y, por tanto, no sería una medida de valor económico (Kahneman y Knetsch, 1992). Sin embargo, Hanemann (1994) afirma que no conoce evidencia empírica de que los ciudadanos estén dispuestos a incrementar sus propios impuestos por «una buena causa» *per se*.

■ **Incredibilidad del pago de la cantidad revelada** (*sesgo hipotético*). Los críticos al método aluden a que los individuos se comportan estratégicamente y no revelan su DP o DA real. Por el contrario, si se diseña un escenario real y creíble, se evitaría este problema pues los individuos no tendrían incentivos a comportarse estratégicamente (Mitchell y Carson, 1989).

■ **Insensibilidad ante cambios en calidad o cantidad de bien ofertado** (*embedding effect*). El término *embedding effect* fue introducido por Kahneman y Knetsch (1992) y se produce cuando las respuestas de los individuos no son sensibles ante cambios en la dimensión del programa objeto de estudio. Existen varias aplicaciones¹⁵ que analizan la presencia del *embedding effect*. Por ejemplo, Smith y Osborne (1996) rebaten a Diamond y Hausman (1994), quienes habían constatado la presencia de este sesgo en vario análisis de VC, realizando un meta-análisis de consistencia interna en el que comprueban que la intensidad de respuestas de estudios de VC es sensible a cambios en cantidad y/o calidad de los proyectos evaluados

Sesgos en valoración contingente

En líneas generales, los principales ataques que se hacen al método aluden a la presencia de sesgos en el análisis. Los principales sesgos del MVC son de tipo estratégico, de diseño, hipotético y operacional (Pearce y Turner, 1990). Mitchell y Carson (1989) establecen una clasificación detallada de los diferentes tipos de sesgos que se pueden producir en un estudio de valoración contingente (cuadro 4.3.).

¹⁵ Véase Carson *et al.* (2001) para consultar otras aplicaciones.

Los sesgos de incentivos a dar respuestas falsas se producen cuando los individuos no declaran su disposición a pagar real, ya sea por un comportamiento estratégico o por complacencia. Los sesgos agrupados como pistas implícitas a la valoración ocurren cuando algún elemento del escenario es tomado como una medida correcta del cambio de bienestar a evaluar. Es decir, cuando los individuos utilizan elementos del cuestionario como referencia para ajustar su respuesta de valoración (Kahneman *et al.*, 1982).

Cuadro 4.3. Sesgos en valoración contingente

Incentivos de dar respuestas falsas	Sesgo estratégico	
	Sesgo de complacencia	Sesgo del financiador Sesgo del entrevistador
Pistas implícitas para la valoración	Sesgo del punto de partida	
	Sesgo del rango	
	Sesgo relacional	
	Sesgo de importancia	
	Sesgo de posición	
Especificación incorrecta del escenario	Especificación teórica incorrecta	
	Sesgo de especificación del bien	Simbólico
		Geográfico
		Todo-parte
		Beneficios
		Paquete político
	Métrico	
	Sesgo de especificación incorrecta del contexto	Probabilidad de provisión
		Vehículo de pago
		Derecho de propiedad
		Método de provisión
		Restricción presupuestaria
		Formato de pregunta
Contexto		
Ordenación		
Diseño de muestreo u obtención de datos incorrecto	Sesgo de elección de población	
	Sesgo de muestreo	
	Sesgo de no respuesta	Rechaza participar
		No sabe
		Respuesta protesta
Respuestas sin consistencia o con incoherencias		
Sesgo de selección		
Sesgos de inferencia	Temporal	
	Secuencia de agregación	Geográfica Múltiples bienes

Fuente: elaboración propia sobre Mitchell y Carson (1989).

La especificación incorrecta del escenario se produce cuando no se responde al escenario contingente, es decir, cuando el entrevistado no entiende el escenario tal y como el investigador pretende.¹⁶ Los problemas de incorrecto muestreo y obtención de datos se derivan de fallos en los procesos de identificación de la población afectada, de los individuos de la muestra y del proceso de obtención de la DP. Finalmente, los sesgos de inferencia se producen a la hora de incluir las estimaciones de cambio de bienestar en el diseño de políticas, ya sea porque el escenario de valoración experimente un desfase temporal o geográfico o porque se utilizan estimaciones procedentes de diferentes análisis (peligro de doble contabilización).

La ausencia de sesgos en el análisis puede ser entendida como una prueba de fiabilidad y robustez de las estimaciones. Sin embargo, la mayor parte de los sesgos dependen de la definición del cuestionario y se basan en una interpretación errónea de lo que deseamos estimar. Debemos recordar además el concepto de contingencia, por lo que hay determinadas características del mercado que influyen y deben influir en el valor.

En relación a los métodos para la realización de encuestas en valoración contingente, cada alternativa tiene sus ventajas e inconvenientes:

- Personal. Permite utilizar medios gráficos, favorece la atención del entrevistado, puede ser larga aunque es costosa y puede presentar sesgos derivados de la influencia del encuestador.
- Telefónica. Dificultad de tener una muestra representativa de la población, limitación de tiempo y de descripción del bien, necesita familiaridad y no complejidad. Es relativamente poco costosa.
- Por correo. Baja tasa de respuesta, se pierde el efecto del orden de las preguntas, se pueden utilizar medios gráficos y se da tiempo al individuo para reflexionar. Es la modalidad menos costosa.

¹⁶ En el caso de especificación teórica incorrecta, el sesgo está presente porque el escenario está mal especificado en términos de teoría económica o no se adapta a las líneas fundamentales de la política a analizar o a la situación real.

4. Una aplicación a los beneficios sociales de la biomasa forestal para generación de electricidad

La valoración económica de los beneficios sociales de la biomasa forestal para generación de electricidad se realizó mediante la aplicación de un cuestionario (anexo III) a una muestra representativa de la población gallega (anexo II). La revisión y resultados obtenidos en los capítulos anteriores, así como la revisión del método de valoración contingente (realizada en el epígrafe 4.3.), constituyen la base para la construcción del cuestionario de valoración y, por tanto, para los elementos relevantes a incluir en el mismo. La selección de las características que configuran el escenario de valoración es la etapa más importante en el diseño de un ejercicio de valoración contingente, pues el escenario presentado ha de ser realista y creíble. Los elementos del cuestionario se agruparon en cuatro bloques:

I. Estructura de consumo (preguntas 1 a 8, anexo III): en base a los resultados obtenidos en los capítulos 1 y 3, se seleccionaron una serie de variables relevantes para nuestro caso de estudio. Así, en este bloque se indaga sobre el gasto doméstico en electricidad, equipamiento eléctrico de los hogares, medidas de ahorro y el conocimiento sobre el precio e impuestos sobre la electricidad para los usuarios domésticos.

II. Estructura de producción (preguntas 9 a 15, anexo III): en este bloque se utilizan elementos analizados en los tres primeros capítulos de este informe, que son relevantes para el análisis de la estructura de producción eléctrica y los efectos externos asociados a la misma. Se indaga, por tanto, sobre el conocimiento de la estructura de producción eléctrica en Galicia, del balance energético del peso del consumo eléctrico de los hogares (elementos del capítulo 1), del precio de la electricidad de los usuarios industriales (capítulo 3), identificación fuentes energéticas renovables y no renovables (capítulo 1) y de los problemas asociados a la producción de electricidad con estas últimas (capítulo 2).

III. Escenario de futuro (preguntas 16 a 26, anexo III): en esta tercera parte indagamos sobre las percepciones de la población gallega sobre la posibilidad de sustituir parte de la producción de electricidad generada con fuel, carbón y gas por e-FER. Para ello se utilizan resultados

de los tres capítulos anteriores. Se analiza, por tanto, la importancia de las FER en general y la biomasa, mini-hidráulica y eólica en particular (capítulo 1). Asimismo, se indaga sobre las percepciones de la sociedad acerca de los problemas de la producción de e-FER en comparación con la utilización de combustibles fósiles (capítulo 2). En este bloque del cuestionario se plantea el escenario de valoración y se indaga sobre la comprensión, viabilidad y eventuales ventajas del mismo. De forma previa al ejercicio de valoración propiamente dicho se presenta la situación actual y el cambio propuesto (Tarjeta «F», anexo III), con el objetivo de clarificar gráficamente en qué consistiría el cambio.

El instrumento de pago adecuado, debido a que el ámbito de la política a aplicar era la comunidad autónoma gallega y también esa su población relevante, fue un recargo anual por familia sobre el consumo de electricidad (recargo en la factura eléctrica), destinado a generar un fondo (capítulo 3) con el que realizar los pagos anuales necesarios para compensar a los productores de e-biomasa por los mayores costes que afrontan frente a los de e-FEC (capítulo 3). Se planteó el coste anual y no el coste por kWh para facilitar la respuesta a la pregunta abierta (epígrafe 4.3.). Con este dato podríamos calcular el coste por kWh y comparar así la disposición al pago con los costes sociales analizados en el capítulo 2. Asimismo, se presentan dos formas de provisión: pagar por todo el consumo eléctrico y pagar solamente por la electricidad verde (capítulo 3).

La valoración finaliza con una pregunta abierta de valoración contingente, mediante la cual se pretende obtener la disposición al pago por la sustitución en 6 años del 10% de la electricidad generada con carbón, fuel y gas, por electricidad generada con biomasa forestal, procedente de los residuos de las cortas madereras y de la limpieza del matorral de los montes en Galicia.

IV. Caracterización del hogar (preguntas 27 a 40, anexo III): de acuerdo con las recomendaciones de la NOAA (epígrafe 4.3.), en la última parte del cuestionario se recogen diferentes datos socio-económicos de los entrevistados (renta, estudios, composición de la unidad familiar, etc.) y se incluyen dos preguntas sobre conducta ambiental y familiaridad con el mundo rural. Estos datos, al igual que los obte-

nidos en los anteriores bloques de preguntas, nos permitirán perfilar la disposición al pago de lo individuos.

En el epígrafe 4.5 analizaremos los resultados obtenidos, comenzando en primer lugar analizando la representatividad de la muestra (población entrevistada) en cuanto a edad, composición del hogar, equipamiento del hogar, renta, etc., en comparación con la población gallega. A continuación analizaremos las respuestas correspondientes a los dos primeros bloques del cuestionario (estructura de consumo y producción), así como las percepciones de los entrevistados sobre diferentes elementos presentados en el tercer bloque del cuestionario.

En el epígrafe 4.6 realizaremos el análisis del escenario de valoración contingente. Comenzaremos este apartado analizando los resultados respecto al formato de pregunta y los diferentes medios de pago presentados. A continuación estimaremos una función de valor y la disposición al pago de la población consultada por el cambio propuesto. Posteriormente, en el último epígrafe de este capítulo (epígrafe 4.7.), recapitularemos los resultados obtenidos y, agregando la medida de cambio de bienestar aquí estimada, calcularemos el beneficio social del cambio propuesto bajo diversos supuestos o escenarios.

Antes de aplicar los cuestionarios definitivos se realizó un grupo de enfoque para mejorar la redacción y detectar posibles errores de comprensión, cuestión que detallaremos a continuación.

Los investigadores en economía ambiental suelen, en numerosas ocasiones, utilizar encuestas¹⁷ en el proceso de análisis de un problema. A veces se utilizan para simular mercados hipotéticos, como por ejemplo en análisis de valoración contingente y experimentos de elección, otras para recoger información cualitativa, por ejemplo en análisis delphi y análisis conjunto, y otras para diversas cuestiones que requieren conocer la opinión de los individuos (población, grupos, expertos, etc.).

Los grupos de enfoque constituyen una herramienta útil para conocer la opinión de un grupo de personas con características homogéneas (Grudens-Schuck *et al.*, 2004) y, especialmente relevante para los economistas ambientales, para evaluar *a priori* el funcionamiento de los cues-

¹⁷ Otras ramas de la economía hacen lo propio: IPC, EPA, IPI, EPF, etc.

tionarios diseñados para el objeto de estudio. Así, un grupo de enfoque permite identificar la comprensión de un cuestionario, la dificultad de las preguntas, los motivos de las respuestas, etc., lo que puede ayudar a depurar el contenido del cuestionario final y, por tanto, maximizar el grado de respuestas y la información obtenida.

Es por ello conveniente testar el funcionamiento de los cuestionarios a utilizar, ya sea mediante un grupo de enfoque y/o pruebas a una muestra reducida de la población (pretest). Sin embargo, una de las ventajas de los grupos de enfoque frente a los pretest es la capacidad para captar el procedimiento de respuesta, es decir, cómo medita el individuo su respuesta, sus comentarios adicionales, etc., aspectos difícilmente identificables en un pretest.

La principal diferencia de los grupos de enfoque frente a las encuestas es que los resultados son cualitativos y recogen la opinión social (no individual), es decir, no constituyen análisis cuantitativos ni estadísticamente significativos. Además, el proceso de recogida de opiniones es flexible, informal y no hay reglas rígidas para las respuestas, es decir, prima averiguar el significado y la motivación de las respuestas más que las respuestas en sí mismas.

A continuación detallaremos sucintamente el funcionamiento de un grupo de enfoque y algunos de los aspectos más relevantes a tener en cuenta en su diseño. Para una revisión más detallada puede consultarse, entre otros, Morgan (1993) y Fern (2001).

Los grupos de enfoque deben estar formados por 10-12 individuos con características homogéneas (Krueger y Casey, 2000; Grudens-Schuck *et al.*, 2004). Son conducidos por moderadores profesionales o expertos en el tema objeto de estudio (Proctor y Scheuren, 1998), que explican los objetivos, establecen unas reglas básicas de comportamiento encaminadas a la participación de todos los individuos, aseguran la confidencialidad y la voluntariedad de su participación, explican por qué han sido seleccionados los individuos (características que hacen que el grupo sea homogéneo), etc. Los moderadores son los encargados, además, de crear un ambiente distendido que favorezca la participación activa, diálogo y discusión entre los componentes del grupo.

La duración del grupo de enfoque suele estar comprendida entre una hora y media y dos horas (Proctor y Scheuren, 1998; Grudens-Schuck *et*

al., 2004) y los participantes suelen ser recompensados monetariamente con una cantidad que oscila entre 25 y 50 € (Proctor y Scheuren, 1998).

Para desarrollar la sesión del grupo una buena hora es después de la comida, es decir, entre las cinco y las siete de la tarde. El lugar de reunión debe poseer buenas condiciones de luminosidad, sonoridad, visibilidad entre participantes, etc., siendo una sala de conferencias el emplazamiento idóneo, especialmente si tiene instalados sistemas de grabación de vídeo y audio, pues es aconsejable grabar la reunión. Se recomienda entregar tarjetas identificativas y el material necesario para el desarrollo de la reunión (lápices, borradores, papel, etc.).

El grupo de enfoque consiste en una única reunión, por lo que se han de seguir unas normas básicas que faciliten el buen funcionamiento de la misma: mantener un hilo argumental, no permitir que se produzcan grandes desviaciones sobre el tema a analizar, controlar el tiempo y las formas, etc. Será tarea de los moderadores emprender este tipo de acciones, que facilitarán que la reunión sea útil para el objetivo final.

Diseño del Grupo de Enfoque

Como ya hemos adelantado, previo al ejercicio de valoración realizamos un grupo de enfoque que nos permitió (antes de aplicar los cuestionarios definitivos) mejorar la redacción y detectar posibles errores de comprensión del cuestionario inicial. Para ello y *a priori*, seleccionamos 10 personas por cuotas¹⁸ de sexo (5-5), edad –de 18-35, 35-50 y 50-65 (3-3-4)–, y nivel educativo –bajo (primaria-EGB), medio (BUP, Bachiller, ciclos FP o similares), universitario (4-3-3)–.

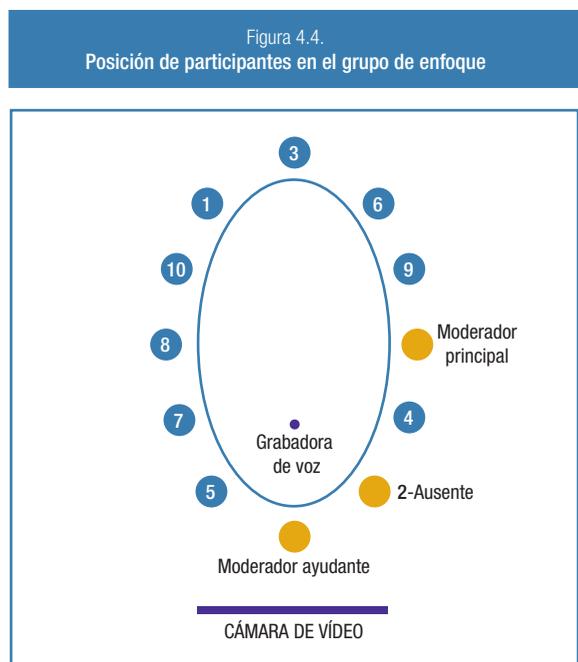
Finalmente, el grupo estuvo compuesto por cinco mujeres y cuatro hombres (faltó una de las personas contactadas previamente). Había cuatro personas de nivel educativo bajo, dos de nivel medio y tres de nivel universitario (cuadro 4.4.). Es destacable que no existe representación femenina en estudios medios ni masculina en estudios primarios. Por edad, existe sobre-representación de individuos entre 50 y 65 años (con cuatro personas), tres personas tienen entre 50 y 65 y sólo dos tienen entre

¹⁸ Entre paréntesis se especifica el número de individuos de cada categoría.

Cuadro 4.4. Composición final del grupo de enfoque

Sexo	Edad	Nivel de estudios	Posición en la mesa
Hombre	31	Medios	1
Hombre*	26	Medios	2
Hombre	40	Universitarios	3
Hombre	57	Medios	4
Hombre	58	Universitarios	5
Mujer	59	Primarios	6
Mujer	40	Primarios	7
Mujer	29	Universitarios	8
Mujer	63	Primarios	9
Mujer	43	Primarios	10

* Ausente
Fuente: elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.

18 y 35 años (en este caso existe representación da cada sexo en cada intervalo de edad).

La reunión tuvo lugar en las instalaciones de la empresa que realizaría posteriormente el trabajo de campo. El grupo fue grabado tanto en vídeo como en audio y los participantes tuvieron un incentivo económico de 30 €/persona. En la figura 4.4 podemos ver la posición en la mesa de discusión de los integrantes del grupo y de los moderadores del mismo.

La documentación entregada consistió en una carpeta, lápiz y tres boletines (entregados de forma consecutiva a lo largo de la reunión) con preguntas abiertas agrupadas en 3 bloques: consumo de electricidad, producción de electricidad y escenario de futuro. El tiempo tenía previsto repartirse en aproximadamente 15, 20 y 25 minutos para cada uno de los respectivos boletines. Finalmente, el tiempo empleado en cada uno de los boletines fue superior al esperado debido al alto grado de participación de los integrantes del grupo.

Planificación de la reunión

En primer lugar se realizó la presentación de los moderadores, indicando sus nombres y lugar de trabajo. Ambos moderadores eran miembros del grupo de investigación que realizan el presente análisis. Después de saludar y agradecer la asistencia a todos los participantes, se pidió que se presentasen y pusieran sus nombres completos en la parte exterior de una

carpeta que se les entregó al inicio de la reunión y en la que introducirían el material que se les fuese dando a lo largo de la misma. Se entabló una conversación informal en aras de crear un ambiente distendido.

Una vez conseguido, se explicó el propósito de la reunión, detallando que se trataba de una investigación de la Universidad de Vigo para la cual iba a ser necesario realizar encuestas a una muestra de la población gallega. Por ello seleccionamos un grupo de personas para participar en un debate sobre la base de un cuestionario similar al que será utilizado para hacer dichas encuestas.

Nuestro objetivo es conocer la opinión y conocimiento sobre el consumo y la producción de electricidad y su origen, así como la opinión sobre aspectos formales (redacción) del cuestionario. Les pedimos que respondieran a las preguntas y los invitamos a participar activamente, aclarando que no había respuestas «verdaderas», sino que se trataba de expresar todo lo que pensarán en cualquier instante. Explicamos que intentábamos mejorar el contenido del cuestionario para garantizar que la gente a la que entrevistáramos posteriormente entendiese apropiadamente las preguntas que se realizarían.

A continuación se explicó cómo se iba a organizar la reunión, con una duración esperada entre una hora y hora y media:

1. Entrega de boletín con preguntas.
2. El moderador principal lee la cuestión y pregunta en alto.
3. Los integrantes del grupo preguntarán las dudas que surjan sobre el enunciado de las preguntas.
4. Responderán por escrito en el espacio habilitado.
5. Comentaremos las respuestas.
6. Introducirán en la carpeta sus respuestas.
7. Pasaremos a la siguiente fase (hay tres boletines).
8. Hablaremos de la opinión que les merece el cuestionario al final de la reunión.

Resultados del Grupo de Enfoque

La reunión comenzó con una introducción de unos 10 minutos de duración y en forma de toma de contacto tanto entre los componentes del grupo, como entre éstos y los moderadores. En el transcurso de esa toma de contacto se esperó por dos personas que faltaban, de la cuales se incorporó una (componente número 3). La primera persona en llegar fue el componente número 9.

Se observaron dos grupos claramente definidos, quizás por la forma de la mesa de reunión o porque el número de personas resultó ligeramente elevado. En ciertos instantes se notó la tendencia a seguir las indicaciones de aquellos componentes que se fueron mostrando como más informados (líderes). Éste y otros factores tuvieron como consecuencia que las respuestas escritas no fueron opiniones individuales (excepto quizás la disposición al pago y algunas excepciones más) sino la opinión consensuada del grupo después del intercambio de opinión de algunos participantes. De hecho, se percibió como algunos borraban sus respuestas previas tras la discusión conjunta.

Se entregaron tres boletines. El primero de ellos (preguntas 1 a 8) indagaba sobre el conocimiento de los participantes en temas relacionados con el consumo de electricidad. El segundo (preguntas 9 a 15) lo hacía sobre cuestiones concernientes a temas de producción eléctrica. Y en el último boletín (preguntas 16 a 26) se indagaba sobre el conocimiento de diferentes fuentes energéticas (renovables y no renovables) y se presentaba el escenario de valoración (cambio propuesto, forma de provisión, medio de pago, pregunta de valoración, etc.).

En base a las respuestas a las preguntas abiertas realizadas, se realizaron diversas modificaciones en cuanto a forma y contenido que permitieron, por una parte, aumentar el nivel de comprensión de las preguntas y, por otra, reducir la extensión del cuestionario final (cuadro 4.5.).

Uno de los resultados más relevantes fue la introducción de tarjetas explicativas sobre diferentes tipos de fuentes energéticas (renovables y no renovables), que en numerosas ocasiones no eran conocidas o identificadas. Este cambio afectó a las preguntas 12 y 14 del cuestionario (véase anexo III) y, aunque la introducción de tarjetas implicaría una mayor duración de la entrevista, los comentarios del grupo y el desconocimiento, en muchos casos, de las fuentes de energía, hicieron necesaria tal incorporación pues, en el escenario de valoración, sería necesario que los individuos conociesen algunas de las características de las diferentes tecnologías de producción eléctrica disponibles.

Otro de los resultados más significativos para el perfeccionamiento del cuestionario a utilizar en la fase posterior fueron la necesidad de ampliar los detalles del escenario de valoración y eliminar una cifra referente al pago actual (1 euro) en la pregunta de valoración, al observarse

Cuadro 4.5. Preguntas del cuestionario final testadas en el grupo de enfoque

Pregunta modificada	Pregunta original en cuestionario de enfoque	Cambio en cuestionario final
Preguntas no modificadas	1-11, 13, 15-19 En la pregunta 8 se entregó una factura tipo para comprobar que los individuos sabían localizar los datos sobre los que se les preguntaba.	
12, 14	-	Se añaden tarjetas explicativas para cada una de las tecnologías de producción eléctrica presentadas
20	-	Se introduce 20.1.
21	De ellas, ¿cuál resaltaría como más importante ? ¿Podría situar en la siguiente escala las ventajas que acaba de nombrar en función de la importancia que tienen para Vd? <i>[1=nada importante; 5=moderadamente importante; 10=importancia decisiva]</i> 	Se elimina este apartado y se introduce la opción de Puntuación
23	Conseguir los beneficios de la retirada y utilización energética de la biomasa de nuestros montes para generar energía eléctrica supondría un coste de la electricidad superior al que –en estos momentos– tienen las centrales térmicas que funcionan con fuel, carbón o gas. Si pudiese elegir, ¿cuál le parecería el sistema preferible de actuación en relación a lo anterior? 1. Pagar más caro el kw renovable , bajo inspección y garantía oficial de que el contrato se cumple, para hacer más rentable la producción con renovables. 2. Que todos los consumidores pagásemos un precio más alto por los kw consumidos y ese recargo destinarlo a sustituir fuentes no renovables por fuentes renovables.	Aclarar que en la opción 2 también hay garantía de que efectivamente el fondo se destine a las FER
25	Ahora paga al año aproximadamente 1 euro para apoyar a las energías renovables.	Se elimina referencia a contribución actual al fondo común al detectar un sesgo de partida en la pregunta de valoración
-	Independientemente de su consumo particular de electricidad, ¿cómo cree Vd. que es el gasto medio bimensual en consumo de electricidad de un hogar español en comparación con su propio gasto ? <input type="checkbox"/> Mayor que el suyo ¿Cuánto? _____ <input type="checkbox"/> Menor que el suyo ¿Cuánto? _____ <input type="checkbox"/> Similar al suyo	Se elimina por complejidad de la respuesta

Individuo	DP
1	2 euros al mes
2	-
4	10 euros al año
5	5 euros al año
6	6 euros al año
7	1 euro al mes
8	1,5 euros al año
9	2 euros al año
10	3 euros al año

Fuente: elaboración propia.

un claro sesgo de partida tanto en las respuestas escritas como en los comentarios verbales. Además, se anotó la necesidad de aclarar la periodicidad de los pagos, pues en las respuestas a la DP se observan referencias a pagos mensuales y anuales (cuadro 4.7.).

5. Análisis descriptivo de las respuestas

El ámbito de aplicación o población objetivo considerada relevante, en esta aplicación, está constituida por adultos residentes en Galicia,

pues el objetivo es orientar decisiones de la administración autonómica gallega, en la que recaen las competencias para diseñar los mecanismos de intervención necesarios para estimular la penetración de la e-biomasa en el mercado.

Conviene comenzar la descripción de los resultados obtenidos justificando la representatividad y las características de la muestra de la población gallega que cumplimentó el cuestionario diseñado para nuestro trabajo de investigación. El muestreo empleado fue polietápico, es decir, en una primera fase se creó una muestra estratificada proporcional a la población residente en el litoral e interior de Galicia, según el tamaño del hábitat de residencia¹⁹ y la provincia para cada uno de los estratos. Posteriormente se realizó una selección aleatoria de municipios y domicilios, siguiendo el método de rutas aleatorias para los hogares, con cuotas de edad y sexo para la selección final de los entrevistados. El resultado final de la técnica de muestreo se concreta en un listado (anexo II) de número de entrevistas a realizar por municipios, clasificados por hábitat y estrato (costa/interior).

¹⁹ Se consideran cinco tamaños de hábitat de residencia: 1: menos de 5 mil habitantes; 2: de 5 a 10 mil habitantes; 3: de 10 a 20 mil habitantes; 4: de 20 a 50 mil habitantes; 5: más de 50 mil habitantes.

Se realizaron 503 entrevistas²⁰ (N=503) entre el 10 y el 30 de enero de 2005 a residentes en Galicia mayores de 16 años. El trabajo de campo fue realizado por Sondaxe, una empresa con amplia experiencia en la realización de encuestas que ha colaborado en otros estudios relacionados con la economía de los recursos naturales y ambientales (Prada *et al.*, 2005; Varela y Prada, 2005). Las entrevistas fueron personales en el domicilio del entrevistado (cara a cara) y tuvieron una duración media de 34 minutos. Este método fue preferido a la encuesta telefónica o por correo debido a la complejidad del cuestionario, a la necesidad de mostrar al individuo tarjetas²¹ y a la importancia de controlar el orden en el que las diferentes preguntas del cuestionario son presentadas y respondidas por la persona encuestada. Por otro lado, como hemos comentado en el epígrafe 4.3, su elevado coste relativo también se asocia a una mayor eficiencia en el trabajo de campo

Muestra y aplicación

A la vista de los datos tabulados se observa, en primer lugar, que la distribución de la población por provincias (gráfico 4.1.) de la muestra se ajusta adecuadamente a la conocida²² para el total de la población gallega. Así, para las provincias de A Coruña y Ourense, tenemos un 40% y un 12% de población respectivamente (tanto en la muestra como en la población total). Para Lugo y Pontevedra existen ligeras diferencias pues para la primera la muestra representa el 13,9% (frente al 13,1% de la población lucense) y para la segunda el 32,4% (frente a un 33,7%).

En cuanto a la distribución por edades y género,²³ observamos que existe una leve sobre-representación de las mujeres, pues en la muestra tenemos un 54,5% frente a un 51,9% en la población total. Respecto a

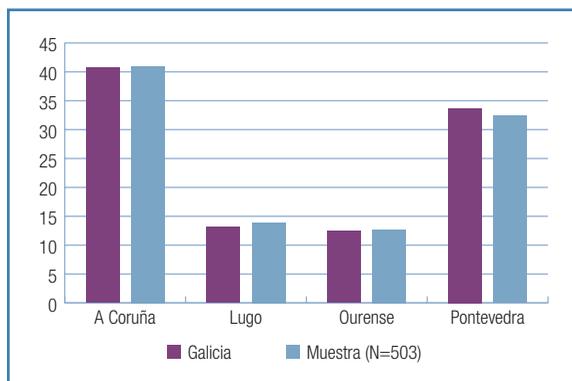
²⁰ Se realizaron 2 encuestas más de las inicialmente proyectadas en la provincia de Lugo (municipios de Lugo y Monforte de Lemos). Véase anexo II.

²¹ Se presentaron tarjetas con descripciones verbales de los diferentes tipos de fuentes de energía y ayudas visuales sobre su peso en la producción de electricidad en Galicia, que facilitaban la comprensión de las preguntas (ver anexo III).

²² IGE. Censos de poboación. Padrón municipal de habitantes. Año 2003.

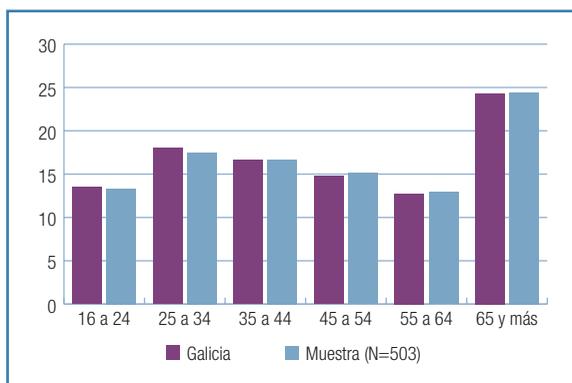
²³ INE. Padrón municipal de habitantes. Año 2003.

Gráfico 4.1.
Distribución de población por provincias (en %)



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 4.2.
Distribución de población por edades (en %)



Fuente: elaboración propia.

las edades (gráfico 4.2.), el ajuste es satisfactorio tanto para los más jóvenes (16 a 34 años 30,8% frente a 31,5%), el tramo intermedio (35-54 con 31,8% frente a 31,4%) y la población mayor (más de 55 años con 37,4% en la muestra y 37,1% en la población).

Si clasificamos el lugar de residencia del entrevistado como rural, periurbano o urbano,²⁴ notamos como la muestra se ajusta a la estructura del conjunto de la población gallega²⁵ (gráfico 4.3.). Aunque con una ligera sobre-representación de periurbano frente a una infra-representación de urbano, los residentes en entidades de más 10.000 habitantes representan, al igual que para el conjunto de Galicia, el 67% de la muestra.

La estructura familiar declarada en la muestra y la conocida para la población²⁶ presenta, como visualizamos en el gráfico 4.4 una infra-representación de hogares unipersonales que se contrapesa con un mayor porcentaje, respecto a la estructura real, de hogares formados por entre 3 y 5 individuos. Por lo tanto, el número medio de individuos en el hogar de la muestra es algo superior a la media por hogar gallega (3,25 frente a 2,87).

Como consecuencia de esta sobre-representación de familias numerosas, el número de niños en el hogar es superior al dato conocido para Galicia,²⁷ pues los hay en el 29,6%

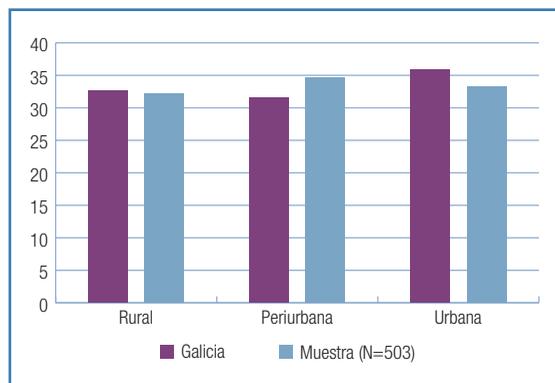
²⁴ Clasificamos como rurales aquellas entidades de población de menos de 10.000 habitantes, periurbanas las comprendidas entre 10.000 y 50.000 habitantes y urbanas las de más de 50.000 habitantes.

²⁵ IGE. Censos de poboación. Padrón municipal de habitantes. Año 2003.

²⁶ IGE. Enquisa de condicións de vida das familias. Año 2003.

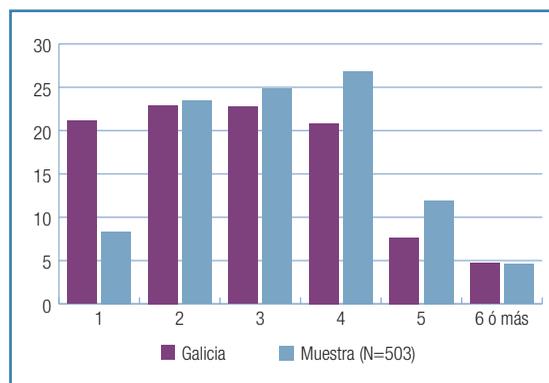
²⁷ IGE. Enquisa de condicións de vida das familias. Año 2003.

Gráfico 4.3.
Distribución de población por lugar de residencia (en %)



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 4.4.
Número de miembros del hogar (en %)



Fuente: elaboración propia.

de la muestra, frente a su presencia en el 25,6% de los hogares gallegos. Sin embargo, no sucede así con el número de ancianos, pues solamente en el 34,2% de los hogares de la muestra hay algún mayor de 65 años, frente al 44,3% en Galicia.

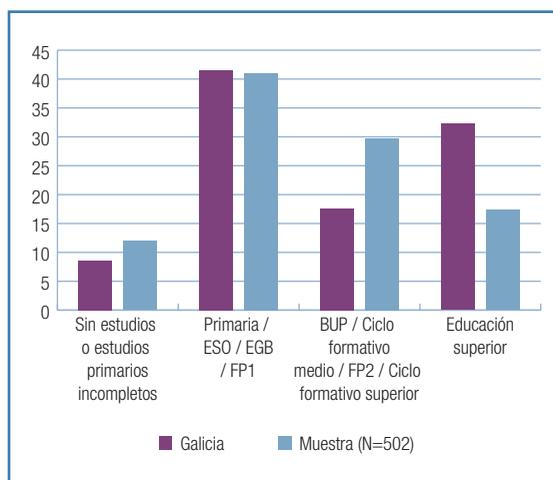
En lo referente al nivel educativo²⁸ de la muestra en relación al de la población de referencia, anotamos una sobre-representación de personas con estudios secundarios en detrimento de aquellas que tienen estudios universitarios (gráfico 4.5.). Para un nivel de estudios primarios o inferior prácticamente coincide el porcentaje entre población y muestra (50% y 53% respectivamente), mientras que los estudios medios tienen un mayor peso (29,6% frente a 17,6%) y, consecuentemente, el porcentaje de universitarios es menor (17,3% frente a 32,2%).

En lo que atañe a la renta familiar declarada sobre nueve tramos, el dato está finalmente disponible para 297 de los 503 entrevistados (59% de positivos). Como se observa en el gráfico 4.6, su distribución se ajusta al perfil de la media gallega,²⁹ destacando si acaso un mayor peso los hogares de renta media debido quizás al también ligero mayor peso en la

²⁸ IGE. Enquisa de Condicións de Vida das Familias. Año 2003.

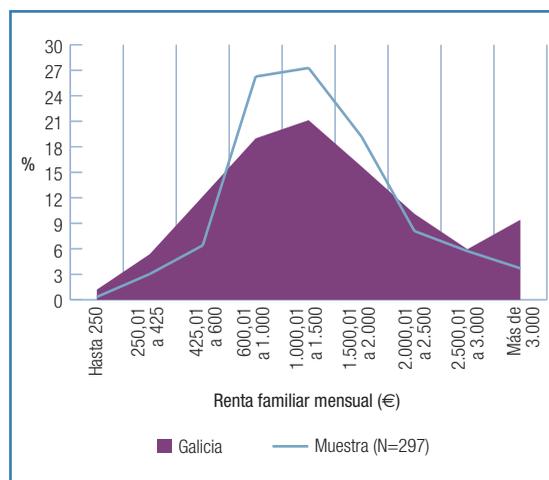
²⁹ IGE. Enquisa de condicións de vida das familias. Año 2003.

Gráfico 4.5.
Nivel de estudios (en %)



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 4.6.
Distribución de la renta familiar mensual



Fuente: elaboración propia.

muestra de la población periurbana y con estudios secundarios.³⁰ No menos satisfactorio es el ajuste con el conjunto de la población en lo referente a la actividad realizada por el entrevistado.

A pesar de constatar algunas diferencias entre los datos correspondientes a la muestra y los reales, creemos que se justifica sólidamente la representatividad de la muestra respecto a la población gallega en varias dimensiones (edad, género, hábitat, estructura familiar, estudios, renta familiar y ocupación). Paralelamente, disponemos de otras variables que permiten perfilar algo más su caracterización socioeconómica. Para nuestro objeto de investigación aparece como potencialmente relevante el tipo de conductas o hábitos asociativos, rurales, ambientales y ecológicos.

De los datos obtenidos se deduce que el 50,1% de los entrevistados manifiesta practicar hábitos de consumo «verdes» (gráfico 4.7.), lo que podremos evaluar en lo sucesivo en relación a su demanda de electricidad

³⁰ Asociación de nivel de estudios y renta que sugiere su ambivalencia como variables explicativas.

verde, medidas de ahorro energético, conocimiento de las ventajas e inconvenientes de diferentes fuentes energéticas, y disposición a financiar el sistema eléctrico actual o la mayor presencia de la biomasa. Cifra muy superior al 2,4% que declara estar implicado en algún tipo de movimiento u organización ambiental, al 31% que muestra una clara conducta ambiental o al 18% claramente familiarizado con el mundo rural.³¹

A pesar del esfuerzo realizado para reducir la extensión del cuestionario (derivado de los resultados del grupo de enfoque), el 54% de la muestra consideró que el cuestionario seguía siendo demasiado largo. La complejidad del tema objeto de estudio ha impedido disminuir la extensión hasta un punto para el cual los individuos no tuvieran tal percepción. Sin embargo, esta dificultad se ha superado gracias al alto grado de cooperación de la población consultada (88%), la buena comprensión de las preguntas (67%) y la sinceridad en las respuestas (91%). El resultado final se traduce en que en la pregunta de valoración, sólo el 3,6% no se la tomó en serio.³² A continuación analizaremos descriptivamente las respuestas de percepción relacionadas con la estructura de consumo, producción y percepción social sobre las FER.

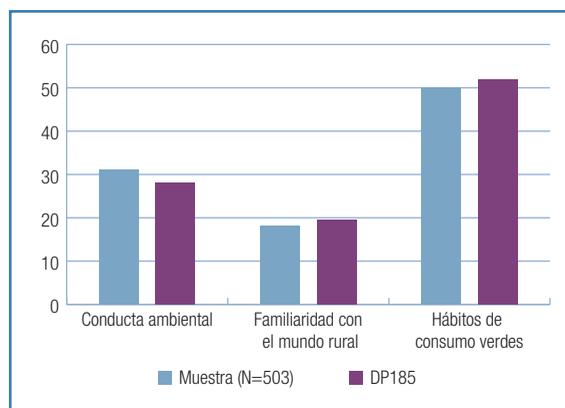
Estructura del consumo

En esta parte de la aplicación comenzábamos preguntando sobre el gasto de las familias en electricidad (gasto declarado) (pregunta 1). Posteriormente, se le pidió a los individuos que nos facilitasen una factura

³¹ Se considera que el individuo muestra una conducta rural y ambiental positiva si responde afirmativamente a cuatro o más alternativas de las preguntas 37 y 38 respectivamente (ver anexo III). Nótese que en la alternativa 6 de la pregunta 38 se considera positivo una respuesta negativa.

³² Además, el 60% de los entrevistados meditó con calma esta pregunta y el 36,4% restante dio una respuesta inmediata.

Gráfico 4.7.
Conducta ambiental y ruralista (en %)



Fuente: elaboración propia.

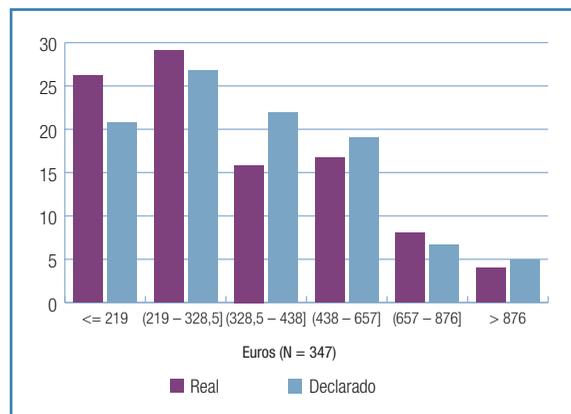
Cuadro 4.7. Gasto familiar diario en electricidad

Tramo	Gasto diario	% Real	% Declarado
1	Menos de 0,6 euros	26,22	20,75
2	Entre 0,6 y 0,9 euros	29,11	26,80
3	Entre 0,9 y 1,2 euros	15,85	21,90
4	Entre 1,2 y 1,8 euros	16,71	19,02
5	Entre 1,8 y 2,4 euros	8,07	6,63
6	Más de 2,4 euros	4,03	4,90

Fuente: elaboración propia

del suministro eléctrico (pregunta 8) y se anotó nuevamente el gasto en electricidad (gasto real). Para más del 50% de la muestra³³ el gasto real en electricidad (verificado en factura) es menor o igual a 0,9 c€/día³⁴ (cuadro 4.7.). El 32% gasta entre 0,9 y 1,8 c€/día y el 12% más de 1,8 c€/día. Entonces, podríamos clasificar a los hogares por su nivel de gasto diario (o anual) en tres grupos: consumo bajo (tramos 1 y 2), consumo medio (tramos 3 y 4) y consumo elevado (tramos 5 y 6).

Gráfico 4.8. Gasto familiar anual en electricidad (en %)



Fuente: elaboración propia.

En el 58,5% de los casos, el gasto declarado coincide con el gasto real.³⁵ Así, tal y como podemos observar en el gráfico 4.8., el conocimiento de los individuos acerca de su gasto anual en electricidad se ajusta al que realmente realizan.

A continuación se indagó sobre el equipamiento de los hogares entrevistados (preguntas 2 y 3). El 60% de la muestra³⁶ manifiesta tener instalado un sistema de calefacción fijo en su hogar, frente al 40% de la población gallega³⁷ (gráfico 4.9.). Esta diferencia se puede explicar por la relativa antigüedad de los datos disponibles para Galicia, correspondientes al año 1999, y a la creciente demanda

³³ En esta dimensión disponemos de datos para 347 individuos (N=347) que declaran su gasto de electricidad y que, además, permiten verificarlo al facilitar su factura eléctrica.

³⁴ El gasto diario medio de la muestra (0,9 euros) es ligeramente inferior al correspondiente para Galicia en el año 2003, que se cifra en 1 €/día ó 29,91 €/mes (IGE. Consumo de las familias. Año 2003).

³⁵ Realizamos una comparación entre tramos, no entre cantidades específicas de gasto declarado y real.

³⁶ Volvemos a trabajar con la muestra completa (N=503).

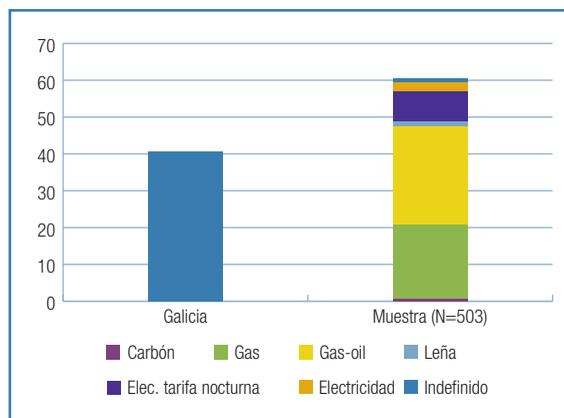
³⁷ IGE. Enquisa de condicións de vida das familias. Año 1999.

de instalaciones para el hogar a la que hacíamos alusión en el capítulo 1. Más de las tres cuartas partes de los sistemas fijos de calefacción son alimentados por combustibles fósiles: gas-oil (44%), gas (33%) y, residualmente, carbón (1%). El 17% utiliza electricidad, siendo la mayor parte de ésta abastecida en régimen de tarifa nocturna (79%).

Respecto al resto de la muestra, el 21% de los hogares no tiene ningún sistema de calefacción, y el restante tiene un sistema de calefacción de estufas o calefactores portátiles. Estos últimos son abastecidos principalmente y, a diferencia de los sistemas fijos, por electricidad (45,3%). El gas, gas-oil y carbón representan, respectivamente, el 27,9%, 11,6% y 1,1% (gráfico 4.10.). Un tipo de combustible renovable como la leña es utilizado por el 11,6% de la muestra (frente a un 2% en los sistemas fijos). Por tanto y a priori, los hogares que tengan un sistema de calefacción portátil realizan un mayor gasto de electricidad para calefacción. Veremos más adelante si el sistema de calefacción influye en la demanda de electricidad verde de los hogares.

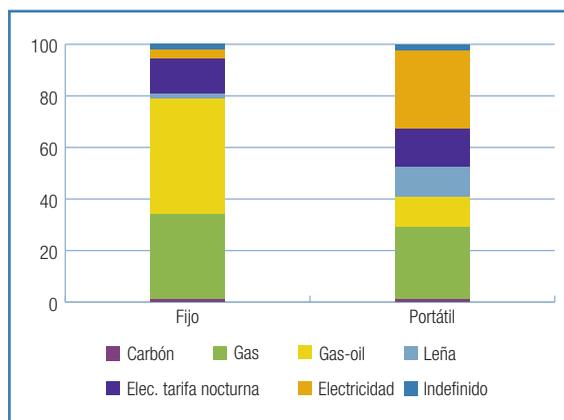
De igual forma que para la calefacción, el incremento de «necesidades» se refleja en la gran diferencia (en términos medios, el doble) de la muestra respecto a la población gallega³⁸ en el año 1999 en el uso de electrodomésticos como por ejemplo el lavavajillas, microondas o el equipo de música (gráfico 4.11.).

Gráfico 4.9.
Instalación fija de calefacción en los hogares (en %)



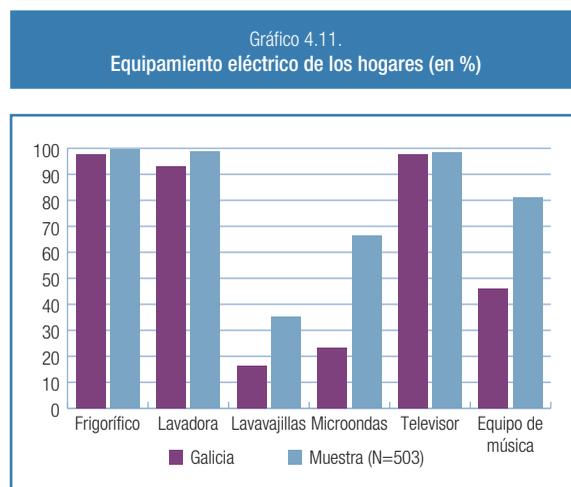
No se disponen de datos de tipología de calefacción para Galicia.
Fuente: elaboración propia.

Gráfico 4.10.
Combustibles utilizados en sistemas de calefacción (en %)



Fuente: elaboración propia.

³⁸ IGE. Enquisa de Condicións de Vida das Familias. Año 1999.



Fuente: elaboración propia.

Cuadro 4.8. Equipamiento eléctrico de los hogares

Electrodomésticos	%
Frigorífico / nevera	99,60
Lavadora	98,81
Televisión	98,61
Secador de pelo	90,85
Robot de cocina, picadora, batidora, etc.	86,48
Campana extractora	85,49
Aspirador	83,90
Vídeo, DVD, consolas y otros reproductores de imagen	82,50
Horno	81,91
Equipo de música	81,11
Microondas	66,40
Congelador	62,62
Tostador	59,24
Cocina (vitrocerámica o inducción)	48,91
Lavavajillas	35,39
Otros	33,00
Deshumificador	31,81
Calentador eléctrico	27,63
Secadora	26,04
Alumbrado exterior	17,69
Aire acondicionado / climatizador	6,36

Fuente: elaboración propia.

De hecho, 13 de los aparatos presentados en la pregunta 3 del cuestionario (anexo III) están presentes en más de la mitad de los hogares de la muestra (cuadro 4.8.). Clasificando como «altamente equipados» a los hogares que disponen de más de 13 aparatos eléctricos, observamos como el 48,5% de los mismos estaría incluido en este grupo. Esta variable puede ser interpretada como un factor relevante en el gasto eléctrico del hogar, por lo que posteriormente analizaremos su eventual potencialidad explicativa en la demanda de electricidad verde (e-biomasa) que aquí se analiza.

Una vez analizado el equipamiento eléctrico de los hogares, se indagó sobre eventuales medidas de ahorro energético en los mismos (pregunta 4). El 60% de la muestra adopta alguna medida para reducir el consumo eléctrico de su hogar. Las medidas más frecuentes están relacionadas con la iluminación del hogar. Así, el 48,5% de los hogares dicen apagar las luces cuando no son necesarias y el 25,2% utiliza lámparas de bajo consumo. Un pequeño porcentaje utiliza la calefacción de forma racional,³⁹ no siendo habitual adoptar medidas adicionales como ponerse algo más de ropa, tener buenos materiales aislantes o ventilar para disminuir el grado de humedad del hogar (cuadro 4.9.). Finalmente, menos del 10% evita el *stand-by* (consumo innecesario) de los elec-

³⁹ Identificamos uso «racional» como minimización de gasto. Así, el uso racional de la calefacción sería aquel que minimizase el gasto en calefacción del hogar manteniendo un nivel de utilidad determinado.

trodomésticos, sólo un 6% dispone de electrodomésticos energéticamente eficientes y un 14% maximiza la carga de la lavadora y el lavavajillas para evitar un derroche de electricidad.

A continuación se analizó el grado de conocimiento de los hogares respecto al precio de la electricidad en tarifa normal y nocturna y los impuestos que pagan en la factura eléctrica (preguntas 5, 6 y 7), En cuanto al conocimiento acerca del precio de la electricidad que pagan los consumidores, el 32% de la muestra lo conoce, mientras que el 45% manifiesta no saberlo. El restante 23% tiene un concepto erróneo del precio del kWh. Unido a esto, sólo el 18% sabe que la tarifa nocturna es aproximadamente un 50% más barata que la normal.⁴⁰

Finalmente, el 83% no conoce ningún impuesto incluido en su factura aparte del IVA, el pago por potencia instalada y el canon de alquiler del equipo. Es decir, la mayoría de la muestra no sabe que actualmente se está gravando su gasto en electricidad mediante impuestos proporcionales sobre el consumo (moratoria nuclear, minería, renovables, etc.). Para nuestro caso de estudio es especialmente relevante constatar que la mayor parte de la población no sabe que actualmente está financiando FER a través de un recargo en su factura eléctrica en forma de costes de diversificación y seguridad de abastecimiento.

Estructura de la producción

Si comenzamos el análisis de la estructura de la producción gallega comentando el balance energético, debemos recordar que Galicia es una región exportadora de electricidad. En los últimos 6 años ha exportado una media del 35,16% del total de su producción eléctrica neta (gráfico 4.12.). El 28,4% de los entrevistados muestran conocimiento sobre este

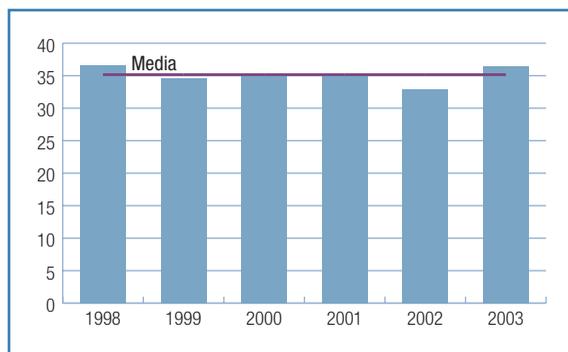
Cuadro 4.9. Medidas de reducción de consumo eléctrico

Medida de ahorro	%
Lámparas bajo consumo	25,25
Apagar luces si no son necesarias	49,50
Electrodomésticos eficientes	6,16
Evitar <i>stand-by</i>	8,55
Máxima carga lavadora y lavavajillas	14,71
Usar racionalmente la calefacción	9,74
Ponerse algo más de ropa	2,58
Materiales aislantes	6,56
Ventilar	9,34

Fuente: elaboración propia.

⁴⁰ Según el R.D. 1802/2003, el precio base para el kWh en tarifa normal es 8,28 c€/kWh, mientras que en tarifa nocturna es 3,80 c€/kWh, es decir, un 45% más bajo.

Gráfico 4.12.
Exportaciones de electricidad en Galicia (en %)



Fuente: elaboración propia sobre REE (Balance energético por CC. AA.).

hecho, situando el porcentaje de exportaciones de electricidad entre el 30% y el 40%.

El 33,8% de la muestra no es capaz de establecer una ubicación para Galicia como una comunidad exportadora o importadora de electricidad y el 11,7% piensa que es importadora (cuadro 4.10.). El 54,5% restante la clasifica como exportadora aunque, como hemos mencionado, sólo la mitad de éstos conoce cuál es el nivel anual aproximado de exportaciones.

En cuanto a la estructura de producción, la población entrevistada muestra un conocimiento satisfactorio sobre la misma (gráfico 4.13.). Así, el peso que atribuyen a las FEC es,

en media, de un 47% sobre el total, mientras que el dato real es de un 51%. La hidráulica representa un 25,5% y la muestra piensa que un 36%, es decir, sobrevalora el peso de la gran hidráulica. Otros tipos de energía, entre los que estarían las FER, contribuyen en un 24,5% y la muestra infravalora este valor, atribuyendo un 16%. Pese a estas pequeñas diferencias entre los valores reales y los declarados, la mayor parte de la muestra jerarquiza perfectamente la importancia de estos tres grupos de energía respecto a su contribución a la generación de electricidad.

El consumo eléctrico del sector doméstico en Galicia fue, en el año 2001, el 21,5% del total (INEGA, 2003). La mayor parte de la muestra im-

Cuadro 4.10. Conocimiento sobre el balance comercial eléctrico en Galicia

Porcentaje de importación / exportación	Número de casos		
	Importadora de electricidad	Exportadora de electricidad	NS/NC
10%	9	20	-
20%	16	71	-
30%	20	91	-
40%	7	52	-
50%	7	40	-
Total (N=503)	59	274	170

Fuente: elaboración propia.

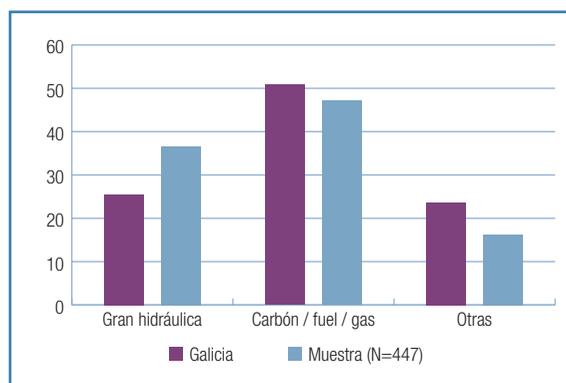
puta al sector doméstico un consumo superior al real y, como podemos apreciar en el gráfico 4.14, solamente el 9,3% conoce realmente cuál es su peso (señalan el 20%).

Por su parte, el 28,2% sabe cuánto es más barato el precio de kWh industrial respecto al doméstico (señalan 30% ó 40%) (gráfico 4.15.). Los precios industriales son, en realidad e incluyendo impuestos, un 37,84% de los domésticos.⁴¹ El 10,5% no es capaz de responder a esta pregunta y el 51% piensa que los precios industriales están más próximos a los domésticos.

Respecto al conocimiento de otras fuentes energéticas además de las basadas en combustibles fósiles y la hidráulica, la mayor parte de la muestra sólo conoce la eólica y la solar térmica (cuadro 4.11.). Especialmente relevante para nuestro caso de estudio es el desconocimiento generalizado de la biomasa para el 83% de la muestra.

Asimismo, la biomasa es la única fuente energética que presenta dificultades a la hora de clasificarla como renovable o no renovable, quizás debido al desconocimiento sobre la misma ya constatado. El 25% de la muestra manifiesta no saber si se trata de una energía renovable y el 28% afirma (erróneamente) que no lo es. A pesar de que el 83% no identificaba la biomasa como fuente energética (cuadro 4.11.), el 46% afirma que es una FER después de haber escuchado las explicaciones sobre cada una de las FER (tarjeta «E», anexo III). Este hecho nos puede indicar que, gracias a las tarjetas explicativas sobre

Gráfico 4.13.
Estructura de producción eléctrica (en %)



Fuente: elaboración propia.

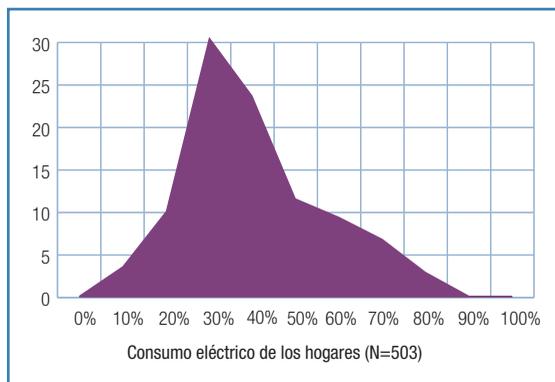
Cuadro 4.11. Conocimiento de fuentes energéticas

% (N=503)	Sí	No
Eólica	87,28	12,72
Nuclear	48,91	51,09
Biomasa	16,70	83,30
RSU	17,30	82,70
Solar FV	43,94	56,06
Solar térmica	54,87	45,13
Mareomotriz	19,88	80,12
Geotérmica	11,13	88,87

Fuente: elaboración propia.

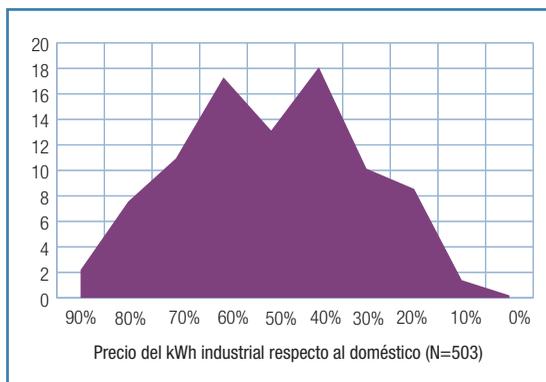
⁴¹ CNE (2004). Información básica de los sectores de la energía. Comisión Nacional de Energía, Madrid.

Gráfico 4.14.
Conocimiento sobre el consumo eléctrico de los hogares (en %)



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 4.15.
Conocimiento del precio de la electricidad de las industrias (en %)



Fuente: elaboración propia.

fuentes energéticas utilizadas en el cuestionario (pregunta 14, anexo III), hemos podido recuperar parte de las respuestas que de otra forma no se producirían. Al mismo tiempo, otras tecnologías, tanto renovables como no renovables, son clasificadas correctamente por la mayor parte de la muestra (cuadro 4.12.).

Cuadro 4.12. Conocimiento sobre FER			
% (N=503)	Renovable	No renovable	NS/NC
Hidráulica	87,87	3,18	8,95
Mini-hidráulica	81,31	5,77	12,92
Solar FV	80,72	6,76	12,52
Solar térmica	82,11	6,76	11,13
Eólica	90,26	2,78	6,96
RSU	50,89	28,03	21,07
Térmica de carbón, fuel, gas	8,95	76,34	14,71
Nuclear	7,36	69,58	23,06
Biomasa	46,32	28,23	25,45
Mareomotriz	66,80	9,54	23,66
Geotérmica	51,89	12,52	35,59

Fuente: elaboración propia.

Por otra parte y relacionado con el conocimiento de las fuentes energéticas, los principales problemas asociados a la producción de electricidad con fuel, carbón o gas (cuadro 4.13.) son para los entrevistados la contaminación atmosférica local (90%), la contaminación de las aguas (64%) y el agotamiento de los recursos en sí mismo (51%), todos ellos problemas ambientales.

Cuadro 4.13. Principales problemas de la electricidad negra

% (N=468)	Sí	No
Contaminación atmosférica en las poblaciones cercanas	90,38	9,62
Lluvia ácida	41,24	58,76
Contaminación de aguas (vía vertidos o por temperatura)	63,68	36,32
Cambio climático / efecto invernadero	42,95	57,05
Agotar recursos	50,85	49,15
Depender de suministros poco seguros	25,64	74,36
Poco o nulo control sobre los precios	19,02	80,98
No generar empleos dentro del país	14,53	85,47
Otras (salud, residuos, peligrosidad,...)	2,14	97,86

Fuente: elaboración propia.

Otro tipo de problemas no ambientales sino sociales, no son considerados como tales por la mayoría de la muestra. Hablamos por ejemplo de la dependencia de suministros (74% de respuestas negativas), la inseguridad de los precios (81%) o la no generación de empleo nacional (85%).

Percepción social sobre FER

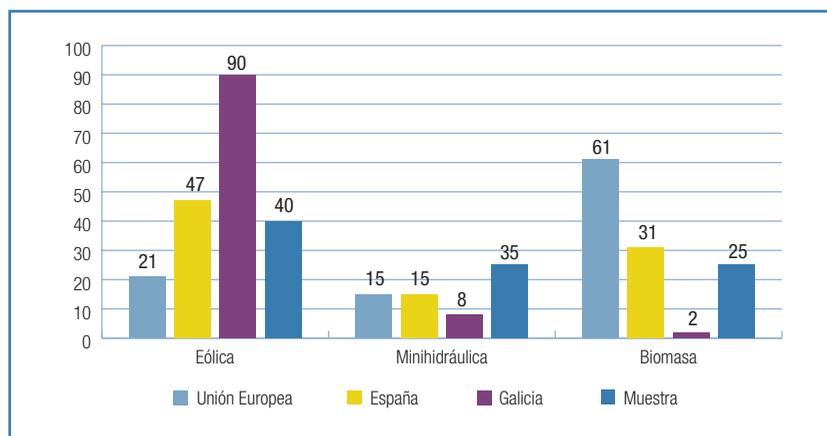
El 73% de la población consultada ve a las FER como la alternativa prioritaria en un eventual proceso de sustitución de electricidad producida con FEC, en detrimento de otras alternativas como el incremento de la potencia hidráulica o la instalación de centrales nucleares en Galicia (cuadro 4.14.). Entre las FER, continuar con el impulso de los parques eólicos constituye la opción con una mayor potencialidad, seguida de la construcción de presas y centrales hidroeléctricas en el curso alto de los ríos (mini-hidráulica) y, finalmente, la retirada del matorral y limpieza de los montes arbolados para obtener biomasa valorizable eléctricamente.

Cuadro 4.14. Prioridad y potencialidad para la sustitución de FEC						
% (N=503)		Prioridad				
Nuclear	2,39					
Hidráulica	19,28					
Renovables	72,76	→ % (N=503)	Potencialidad			
Otras	0,20		1	2	3	NS/NC
NS/NC	5,37	Mini-hidráulica	35,59	36,18	26,44	1,79
		Eólica	50,50	39,36	8,95	1,19
		Biomasa	17,89	22,07	57,85	2,19

Fuente: elaboración propia.

En función del potencial gallego y de los problemas asociados a cada una de estas tres tecnologías renovables, su peso en la disminución de producción de electricidad mediante FEC se repartiría, en términos medios, en: 40% la eólica, 35% la mini-hidráulica y 25% la biomasa (gráfico 4.16.). Por lo tanto, los objetivos establecidos en las estrategias energéticas de la UE, España y Galicia (capítulo 1), no coincidirían con las preferencias de la población gallega, apreciándose un mayor desajuste al comparar las preferencias de la muestra con los objetivos establecidos en el Libro Blanco de Energía de Galicia.

Gráfico 4.16. Objetivo de e-FER Vs. Preferencias de la población gallega (en %)



Fuente: elaboración propia.

En cuanto a los problemas a los que hacíamos mención en el párrafo anterior, la mayor parte de la población consultada considera que la producción de electricidad con estas tres FER no tiene asociado ningún problema (cuadro 4.15.). La eólica es la tecnología con la que asocian menos problemas (el 43% de la muestra piensa que no tiene ningún problema), seguida de la biomasa (38%) y la mini-hidráulica (37%). Sin embargo, más de la mitad de la población consultada considera que la eólica provocaría impactos negativos sobre el paisaje (58%) y que la mini-hidráulica generaría daños a la fauna (58%). No sucede así para el caso de la biomasa pues, en opinión de la mayoría de la población, ninguno de los problemas presentados en el cuadro 4.15 es especialmente relevante.

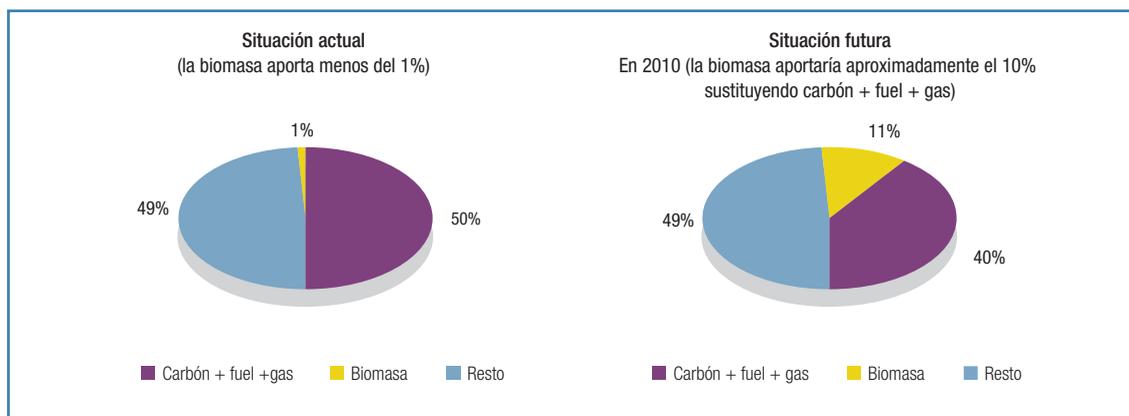
Cuadro 4.15. Principales problemas de la e-FER

Problema	Biomasa (%)	Eólica (%)	Mini-hidráulica (%)
Ninguno	38,00	42,86	36,90
Más cara	39,63	26,39	29,46
Daños a la fauna	38,71	33,33	58,48
Ruido	8,76	23,61	17,41
Impactos sobre el paisaje	33,64	57,87	44,20
Impactos en la fase de transporte	11,52	7,41	4,91
Abastecimiento no garantizado	23,50	6,94	6,70
Emisiones a la atmósfera	26,73	3,24	4,02
Riesgo de accidentes	9,68	14,35	16,52
Impactos en la fase de construcción	5,53	10,19	14,29
NS/NC (N=503)	-	-	-

Fuente: elaboración propia.

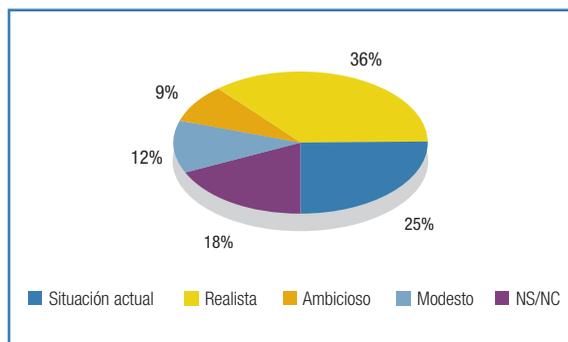
Una vez analizada la importancia de las prioridades y problemas declarados por la población consultada respecto a una eventual sustitución de e-FEC por e-FER, se planteó un escenario en el cual el Gobierno de Galicia diseñase un programa para la sustitución, en el año 2010, del 10% de la energía eléctrica procedente de centrales basadas en fuel, carbón y/o gas por electricidad generada en centrales de biomasa, material autóctono y renovable formado por los residuos generados en la retirada de matorral y limpieza de los montes arbolados (figura 4.5.). Escenario que busca

Figura 4.5.
Escenario de valoración



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 4.17.
Opinión sobre el nivel de cambio propuesto



Fuente: elaboración propia.

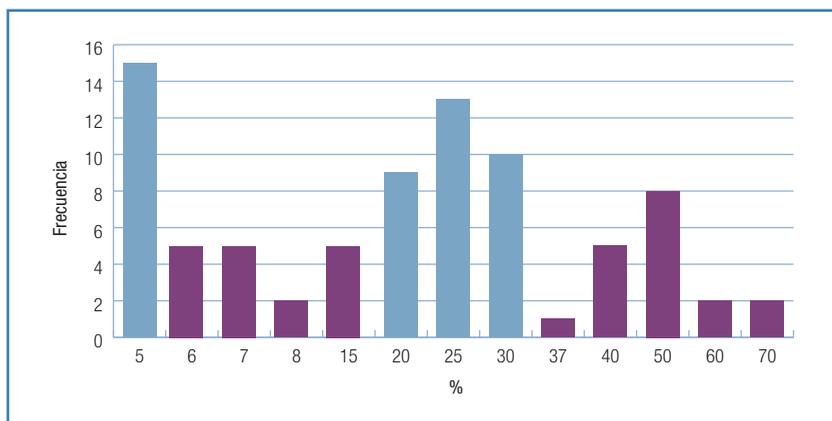
un cambio perceptible para el entrevistado, si bien se aleja de las potencialidades estimadas en el capítulo 1 de esta monografía.⁴²

Ante este escenario se consultó la opinión de los encuestados acerca del objetivo de sustitución (10%) establecido hipotéticamente por el Gobierno gallego. Un 25% declaró que no era necesario llevar a cabo ninguna modificación sobre el sistema energético actual, mientras que un 36% afirmó que le parecía realista dado el horizonte temporal. Otro 12% apostó por una sustitución de mayor cuantía, mientras que el 9% afirmó que el cambio le parecía demasiado ambicioso (gráfico 4.17.).

⁴² Según los cálculos realizados con criterios conservadores en el capítulo 1, sería factible la sustitución del 5,8% de electricidad generada con e-FEC por electricidad generada a partir de los residuos de cortas de madera y del matorral.

Entre los individuos que manifestaron que el cambio era demasiado modesto o demasiado ambicioso, las opciones de una sustitución del 20 al 30% (para los primeros) o de un 5% (para los segundos) se presentan como las más relevantes (gráfico 4.18.). Aunque, como acabamos de ver, la opción presentada es la que tiene más aceptación, seguida de una opción al *status quo*.

Gráfico 4.18.
Nivel de sustitución declarado



Fuente: elaboración propia.

Una vez comprobado que el cambio propuesto es la opción más preferida, pasamos a analizar la percepción que tiene nuestra muestra de la población gallega sobre las ventajas que se generarían con la sustitución de e-FEC por e-BIOMASA planteada (cuadro 4.16.). Las ventajas más relevantes serían la disminución de emisiones (globales) de CO₂ y otros gases de efecto invernadero y su impacto en el cambio climático (64%), la disminución de otras emisiones (locales) a la atmósfera y al medio natural (50%) y la reducción del riesgo de incendios forestales y la fácil expansión de los mismos en matorral y bosques (48%). Otras de las ventajas asociadas a este cambio serían evitar la lluvia ácida (41%) (contaminación transfronteriza), generar empleo en el mundo rural (37%) (originado en actividades derivadas de la limpieza de los montes y de la gestión de la

biomasa) y contribuir a no agotar recursos mundiales limitados como el carbón, fuel y gas natural (49%).

Si bien las ventajas compartidas con otras FER, como disminuir las emisiones de CO₂ y su impacto en el cambio climático, evitar otras emisiones a la atmósfera y al medio natural, o contribuir a no agotar recursos mundiales limitados, se sitúan en primer lugar, las específicas al recurso, como reducir el riesgo de incendios, generar empleo en el mundo rural, o mejorar el paisaje, tienen un elevado reconocimiento.⁴³

Cuadro 4.16. Ventajas de la sustitución de e-FEC por e-biomasa

Ventaja	%	Puntuación*	Ordenación**
NS/NC (N=503)	15,71	-	-
Ninguna	4,25	-	-
^ Disminuir las emisiones de CO ₂ (y otros GEI) y su impacto en el cambio climático	66,50	7,44 (1)	3,81 (1)
^ Evitar otras emisiones a la atmósfera y al medio natural (aguas, sólidos)	49,51	7,05 (5)	4,44 (2)
^ Reducir el riesgo de incendios forestales y la fácil expansión de los mismos en matorral y en bosques	47,78	7,37 (3)	4,75 (3)
^^ Evitar la lluvia ácida	41,13	7,44 (1)	4,76 (4)
^^ Generar empleo en el mundo rural en la limpieza de los montes y en la gestión de la biomasa	36,95	6,95 (7)	4,95 (5)
^^ Contribuir a no agotar recursos mundiales limitados (petróleo, carbón, gas, ...)	48,77	7,28 (4)	5,24 (6)
Reducir la dependencia en suministros y precios de proveedores, países y mercados exteriores	32,02	6,83 (8)	5,27 (7)
Mejoras en el paisaje	40,15	7,00 (6)	5,54 (8)
Otras (aprovechar residuos, sensibilización social, etc.)	2,46	6,14 (9)	9,00 (9)

^ Ventajas de mayor relevancia

^^ Ventajas relevantes

* Puntuación de 1 (menos relevante) a 10 (más relevante).

** Ordenación de 1 (más importante) a 9 (menos importante).

Fuente: elaboración propia.

⁴³ Nótese que los individuos que asociaban problemas a la producción de electricidad negra, afirman que la sustitución de e-FEC por e-biomasa implicaría ventajas sociales y ambientales.

Respecto a estas ventajas de la sustitución de e-FEC por e-biomasa, observamos como el orden⁴⁴ resultante (paréntesis en el cuadro 4.16.) de dos formatos de pregunta diferentes como la puntuación y la ordenación, difiere notablemente. De hecho, la jerarquización de ventajas sólo se mantiene para la disminución de emisiones de CO₂ y para la reducción de riesgo de incendios.⁴⁵ Ventajas como, por ejemplo, evitar otras emisiones a la atmósfera y al medio natural, pasan de la posición 5 en el formato de puntuación a la posición 2 en el de ordenación. Igualmente, la principal ventaja resultante de la puntuación (evitar la lluvia ácida) pasaría, en el formato de ordenación, a ocupar la cuarta posición.

Estas diferencias entre los resultados de la puntuación y la ordenación pudieran ser debidas a la diferente interpretación psicológica de los individuos entre los dos formatos. Sin embargo, también puede derivarse del formato de pregunta utilizado. Así, en el caso de puntuación, la pregunta realizada es abierta (pregunta 21, anexo III), es decir, no se presentan las eventuales ventajas derivadas de la sustitución. Por el contrario, en el formato de ordenación, la pregunta es cerrada (pregunta 22, anexo III), por lo que el individuo identifica explícitamente todas las eventuales ventajas del cambio.

Notemos además que las ventajas asociadas a la sustitución de e-FEC por e-biomasa difieren de los problemas de la electricidad negra (cuadro 4.13.). Así, ahora aparecen como ventajas la disminución de la contaminación transfronteriza y global (lluvia ácida y cambio climático) que, anteriormente, la mayoría de la muestra no anotaba como un problema de primer orden.

⁴⁴ Escala de 1 (más relevante) a 9 (menos relevante).

⁴⁵ Sin tener en cuenta otras ventajas declaradas por lo entrevistados.

6. Análisis de valoración contingente

Formato de pregunta

Una cuestión clave en el diseño del cuestionario de valoración es la elección del formato de pregunta o método de elicitación de preferencias. Es imprescindible definir la pregunta de valoración para que esta sea consistente con la teoría económica subyacente (ver anexo I). En nuestro caso, hemos decidido estimar la disposición al pago por el cambio ambiental positivo derivado de la sustitución de combustibles fósiles por biomasa en la generación de energía eléctrica. En definitiva, la medida de cambio en el bienestar que obtenemos con este planteamiento es la variación compensatoria.

Existen varias alternativas a la hora de elegir el formato de pregunta. Así, en primer lugar, el formato más simple es el denominado «abierto» (*open-ended*) o también «continuo», y consiste en preguntar al encuestado directamente cuánto estaría dispuesto a pagar como máximo para obtener el beneficio ambiental o, análogamente, para evitar el daño ambiental que deseamos valorar. Frente a este formato y, para facilitar la elección de la respuesta al encuestado, se desarrolló el formato dicotómico o cerrado. En él se ofrece un cambio ambiental a un precio determinado (de nuevo, para obtener o para evitar dependiendo de si el cambio es positivo o negativo) y así, la tarea del encuestado se restringe a decidir si pagaría o no el precio propuesto. Extensiones de este formato son las preguntas dicotómicas dobles, en las que una vez obtenida la aceptación o rechazo al primer precio, se ofrece de nuevo el cambio a un nuevo precio dependiendo de la primera respuesta (aumentando el precio si el primero fue aceptado y disminuyéndolo si fue rechazado).

Otros formatos son el de subasta iterativa, que consiste en varias rondas de preguntas dicotómicas con una pregunta final abierta, y el cartón de pagos, en el que se presenta al encuestado una ayuda visual que consiste en un listado de precios entre los que debe elegir aquel que más se acerque a su máxima disposición al pago.

En general, todos tienen ventajas e inconvenientes. Así, el formato abierto es más simple, tanto en su diseño como en su análisis econométrico posterior y evita dar pistas implícitas al individuo sobre el valor del cambio (evita el sesgo de anclaje de las preguntas dicotómicas). Este for-

mato de pregunta proporciona directamente la información relevante porque identifica, sin necesidad de modelos teóricos interpretativos, la máxima disposición al pago de cada individuo. Sin embargo, la principal desventaja de la pregunta abierta es que habitualmente proporciona un número elevado de no respuestas, respuestas cero o valores extremos (protestas) porque muchos encuestados encuentran complicado definir su disposición al pago por un tipo de bienes en los que no están acostumbrados a pensar en términos monetarios.

El formato dicotómico ofrece la ventaja de facilitar la tarea a los encuestados, pues se acerca al comportamiento habitual en los mercados, en los que se nos ofrecen bienes a determinados precios y simplemente debemos decidir si los adquirimos o no. En contra, el problema del sesgo de anclaje o sesgo del punto de partida es el más relevante, pues los precios ofrecidos pueden actuar como pistas implícitas a las que el individuo tiende a «anclarse» a la hora de dar su respuesta. Este formato también presenta un mayor riesgo de «sesgo de complacencia» o tendencia a responder afirmativamente simplemente porque socialmente no está bien visto decir que no a causas como mejoras ambientales o sociales.

Debido a estos problemas del formato dicotómico, en el cuestionario de valoración contingente realizado para valorar el cambio hacia biomasa en la producción de electricidad, se ha utilizado el formato abierto. En nuestra aplicación, además, los individuos pagan ya en su factura eléctrica algunas de las externalidades derivadas de la producción de electricidad –aunque aproximadamente el 83% desconocen este hecho– y esto podría favorecer el realismo del escenario propuesto para valorar en términos monetarios los beneficios o costes ambientales derivados del cambio.

Medio de pago

Entre los detalles del escenario de valoración que es necesario explicitar para incrementar la comprensión y realismo del mismo están el medio o forma de pago por la política o medida propuesta. En este caso, no existen reglas sobre la elección del medio de pago. Normalmente el ámbito geográfico importa: si es un bien local, por ejemplo, un impuesto estatal no debería ser elegido como medio de pago.

Existen varias alternativas a la hora de seleccionar el medio de pago:

- Impuestos (locales, regionales, estatales).
- Precios (nuevos o incremento de precios existentes).
- Donación o aportación voluntaria.

De nuevo, los impuestos y precios pueden generar hostilidad o rechazo porque los individuos pueden creer que ya pagan suficiente o por la percepción sobre la agencia/empresa responsable de la gestión de la recaudación. En cambio, el principal problema de los pagos voluntarios es que incrementan la probabilidad de comportamientos «*free-riding*».

En nuestro caso, hemos elegido como medio de pago el incremento en la factura anual de electricidad. Para minimizar los rechazos se especifica que pagarían todos los consumidores de electricidad (incluidas las empresas) en proporción a su consumo. Para evitar desconfianzas sobre el destino de la recaudación, se garantiza que los pagos alimentarán un fondo destinado en exclusiva a financiar el cambio propuesto.

Conseguir los beneficios de la retirada y utilización energética de la biomasa de nuestros montes para generar electricidad supondría un coste del kWh superior al que en estos momentos tienen las centrales térmicas que funcionan con fuel, carbón o gas natural. Por ello, y para maximizar la aceptación del medio de pago utilizado, en la pregunta 23 se consultó a la muestra cuál le parecería el sistema preferible de actuación para llevar a cabo el cambio objeto de estudio. Las opciones presentadas fueron:

- **Pagar más caro el kWh renovable** y destinar lo recaudado a hacer algo más rentable la producción con renovables, bajo inspección y garantía oficial de la procedencia de la electricidad consumida y del destino de los fondos.
- **Que todos los consumidores pagásemos un precio más alto por los kWh consumidos** y ese recargo destinarlo a sustituir fuentes no renovables por fuentes renovables, bajo inspección y garantía oficial de que la recaudación se destina al uso previsto.

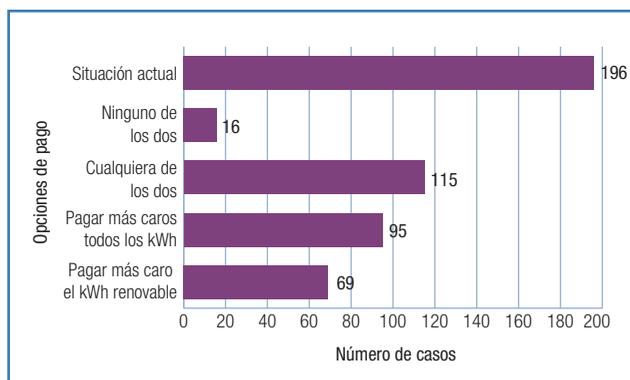
Ante esta posibilidad de elección, los individuos podían mostrar indiferencia por el instrumento de pago, rechazar ambas opciones (aunque aceptan que estarían dispuestos a realizar algún pago) o elegir la situación actual, es decir, no pagar más de lo que actualmente paga. En este último caso, de forma implícita estarían respaldando el segundo medio de pago

de los presentados, pues básicamente coincide con el sistema actual, en el que se establece un recargo en factura (en forma de costes de diversificación y seguridad de abastecimiento) que es destinado a financiar fuentes energéticas renovables. Sin embargo, debido a que un elevado porcentaje de la muestra desconoce el pago que actualmente está realizando (en magnitud y forma) y utilizando una aproximación conservadora, se ha considerado que la elección de la situación actual implica que no está dispuesto a pagar por el cambio. Con posterioridad se analizarán los motivos de esta respuesta para diferenciar las respuestas protesta de aquellas que realmente reflejan una baja intensidad de las preferencias por el cambio propuesto.

De los 491 individuos que se enfrentaron a esta pregunta, el 56,8% de la muestra se decanta por alguna o ambas opciones de pago presentadas (gráfico 4.19.), mientras que el 40% lo hace por la situación actual. En el sistema actual, los consumidores pagan un recargo en función a su consumo eléctrico total que es destinado a un fondo que financia las fuentes energéticas menos contaminantes (aunque la mayor parte lo desconocen). Por último, un 3,3% de los que responden no está de acuerdo con ninguna de las opciones de pago presentadas.

Esta forma de detectar protestas relacionadas con el medio de pago elegido es novedosa respecto a la literatura previa existente, en la que el proceso habitual es obtener la valoración y, a posteriori, detectar y eliminar las respuestas protesta. En nuestro caso, no realizan la valoración contingente de la política de sustitución (preguntas siguientes del cuestionario) aquellos individuos que no están de acuerdo con ninguno de los medios de pago ofrecidos (se consideran protestas respecto al medio de pago y se eliminan del análisis⁴⁶). Tampoco realizan el ejercicio de valo-

Gráfico 4.19.
Distribución de población por lugar de residencia



⁴⁶ Observemos que ésta es una aproximación de nuevo conservadora pues se ha considerado que el rechazo a alguno de estos dos medios de pago indica una negativa a pagar

ración contingente los individuos que afirman preferir la situación actual, es decir, no desean aumentar lo que actualmente ya pagan para fomentar las energías renovables –y en función de la explicación que proporcionan para elegir esta opción– se recuperan para el análisis sólo cuando sus motivos no están relacionados con aspectos del escenario de valoración y sí con sus preferencias sobre el cambio o su restricción presupuestaria.

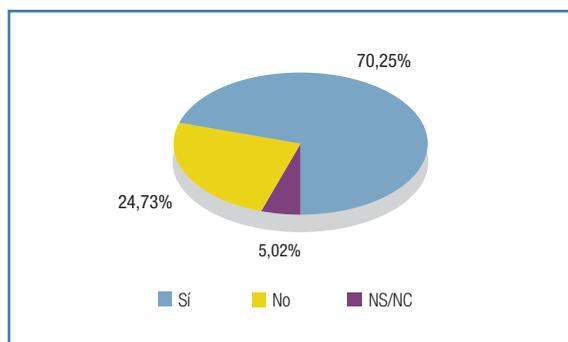
A continuación, a los 279 individuos que eligen alguno de los medios de pago presentados o muestran indiferencia por cualquiera de ellos, se

les preguntó «¿Estaría dispuesto a pagar algo más para tener plena garantía de que en el año 2010 el 10% de la electricidad que se produce en Galicia procediese de la biomasa?» (pregunta 24). El 25% dice que no estaría dispuesto a priori a pagar más por el cambio propuesto (gráfico 4.20.). Un 5% no contesta y el 70% restante declara que estaría dispuesto a financiar el cambio.

En la parte final del escenario (pregunta 25), especificamos en qué consistiría el programa planteado de la siguiente forma: se produciría una sustitución (en 6 años) del 10% de la electricidad producida en Galicia con carbón, fuel y gas, por e-biomasa. Para ello se plantea la posibilidad de pagar un poco más

en la factura eléctrica de forma que se cree un fondo destinado a financiar el cambio propuesto. Se detalla que, una vez conocida la opinión de los encuestados, el incremento en la factura lo pagarían todos los consumidores de electricidad, incluidas las empresas, y siempre en proporción a su consumo. Finalmente, se hace un recordatorio sobre la cantidad que paga anualmente en concepto de consumo de electricidad para, a continuación, realizar la pregunta de valoración: «¿Cuánto estaría dispuesto a pagar más al año para conseguir esta situación?».

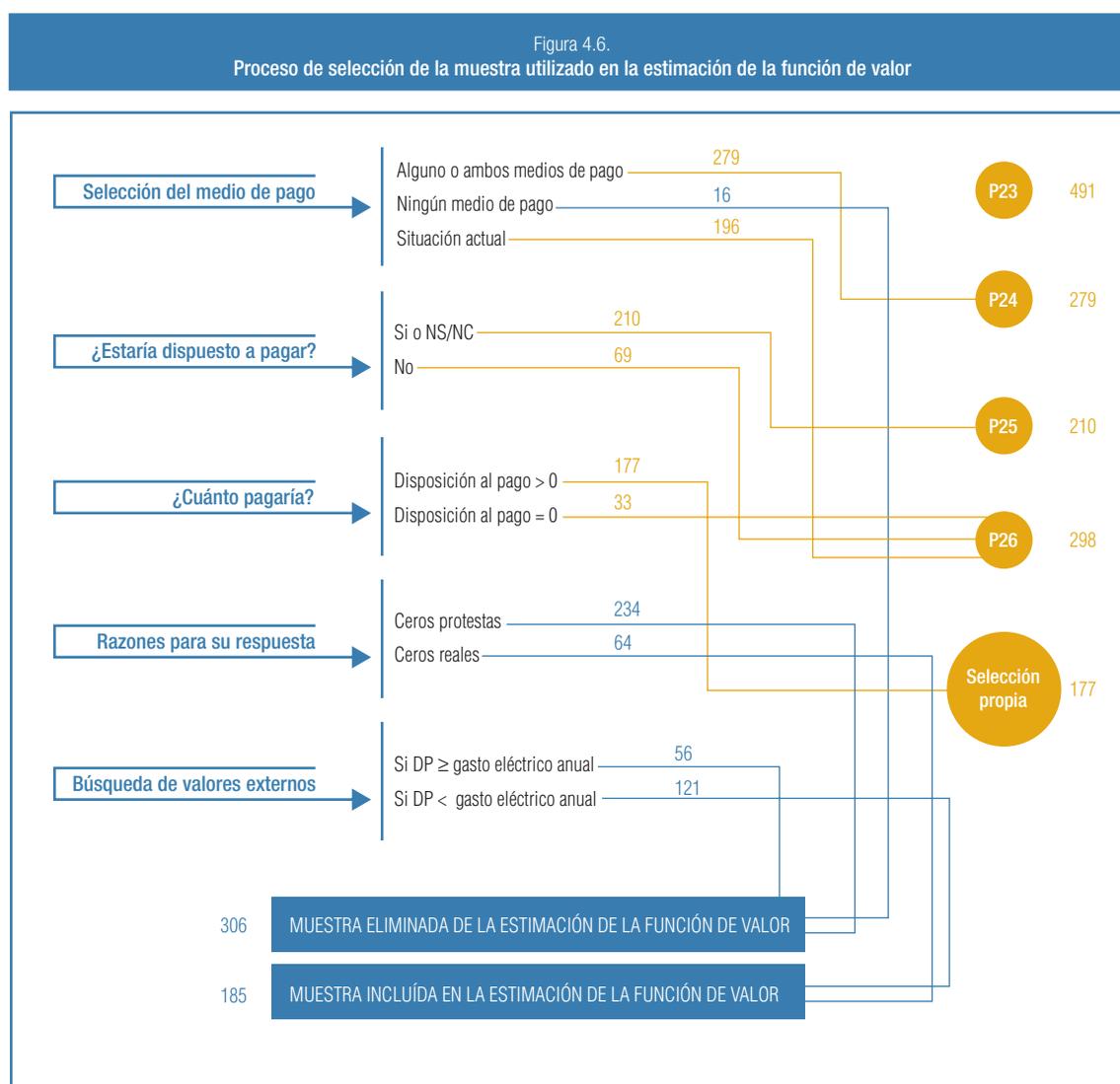
Gráfico 4.20.
Disposición al pago por la sustitución del 10% de e-FEC por e-biomasa



Fuente: elaboración propia.

más en la factura de la luz para financiar incentivos a la biomasa (bien sea por todos los kWh o sólo por los renovables). En realidad, una aproximación estricta implica que sólo habría que eliminar aquellos que rechazasen el segundo medio de pago.

Finalmente y, teniendo en cuenta los filtros previos, 210 individuos se enfrentaron a la pregunta de valoración contingente (figura 4.6.), de los cuales, 177 (84,3%) declararon una disposición al pago positiva y 33 afirmaron no estar dispuestos a pagar (26,7%).



Fuente: elaboración propia.

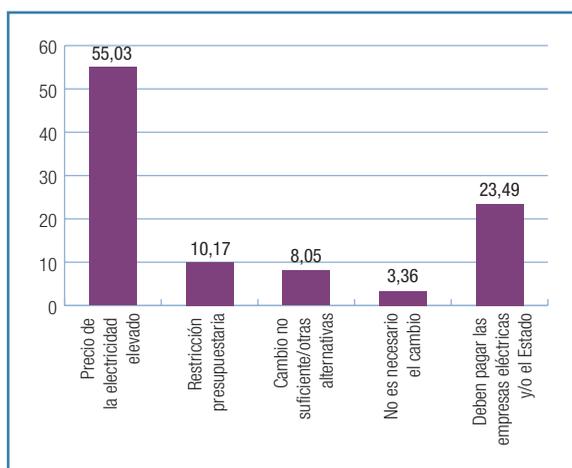
En la pregunta 26 se intentó averiguar las razones que explican aquellas respuestas que no aceptan realizar ninguna contribución monetaria por el cambio en la pregunta 23 (aquellos que eligen las opciones «ninguno de los dos» o «situación actual»); en la pregunta 24 (que afirman

que no están dispuestos a pagar) o en la pregunta 25 (declaran disposición al pago nula). En total 298 individuos. Entre los argumentos aportados destacan (gráfico 4.21.) la percepción de que el precio actual de la electricidad ya es demasiado elevado, la restricción presupuestaria (existen otras prioridades de gasto), la opinión de que el cambio propuesto no es suficiente para satisfacer sus expectativas o que existen otras alternativas preferidas, la preferencia por el *status quo* y la idea de que el coste del cambio no debe ser asumido por la población sino por las empresas eléctricas y/o por el Estado. De éstos, el primero y el último de los motivos se pueden considerar respuestas protesta frente al escenario de valoración pues son una reacción ante aspectos clave de la política de intervención propuesta. Las razones aportadas por el resto permiten suponer que, en base a su situación, no muestran realmente

preferencias favorables al cambio propuesto y se consideran zeros reales, que son incorporados como tales en el análisis. En consecuencia, del total de respuestas negativas, 234 se consideran protestas y el resto, 64 individuos, se reincorporan al análisis como zeros reales.

También es posible que algunos valores extremos puedan indicar respuestas protesta, con el agravante de que estas respuestas extremas u *outliers* influyan en el cálculo de la disposición media al pago, haciendo que ésta sea poco representativa de la distribución de respuestas. En este caso, es necesario establecer supuestos sobre el máximo razonable que un hogar podría asumir para financiar el cambio planteado. En nuestro caso y, dado que presentamos el pago como un incremento en su factura anual de electricidad, tomamos el gasto anual total en electricidad del hogar como el

Gráfico 4.21.
Argumentos para explicar la disposición al pago nula (% de respuestas negativas)



Fuente: elaboración propia.

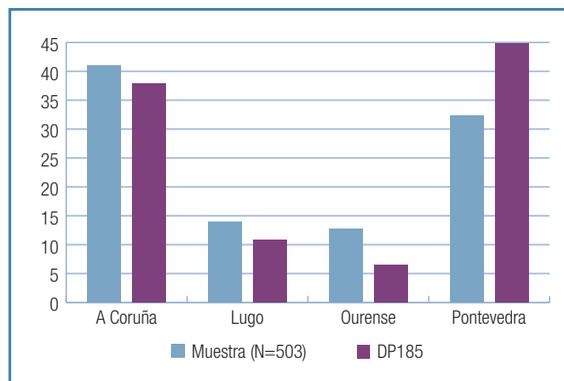
límite máximo aceptable, considerando aquellos que expresan una DP superior, bien como respuestas protesta encubiertas, bien como intentos de influir con su respuesta en la provisión de la política propuesta (sesgo estratégico).

Tal y como podemos ver en la figura 4.6., de los 503 individuos de la muestra, 185 declararon que estarían dispuestos a pagar (DP185) por el cambio (incluyendo los zeros reales). De éstos, los residentes en la provincia de Pontevedra se muestran más dispuestos a financiar el cambio que los del resto de provincias (gráfico 4.22.).

En cuanto a la distribución por edades y género (gráfico 4.23.), vemos como los individuos entre 45 y 64 años y los menores de 24 son los que más declaran estar dispuestos a pagar por el cambio propuesto. Asimismo, las mujeres están dispuestas en mayor medida que los hombres a financiar el cambio.

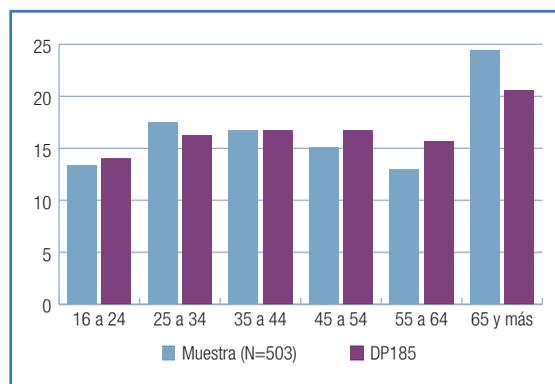
Respecto al lugar de residencia (gráfico 4.24.), los individuos que declaran estar dispuestos a financiar explícitamente dicho cambio son, en mayor medida, residentes en áreas urbanas.

Gráfico 4.22.
Distribución de población por provincias de DP185 (en %)



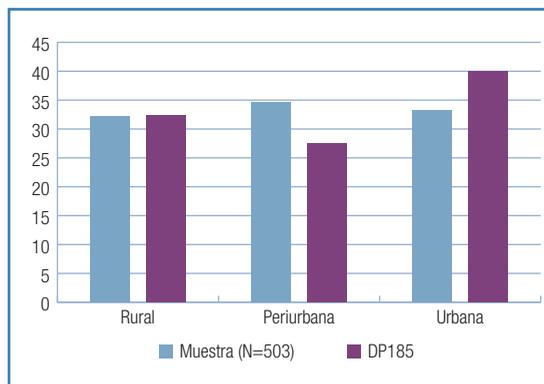
Fuente: elaboración propia.

Gráfico 4.23.
Distribución de población por edades de DP185 (en %)



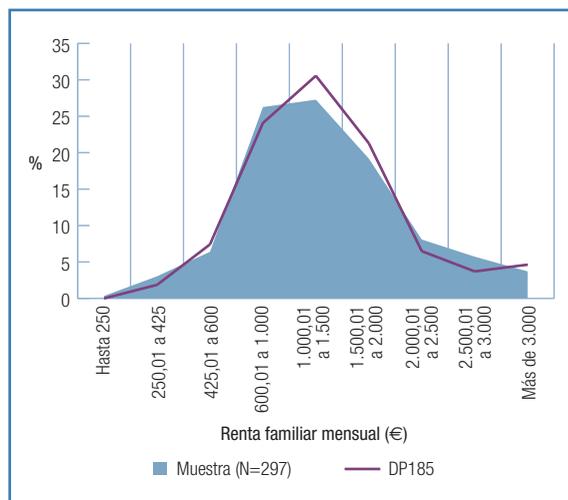
Fuente: elaboración propia.

Gráfico 4.24.
Distribución de población por lugar de residencia (en %)



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 4.25.
Distribución de la renta familiar mensual de DP185



Fuente: elaboración propia.

En lo referente al nivel educativo, la distribución de los individuos que están dispuestos a financiar el cambio y la muestra total es prácticamente idéntica y, respecto a la renta familiar declarada (gráfico 4.25.), la distribución de la muestra coincidiría con la de aquellos individuos dispuestos a financiar el cambio.

Finalmente, los individuos que están dispuestos a pagar muestran indicadores de familiaridad con el mundo rural y hábitos de consumo verdes ligeramente superiores a los de la muestra, así como una menor conducta ambiental. Sin embargo, a pesar de estas pequeñas diferencias, la distribución entre la muestra y estos individuos coincide.

Por lo tanto, podemos concluir que las características de los individuos que están dispuestos a pagar por el cambio coinciden con las del conjunto de la muestra. Esta información es relevante principalmente si uno de los objetivos del análisis, como en nuestro caso, es agregar la estimación de la DP a un conjunto más amplio de la población. Así, en este caso la distribución de diferentes variables (edad, sexo, estudios, renta, provincia de residencia, tipo de domicilio, composición del hogar, conducta ambiental, familiaridad con el mundo rural, hábitos de consumo verdes) para los individuos que están dispuestos a pagar se ajusta a la del conjunto de la muestra y ésta, como ya hemos analizado anteriormente, se ajusta a la correspondiente a la población gallega. Por lo tanto, podemos concluir que la estimación de la DP por la sustitución del 10% de e-FEC por e-biomasa (que obtendremos avanzado este epígrafe) puede ser agregada para el conjunto de la población gallega.

Variables potencialmente influyentes en la DP son, por ejemplo, la opinión sobre el objetivo del 10% de sustitución (dado el horizonte temporal) que tiene el entrevistado. Así, en el cuadro 4.17 se observa que si el encuestado cree que el objetivo no es alcanzable, la probabilidad de que la DP sea positiva parece ser menor que si piensa que el objetivo es

Variables potencialmente influyentes en la DP son, por ejemplo, la opinión sobre el objetivo del 10% de sustitución (dado el horizonte temporal) que tiene el entrevistado. Así, en el cuadro 4.17 se observa que si el encuestado cree que el objetivo no es alcanzable, la probabilidad de que la DP sea positiva parece ser menor que si piensa que el objetivo es

alcanzable. Así, de 237 individuos que responden a ambas preguntas, el 73% (175) piensan que el objetivo es alcanzable y el 58% consideran que es alcanzable y, además, están dispuestos a pagar para contribuir a su consecución (137).

Cuadro 4.17. Influencia de la percepción de la viabilidad del objetivo en la disposición al pago

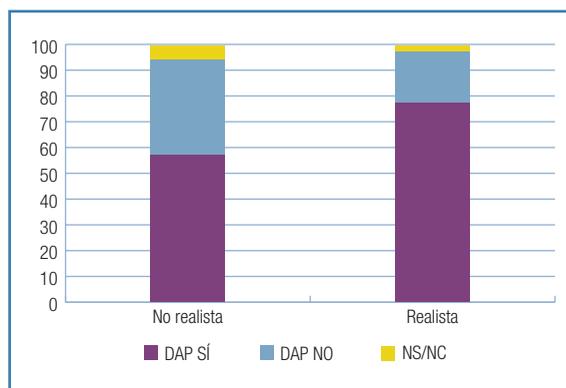
		Objetivo (10%)					
		No alcanzable		Alcanzable		Total	
		Nº individuos	Porcentaje	Nº individuos	Porcentaje	Nº individuos	Porcentaje
DP	Sí	36	15,19	137	57,81	173	73,00
	No	22	9,28	34	14,35	56	23,63
	NS/NC	4	1,69	4	1,69	8	3,38
Total		62	26,16	175	73,84	237	100,00

Fuente: elaboración propia.

La potencial relación entre ambas variables aparece más nítidamente presentada en el gráfico 4.26. En él se observa que el porcentaje de los que declaran estar dispuestos a pagar para financiar la sustitución por biomasa es mayor para los que mostraron su convicción sobre la viabilidad del objetivo propuesto, definido por el porcentaje de sustitución previsto y el plazo de consecución (10% en el año 2010).

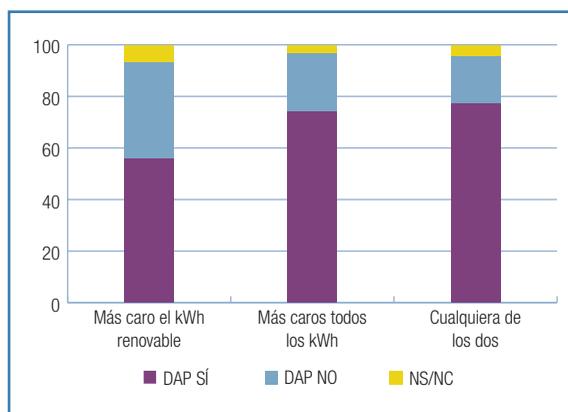
De igual modo, los individuos que aceptan cualquiera de los medios de financiación presentados o los que favorecen la opción de pagar más por todos los kWh consumidos, muestran una mayor probabilidad de asumir pagos para conseguir la sustitución de energías fósiles por biomasa propuesta en el escenario de valoración. Así, de los 276 individuos que contestan a ambas preguntas, el 75% (208) elige ambas formas de pago o pagar más caros todos los kWh consumidos, de los cuales el 75,48% (157), acepta asumir personalmente algún pago –equivalente al 57% del total–. En el gráfico

Gráfico 4.26. Influencia de la percepción de la viabilidad del objetivo en la disposición al pago (en %)



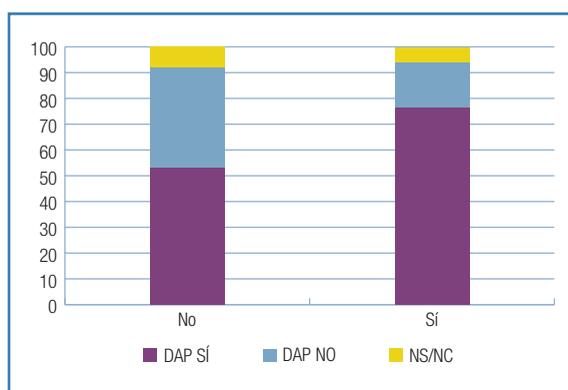
Fuente: elaboración propia.

Gráfico 4.27.
Influencia del medio de pago en la disposición al pago (en %)



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 4.28.
Influencia de la opinión sobre la biomasa como FER en la DP



Fuente: elaboración propia.

4.27. se observa con claridad esta mayor propensión a aceptar pagos para aquellos que favorecen medios de pago distintos al pago directo de kWh renovables.

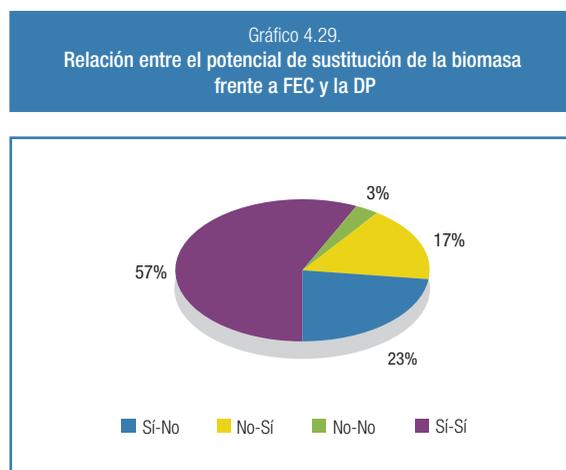
A la vez, los individuos que identifican la biomasa como una FER parecen tener más probabilidades de que su DP sea positiva (respecto a aquellos que no la identifican como una FER). De los 227 individuos que responden a ambas preguntas, el 69% (227) considera que la biomasa es una FER, frente al 31% que opina que no lo es. Además, el 53,74% del total (122) consideran que la biomasa es una FER, al mismo tiempo que acceden a pagar por sustituir energías fósiles por biomasa en la producción de electricidad. Tan sólo el 12% del total (28) identifican a la biomasa como FER para posteriormente no estar dispuestos a financiar políticas de sustitución.

En el gráfico 4.28 se observa la mayor propensión a aceptar pagos para aquellos que consideran que la biomasa es una FER. El 78% de los que opinan que la biomasa es una FER, acceden a asumir pagos por incrementar la participación de la biomasa en la generación de electricidad. El 18% de los que piensan que la biomasa es FER no están dispuestos a pagar.

La mayor parte de los individuos, el 54,35% (de los 276 que contestan a las dos preguntas analizadas), consideran simultáneamente que la biomasa es la FER con mayor potencial de

sustitución de las fuentes de energía convencionales y, posteriormente, aceptan realizar algún pago para garantizar que esta sustitución se lleve a cabo (gráfico 4.29). Solamente el 23% de los que confían en el potencial de sustitución de la biomasa se niegan a realizar pagos monetarios para financiar la política de sustitución propuesta.

Analizaremos a continuación si la relación que se intuye en estos cruces de variables es suficientemente significativa para explicar las preferencias declaradas en la pregunta de valoración contingente. Concretamente, analizaremos cuáles son las variables que influyen significativamente en la disposición al pago, así como la magnitud y la dirección de esta influencia, si existe. Para ello, estimaremos la función de valor o ecuación de regresión a partir de las respuestas obtenidas a la pregunta de valoración contingente.



Fuente: elaboración propia.

Función de valor y resultados

Comenzaremos este epígrafe definiendo las variables potencialmente explicativas de la disposición al pago declarada por los encuestados, construidas a partir de las respuestas a distintos ítems del cuestionario. Para ello, hemos dividido estas variables en cuatro grupos. En negrilla resaltaremos aquellas variables que posteriormente se comprobarán como explicativas de la demanda de sustitución de e-FEC por e-biomasa que aquí analizamos.

a. Relacionadas con la estructura del consumo

Entre las variables relacionadas con la estructura de consumo (cuadro 4.18.), la cuantía de gasto familiar anual en electricidad (GA_ELEC) podría afectar positivamente a la DP, pues puede ser entendido como un indicador (al igual que la renta) del poder adquisitivo del hogar. El gasto eléctrico está correlacionado con otras variables que también son eventualmente explicativas de la DP, tales como tener instalado algún sistema de calefacción eléctrico (CALEF), el equipamiento eléctrico del hogar (EQUIP) y la adopción de medidas de ahorro (MED_AHO). Asimismo, el conocimiento de los entrevistados sobre los precios (en tarifa normal –CON_P– y nocturna –CON_TN–), sobre el gasto eléctrico en el hogar (CON_G) y acerca los impuestos que actualmente se incluyen en la factura eléctrica (CON_T-), también podrían ser variables explicativas de la DP.

Cuadro 4.18. Variables relacionadas con la estructura del consumo

Variable	Descripción	Tipo	Valores
CALEF	Tener instalado algún sistema de calefacción eléctrico	Dummy	1: Sí 0: No
EQUIP	Grado de equipamiento eléctrico en el hogar	Dummy	1: Alto 0: Bajo
MED_AHO	Grado de adopción de medidas de ahorro de consumo eléctrico	Dummy	1: Alto 0: Bajo
CON_P	Conocimiento sobre el precio de la electricidad	Dummy	1: Sí 0: No
CON_TN	Conocimiento sobre el precio de la electricidad en tarifa nocturna	Dummy	1: Sí 0: No
CON_T	Conocimiento de recargos en factura eléctrica	Dummy	1: Sí 0: No
GA_ELEC	Gasto eléctrico anual de la unidad familiar (euros)	Continua	
CON_G	Conocimiento del gasto eléctrico anual de la unidad familiar	Dummy	1: Sí 0: No

Fuente: elaboración propia.

b. Relacionadas con la estructura de la producción

Las variables relacionadas con la estructura de producción (cuadro 4.19.) que podrían influir en la disposición al pago están relacionadas con el conocimiento del balance energético (CON_B) de Galicia (si es exportadora o importadora de electricidad), del peso de los hogares en el consumo eléctrico total (CON_H) y del precio de la electricidad de las grandes industrias (CON_I). Asimismo, variables potencialmente explicativas son aquellas relacionadas con el recurso analizado, es decir, si *a priori* identifica la biomasa como una fuente energética (BIO_FE) y si, con información sobre esta tecnología (a través de tarjetas explicativas), la identifica como renovable (BIO_FER). De igual forma, el conocimiento de los problemas de e-FEC (que se refleja en tres variables: CLIM, AGOT y DEP) parece relevante pues en el escenario de valoración se presenta la posibilidad de sustituir un 10% de esta electricidad altamente contaminante lo que, implícitamente, supone reducir los problemas asociados a la misma. Estas tres últimas variables tendrían un signo esperado positivo pues, a mayor conocimiento, se debiera producir una mayor disposición a financiar el cambio propuesto.

Cuadro 4.19. Variables relacionadas con la estructura de la producción

Variable	Descripción	Tipo	Valores
CCON_B	Conocimiento sobre el balance energético de Galicia	Dummy	1: Alto 0: Bajo
CON_H	Conocimiento del peso de los hogares en el consumo eléctrico en Galicia	Dummy	1: Sí 0: No
CON_I	Conocimiento del precio de la electricidad para las grandes industrias en Galicia	Dummy	1: Sí 0: No
BIO_FE	Cuando se pregunta por FE piensa en la biomasa	Dummy	1: Sí 0: No
BIO_FER	Identifica la biomasa como una FER	Dummy	1: Sí 0: No
CLIM	Señala como un problema de la e-FEC el cambio climático	Dummy	1: Sí 0: No
AGOT	Señala como un problema de la e-FEC el agotamiento de los recursos	Dummy	1: Sí 0: No
DEP	Señala como un problema de la e-FEC la dependencia energética	Dummy	1: Sí 0: No

Fuente: elaboración propia.

c. Relacionadas con el escenario de futuro presentado

En este apartado agrupamos aquellas variables eventualmente explicativas de la disposición al pago que están relacionadas con el escenario de futuro presentado (cuadro 4.20.). Así, por ejemplo, aquellos individuos que ven prioritaria la sustitución de e-FEC por e-FER (FAV_FER), podrían estar más dispuestos a pagar por el cambio propuesto que aquellos otros que no piensen que las FER no son prioritarias en la sustitución de e-FEC. Lo mismo ocurre si identifican la biomasa como la FER con mayor potencial para sustituir e-FEC (FAV_BIO), si identifican el objetivo de sustitución (10%) presentado en el escenario como alcanzable dado el horizonte temporal (OBJ_BIO), o si piensan que el nivel de ventajas asociado a la sustitución es alto (VENT_BIO). Al contrario, aquellos individuos que opinen que la producción de e-biomasa presenta problemas (PROB_BIO), cabría esperar que estuviesen menos dispuestas a financiar el cambio. También se han definido variables que reflejan la percepción de efectos ambientales de otras renovables, en concreto de la eólica (PROB_EOL) y la minihidráulica (PROB_MH). Asimismo, la forma de pago y provisión del bien (FP) podría influir en la disposición al pago.

Cuadro 4.20. Variables relacionadas con el escenario de futuro			
Variable	Descripción	Tipo	Valores
FAV_FER	Prioridad de las FER en la sustitución de electricidad producida con FEC	Dummy	1: Sí 0: No
FAV_BIO	La biomasa es la FER con mayor potencial para sustituir electricidad producida con FEC	Dummy	1: Sí 0: No
PROB_BIO	La producción de electricidad con biomasa presenta problemas	Dummy	1: Sí 0: No
OBJ_BIO	Opinión sobre el objetivo del escenario dado el horizonte temporal	Dummy	1: Alcanzable 0: No alcanz.
VENT_BIO	Nivel de ventajas asociadas a la producción de electricidad con biomasa	Dummy	1: Alto 0: Bajo
FP	Medio de pago de la electricidad generada con biomasa	Dummy	1: Alguna alternativa 0: Sistema actual o ninguno
PROB_EOL	La producción de energía eólica presenta problemas	Dummy	1: Sí 0: No
PROB_MH	La producción de electricidad a partir de centrales minihidráulicas presenta problemas	Dummy	1: Sí 0: No

Fuente: elaboración propia.

d. Relacionadas con las características socio-económicas del hogar

Finalmente, comentaremos un grupo de variables relacionadas con las características socio-económicas de los hogares entrevistados (cuadro 4.21.) que pueden resultar explicativas de la disposición al pago por el cambio propuesto. Variables relacionadas con el tamaño del hábitat de residencia (TAM_HAB), la edad (EDAD), sexo (SEXO), estudios (ESTUD), número de componentes de la unidad familiar (COMP_HOG) o la renta familiar anual (RENTA). Asimismo, consideramos que la familiaridad con el mundo rural (C_RUR), presentar hábitos de consumo ecológicos o verdes (VERDE), u opinar que el cuestionario es interesante o formativo (CUEST) podrían influir positivamente en la disposición al pago.

Para el análisis econométrico o estimación de la función de valor en el caso de una pregunta continua o abierta, se aplica un modelo lineal. En nuestro caso, se ha definido el modelo siguiendo un proceso de selección hacia atrás por bloques, en el que el criterio de selección se basa en el nivel de significatividad de las variables explicativas, seleccionando

Cuadro 4.21. Variables relacionadas con la caracterización socio-económica del hogar

Variable	Descripción	Tipo	Valores
TAM_HAB	Tamaño de hábitat	Dummy	2: >50.000 1: 10.000 a 50.000 0: < 10.000
EDAD	Edad del entrevistado	Continua	1: Hombre
SEXO	Sexo del entrevistado	Dummy	0: Mujer
COMP_HOG	Número de componentes de la unidad familiar	Continua	
ESTUD	Nivel de estudios	Dummy	1: Secundario o superior 0: Primario o inferior
C_RUR	Familiaridad con el mundo rural	Dummy	1: Sí 0: No
VERDE	Practica hábitos de consumo verde	Dummy	1: Sí 0: No
RENTA	Nivel de renta familiar mensual	Continua	
CUEST	Opinión sobre el cuestionario	Dummy	1: Interesante o formativo 0: Demasiado largo o difícil

Fuente: elaboración propia.

aquellas con significatividad superior al 90% ($p < 0,10$). Tras haber definido el conjunto de variables eventualmente explicativas (cuadros 4.18. a 4.21), se realizan cuatro estimaciones, una para cada bloque de preguntas del cuestionario (cuadro 4.22.). De esta forma reducimos el conjunto de variables eventualmente explicativas a introducir en el modelo final.

Las variables que superan esta primera fase de estimación son utilizadas conjuntamente para estimar la función de valor final. El modelo resultante, resumido en el cuadro 4.23, es el resultado de 23 interacciones en la fase inicial (estimación por bloques) y 4 interacciones en la estimación conjunta, y está definido por once variables explicativas y una constante, que recoge efectos conjuntos de variables explicativas no detectadas.⁴⁷

⁴⁷ Al ser la constante mayor que cero, podemos afirmar que hay un conjunto de variables no identificadas en el modelo que influyen positivamente en la disposición al pago.

Cuadro 4.22. Selección de variables explicativas

	Variables eventualmente explicativas	FASE 1: Estimación por bloques	FASE 2: Estimación conjunta
BLOQUE I	CALEF	- NO SIGNIFICATIVA -	
	EQUIP	EQUIP**	- NO SIGNIFICATIVA -
	MED_AHO	- NO SIGNIFICATIVA -	
	CON_P	- NO SIGNIFICATIVA -	
	CON_TN	- NO SIGNIFICATIVA -	
	CON_T	- NO SIGNIFICATIVA -	
	GA_ELEC	GA_ELEC*	GA_ELEC*
BLOQUE II	CON_G	- NO SIGNIFICATIVA -	
	BIO_FER	- NO SIGNIFICATIVA -	
	CON_B	- NO SIGNIFICATIVA -	
	CON_H	- NO SIGNIFICATIVA -	
	CON_I	- NO SIGNIFICATIVA -	
	BIO_FE	- NO SIGNIFICATIVA -	
	CLIM	CLIM*	CLIM*
BLOQUE III	AGOT	- NO SIGNIFICATIVA -	
	DEP	- NO SIGNIFICATIVA -	
	FAV_FER	FAV_FER***	FAV_FER*
	PROB_BIO	PROB_BIO**	PROB_BIO*
	OBJ_BIO	OBJ_BIO**	- NO SIGNIFICATIVA -
	FP	FP**	FP*
	PROB_MH	PROB_MH*	PROB_MH*
BLOQUE IV	EDAD	EDAD*	EDAD**
	COMP_HOG	- NO SIGNIFICATIVA -	
	ESTUD	- NO SIGNIFICATIVA -	
	C_RUR	C_RUR**	- NO SIGNIFICATIVA -
	RENTA	RENTA**	RENTA*
	CUEST	CUEST*	CUEST**
	TAM_HAB	TAM_HAB**	TAM_HAB*
VERDE	VERDE*	VERDE*	

*p<0,01; **p<0,05, ***p<0,10
Fuente: elaboración propia.

Cuadro 4.23. Resultado de la estimación de la función de valor

Variables	Coefficiente estimado	Error estándar	Estadístico t
(Constante) [p<0,01]	25,348	7,028	3,607
CLIM	10,376	2,935	3,536
RENTA	0,009	0,003	3,450
GA_ELEC	0,002	0,000	14,546
PROB_MH	11,765	3,846	3,059
PROB_BIO	-10,108	3,723	-2,715
FAV_FER	-9,184	3,538	-2,596
FP	7,987	2,940	2,716
VERDE	-7,716	2,868	-2,690
TAM_HAB	6,357	1,723	3,690
EDAD	-0,189	0,082	-2,309
CUEST	7,959	3,215	2,475
R ² (R ² corregida):	0,391 (0,377)		
Estadístico F:	28,616		
Prob (F):	0,000		
N:	185		
DP media:	38,33		
IC 95%:	(29,14; 47,52)		

Fuente: elaboración propia.

Los estadísticos sugieren una aceptable calidad del modelo. Aunque la bondad del ajuste no es elevada –explica el 39% de la variación en la disposición al pago– el estadístico F muestra que las variables explicativas seleccionadas consideradas conjuntamente tienen un efecto muy significativo en la disposición al pago.

De acuerdo al modelo, un primer conjunto de variables explicativo es aquel relacionado con la percepción de los individuos sobre diferentes aspectos del escenario de futuro presentado (FAV_FER, PROB_BIO y FP). En segundo lugar, las características socio-económicas de los individuos (RENTA, TAM_HAB, EDAD, VERDE); a continuación el conocimiento de problemas asociados a la producción eléctrica con FEC y FER (CLIM y PROB_MH) y finalmente, la estructura del consumo (GA_ELEC) y la opinión sobre el cuestionario (CUEST).

Los signos de los coeficientes estimados son razonables y coinciden con las expectativas teóricas a priori. En primer lugar, aquellos individuos

de la muestra con un gasto eléctrico anual superior a la media están más dispuestos a pagar para financiar la sustitución de FEC por biomasa en la generación de electricidad. En este caso, es posible que esta variable esté funcionando como un indicador de nivel económico o capacidad adquisitiva del hogar, de la misma forma que lo es la variable RENTA, que también influye –como era de esperar– positivamente en la disposición a contribuir para financiar la sustitución de FEC por e-biomasa.

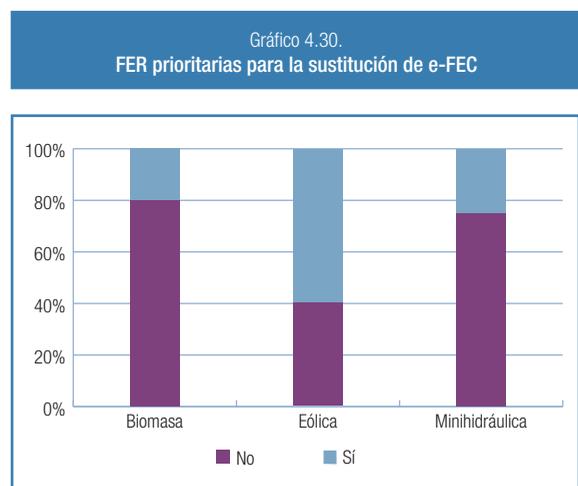
Tres de las variables explicativas están relacionadas con los aspectos del escenario (FAV_FER, PROB_BIO y FP). Este resultado confirma la importancia de definir de forma creíble y realista los diferentes aspectos

del escenario de valoración que se basa en la descripción detallada de la política propuesta.

Aquellos individuos de la muestra que ven prioritarias a las FER como fuentes sustitutivas de FEC, estarían menos dispuestos a pagar por el cambio propuesto. Este hecho nos induce a razonar sobre las diferencias entre respuestas a preguntas globales y específicas del cuestionario. Así, estar en principio a favor de las FER en general no tiene por qué implicar que se esté a favor de un escenario de aplicación y financiación muy concreto para financiar la sustitución de e-FEC con una tecnología específica como, en nuestro caso, la biomasa. De hecho, sería el caso, por ejemplo, de ver otras tecnologías renovables como

prioritarias en la sustitución de e-FEC (eólica, minihidráulica, etc.). Como apreciamos en el gráfico 4.30, los individuos que ven prioritaria la sustitución de e-FEC por e-FER podrían preferir que la sustitución se realizara con eólica o minihidráulica antes que con biomasa.

Igualmente, aquellos que perciben que la producción de electricidad presenta problemas, estarían menos dispuestos a financiar el cambio que aquellos otros que consideran que la e-biomasa no presenta problemas (cuadro 4.15.). Finalmente, el medio de pago también afecta a la disposición al pago, de forma que aquellos que eligen alguno de los medios de pago presentados están más dispuestos a pagar por la sustitución planteada.



Fuente: elaboración propia.

Otro de los grupos de variables explicativas más relevante es el relacionado con el conocimiento o información que poseen los encuestados sobre los problemas asociados a la producción de electricidad con FEC y FER. En este caso, dos variables son significativas y el coeficiente estimado para ambas es positivo. Así, conocer que uno de los problemas generales de la producción de e-FEC es el cambio climático influye positivamente en la DP por la sustitución de electricidad negra por e-biomasa. También influye de forma positiva y significativa en la disposición al pago el conocimiento que demuestran los encuestados sobre los problemas de producir electricidad a partir de otras fuentes de energía renovables, en concreto los efectos negativos de la energía minihidráulica (PROB_MH). Así, los individuos que consideran que la minihidráulica genera problemas, están más dispuestos a pagar por la sustitución de e-FEC por e-biomasa.

Entre las variables de tipo socioeconómico que ayudan a explicar las preferencias declaradas por los individuos destaca, además de la renta –ya comentada–, la mayor disposición al pago de aquellos que viven en hábitats de gran tamaño (TAM_HAB). No obstante, están menos dispuestos a favorecer la política de sustitución propuesta aquellos que declaran considerar criterios ecológicos o verdes en su consumo (VERDE). En este caso, los individuos consideran que ya incurren en gastos de naturaleza preventiva para mejorar el medio ambiente y están menos dispuestos a asumir costes adicionales. La edad del encuestado también influye negativamente en su disposición al pago (EDAD). Finalmente, la opinión favorable sobre el cuestionario condiciona positivamente al individuo a la hora de aceptar el escenario de valoración contingente planteado (CUEST).

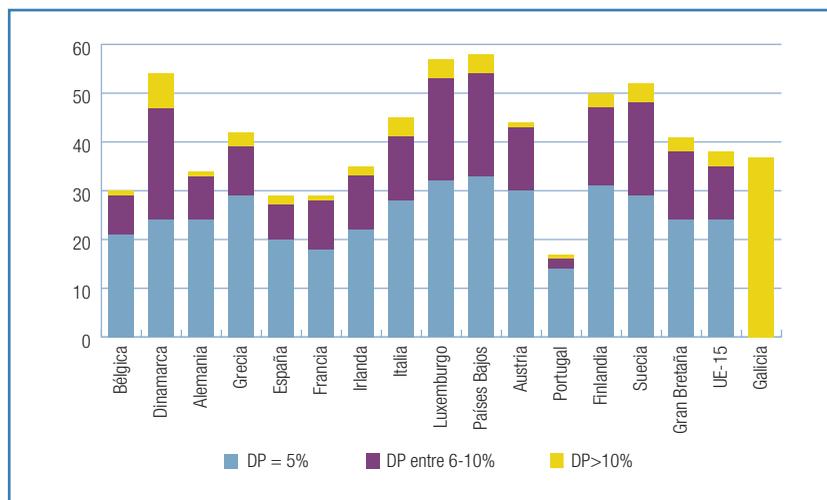
Con los datos correspondientes a los 185 individuos que declararon su disposición al pago (excluyendo ceros y valores extremos protesta), obtenemos una DP familiar media de 38,33 €/familia/año. Para comprobar si la media es un estadístico fiable calculamos la mediana, que asciende a 20 €/familia/año. No obstante, si lo que deseamos es realizar una agregación y calcular la DP de la población, es decir, el beneficio social derivado del cambio propuesto, el estadístico relevante es la media. Como éste es nuestro objetivo, tomamos como referencial la disposición a pagar media de las familias gallegas por el escenario de sustitución propuesto (38,33 €/familia/año con un intervalo de confianza de 29,14 a 47,52 €). Si consideramos

el gasto medio anual de las familias gallegas,⁴⁸ la DP media obtenida representaría aproximadamente el 11% del gasto anual en electricidad.

Si consideramos el consumo anual medio de electricidad en los hogares gallegos⁴⁹ en kWh, y teniendo en cuenta la disposición al pago anual obtenida, podemos concluir que el incremento medio en el precio del kWh que están dispuestos a aceptar los hogares gallegos para financiar la sustitución es de 1,29 c€/kWh. Como actualmente el consumo doméstico se cobra a 12,13 c€/kWh, la disposición al pago estimada representa el 10,6% del precio actual de la electricidad.

En resumen, el 36,78% de las familias gallegas están dispuestas a pagar un 10% más en sus facturas eléctricas por la sustitución del 10% de

Gráfico 4.31.
Disposición al pago por energía procedente de FER en la UE y e-biomasa en Galicia (% de población)



Fuente: elaboración propia sobre Comisión Europea (2002b).

⁴⁸ El gasto medio anual de electricidad de los hogares gallegos es de 358,92 € (IGE. Consumo de las familias. Año 2003), que coincide aproximadamente con el gasto anual medio de las familias de nuestra muestra, 328 €.

⁴⁹ El consumo medio anual de electricidad en los hogares gallegos es de 2.958,94 kWh (IGE. Consumo de las familias. Año 2003; CNE, 2004b). De nuevo, el valor es cercano a la mediana de consumo anual de nuestra muestra, 2.328 kWh.

e-FEC por e-biomasa. Es destacable que este incremento se ajusta al límite máximo de disposición al pago de la población europea por energía procedente de FER (Comisión Europea, 2002b). Aunque los datos no son homogéneos, en el gráfico 4.31 presentamos cuál sería la situación de Galicia en el conjunto de la UE respecto al porcentaje de población con DP positiva por las FER. Si los datos fueran comparables, deduciríamos que la disposición a pagar de la población gallega sería sensiblemente superior a la española (33% frente a 37%) y ligeramente inferior a la media europea.

7. Elevación de resultados y conclusiones

El hilo argumental seguido a lo largo de nuestra investigación desembocó en la necesidad de estimar el beneficio social de un escenario de sustitución de electricidad generada con combustibles fósiles por aquella generada con biomasa forestal. Después de presentar en los capítulos anteriores las potencialidades del recurso natural analizado, su actual peso en el balance eléctrico y los objetivos establecidos en las estrategias energéticas gallega, española y europea (capítulo 1), de identificar los costes externos, los costes externos evitados y los beneficios externos de la valorización energética de la biomasa en un escenario de sustitución de combustibles fósiles (capítulo 2), de analizar los costes privados que deben asumir los productores y de examinar posibles vías de internalización de los costes sociales totales (capítulo 3), hemos abordado un punto central de la investigación: caracterizar y cuantificar la intensidad de dicha demanda social.

Para valorar la demanda social de la sustitución de combustibles fósiles por biomasa en los procesos de generación de electricidad hemos trabajado con una muestra representativa de la población para el conjunto de la Comunidad Autónoma de Galicia. Comprobamos que nuestra muestra se ajusta a las características socio-económicas de la población gallega (en edades, estudios, hábitat de residencia, estructura familiar, renta, etc.) y *a priori* observamos que el 36,78% de la muestra apoyaría la sustitución de un 10% de la electricidad generada en Galicia con fuel, carbón y gas, por biomasa forestal procedente de los residuos generados

Cuadro 4.24. Escenarios-fondo para la valorización eléctrica de la biomasa forestal en Galicia

Fondo en base a incremento del precio del kWh en:	Fondo (€)
1. Consumo doméstico	29.784.816
2. Hogares con DP	12.696.292
3. Consumo industrial	89.354.447
4. Consumo industrial DP	38.088.877
Fondo 1+3	119.139.263
Fondo 2+4	50.785.170
Fondo medio	84.962.216
Coste de combustible	30.202.803
Producción (GWh)	1.019
DAP familiar (€/a)	38,33
Número de familias	900.605

Fuente: elaboración propia.

en las cortas madereras y en la limpieza sostenible del matorral. Sin embargo, tras identificar y eliminar las respuestas protesta,⁵⁰ observamos que el 70,25% de las familias gallegas estarían dispuestas a financiar el cambio propuesto.

Tal sustitución se asocia con una disposición al pago de 38,33 €/familia/año (hasta el 2010) o, lo que es lo mismo, 1,29 c€ por kWh consumido. Es decir, la disposición al pago equivaldría a un incremento de un 10% sobre el precio de la electricidad y, por tanto, sobre la factura eléctrica. Cifra que se ajusta a la disposición al pago de la población europea por la energía procedente de FER.

Mediante la agregación de la DP familiar, podemos calcular el cambio de bienestar que experimentarían la sociedad gallega por la sustitución de parte de la electricidad generada con fuentes energéticas convencionales (carbón, fuel y gas) por otra generada con biomasa forestal. Para realizar esta agregación consideraremos 4 escenarios (cuadro 4.24.).

Los dos primeros escenarios hacen referencia al consumo doméstico, que supone el 20% del consumo eléctrico total en Galicia (capítulo 1). En el escenario 1 («Consumo doméstico») asumimos que todos⁵¹ los hogares gallegos financiarían la sustitución parcial de e-FEC por e-biomasa, mientras que en el escenario 2 («Hogares con DP») suponemos que sólo financiaría el cambio aquel porcentaje de hogares que ha mostrado una DP positiva, es decir el 36,78% de los hogares gallegos.⁵²

⁵⁰ Se consideran aquellos individuos que eligen alguno de los medios de pago presentados o muestran indiferencia por cualquiera de ellos.

⁵¹ De los 900.605 hogares existentes en Galicia (Instituto Nacional de Estadística. Censos de Población y Viviendas. Año 2001), excluimos al 13,72% que no aceptaría el escenario propuesto (protestas estrictas), realizando entonces los cálculos sobre 777.063 hogares.

⁵² Nótese que este supuesto supone reasignar una DP de 16,34 €/hogar/año, es decir, del 42,6% de la estimada bajo el supuesto de que la cuantía la definen los que están dispuestos a financiar el cambio, pero que el fondo resultante se distribuye entre todos los hogares. Entonces, el incremento de la factura eléctrica supondría sólo un 5% (frente al 10-12% calculado anteriormente).

Por otra parte, los escenarios 3 y 4 hacen referencia al consumo industrial, que supone el 60% del consumo eléctrico total en Galicia (capítulo 1). En el escenario 3 («Consumo industrial») suponemos que todas las industrias pagan por el cambio, mientras que en el escenario 4 («Consumo industrial DP») asumimos que el consumo industrial haría una aportación al fondo análogo a la de los hogares que han manifestado una DP positiva.

La combinación de los escenarios 1 y 3 se ajustaría al escenario presentado en el cuestionario, en el que se anotaba que *«el incremento de la factura lo pagarían todos los consumidores de electricidad, incluidas las empresas, y siempre en proporción a su consumo»*. La combinación de los escenarios 2 y 4 originaría un fondo derivado exclusivamente de gravar el consumo eléctrico de aquellos hogares (y en proporción industrias) que están dispuestos a financiar el cambio.

Al agregar la DP en estos escenarios (cuadro 4.24.), apreciamos como se dotaría un fondo destinado a la subvención de la e-biomasa comprendido entre 50 y 119 millones de euros, situándose en esta horquilla nuestra estimación de daños evitados (capítulo 2), por un valor de 82-90 millones de euros. Si tenemos en cuenta que el escenario propuesto implicaría una producción de e-biomasa de 1.019 GWh anuales (capítulo 1),⁵³ obtendríamos una disposición al pago en un intervalo de 4,98 c€/kWh a 11,69 c€/kWh, horquilla en la que se incluiría la estimación de daños evitados (capítulo 2) por un mínimo de 8,08 c€/kWh. Por lo tanto, la DP refrendaría una mayor presencia de la valorización eléctrica de la biomasa forestal, con una subvención del 58% al 137% sobre el coste de combustible (capítulo 3) en la situación actual de ineficiencia tecnológica (8,52 c€/kWh).⁵⁴

Una parte de este nuevo fondo sería destinado a las labores de extracción del combustible del monte, generándose entonces una nueva fuente de renta para el mundo rural que, como constatamos en el capítulo 2, se

⁵³ Si bien es cierto que el incremento del 10% del escenario (porcentaje de sustitución de relevancia para el encuestado) implicaría una producción eléctrica superior, a efectos de nuestro análisis la cifra relevante sería ésta.

⁵⁴ En el escenario de llegada o eficiencia tecnológica (capítulo 3), la DP representaría entre un 168% y un 394% de los costes de combustible o, en términos de costes totales, entre un 71% y un 167% de los mismos.

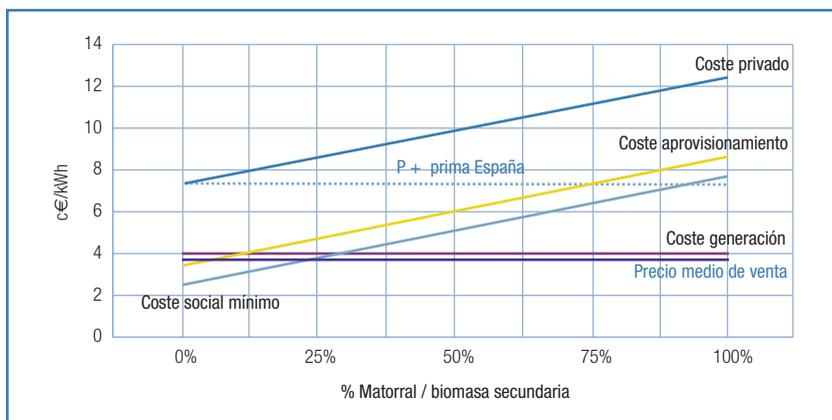
encuentra en una preocupante situación de abandono. Teniendo en cuenta que para alcanzar una producción de 1.019 GWh sería necesario gestionar anualmente 51.858,58 hectáreas de monte desarbolado, el coste unitario de extracción por hectárea de este recurso renovable ascendería a 582,41 €/ha (capítulo 3). Por lo tanto, el coste agregado de movilización del combustible de nuestros montes supondría 30.202.955 euros anuales, lo que supone que el fondo derivado de la agregación de la DP sería entre un 168% y un 394% del coste agregado del combustible. De acuerdo con los ratios calculados en el capítulo 3, podemos transformar la DP por kWh consumido a euros/ha de monte movilizado energéticamente (para los 1.019 GWh y las 502.540,9 toneladas necesarias para alcanzar esta producción). El resultado de esta transformación muestra que la DP por hectárea de monte movilizado energéticamente, comprendida entre 979 €/ha y 2.297 €/ha, refrendaría una ayuda directa a zonas rurales en concepto de extracción del recurso por un valor medio de 1.638 €/ha, es decir, del 281% del coste de combustible.

En el escenario planteado aparece como la vía más plausible que todos los consumidores (incluidas las empresas) pagasen un precio más alto por los kWh consumidos, y ese recargo destinarlo a sustituir fuentes no renovables por fuentes renovables, bajo inspección y garantía oficial de que la recaudación se destinase a este fin. La creación de un fondo basado en el incremento de la factura eléctrica de los consumidores domésticos e industriales con DP, produciría un cambio de bienestar que, expresado en términos monetarios,⁵⁵ ascendería a prácticamente 51 millones de euros anuales, es decir 4,98 c€ por cada kWh consumido.⁵⁶ Entonces, si efectivamente se estableciese una subvención al coste del aprovisionamiento del combustible por el valor medio de la DP (4,98 c€/kWh ó 979 €/ha), se internalizarían buena parte de los costes sociales de la valorización energética de la biomasa (gráfico 4.32.), pudiendo integrarse en la valorización energética prácticamente la totalidad de un recurso natural (matorral) actualmente abandonado en los montes gallegos.

⁵⁵ Tomando como referencia el punto medio del intervalo.

⁵⁶ Nótese que tomamos como referencia el valor más conservador de nuestra estimación.

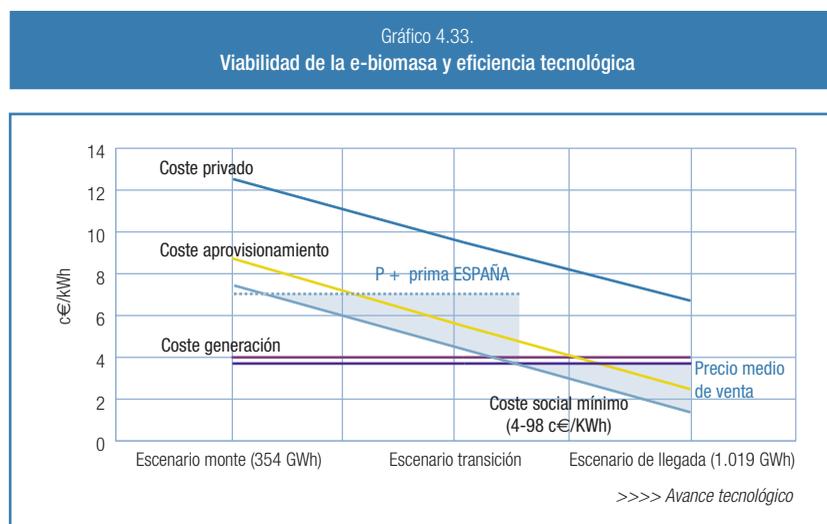
Gráfico 4.32.
La biomasa como combustible principal en la generación de electricidad



Fuente: elaboración propia.

Pues bien, si consideramos un escenario dinámico (con avance tecnológico), al igual que hicimos en el capítulo 3, en el cual se produce una internalización de externalidades (instrumentada mediante ayudas al coste de combustible) por 4,98 c€/kWh, observamos que (gráfico 4.33.), en una primera etapa, los costes sociales serían ligeramente superiores a los ingresos derivados del precio de venta en el mercado y la prima a la producción actualmente vigente. Esta situación sería momentánea y rápidamente se conseguirían alcanzar beneficios extraordinarios, que podrían ser destinados a actividades de I+D y, por tanto, se favorecería el avance tecnológico necesario para alcanzar el escenario de llegada, con una producción eficiente (dada la disponibilidad del recurso en Galicia) de 1.019 GWh. Ya en un escenario de transición, el sistema de primas podría desaparecer, pues el coste social igualaría al precio de venta en el mercado.⁵⁷ Por lo tanto, a partir de ese momento se mantendría solamente la ayuda derivada de la internalización de externalidades, ayuda justificada por los numerosos beneficios sociales y ambientales que presenta la valorización eléctrica de este recurso.

⁵⁷ La biomasa ya habría penetrado entonces en el mercado y no se justificaría seguir manteniendo este sistema de primas a la producción (capítulo 3).



Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, la opción preferida por la población gallega (que coincide con el sistema prima/fondo actual, aunque la mayoría de entrevistados lo desconoce), donde todos los consumidores pagan un recargo sobre el consumo de electricidad, facilitaría que los ingresos de los productores de e-biomasa se derivaran de la venta de electricidad a los precios que marca el mercado eléctrico, de las subvenciones a la producción en forma de primas eléctricas (ya existentes) y de un componente novedoso respecto al sistema actual: las subvenciones al aprovisionamiento del combustible. Con este sistema y, con una subvención como la aquí anotada (4,98 c€/kWh), en el 2010 se podrían valorizar la totalidad de los residuos forestales en las centrales de biomasa, recursos que actualmente no son gestionados y que se encuentran abandonados en nuestros montes provocando recurrentes y graves problemas ambientales (sobre todo incendios). Consecuentemente, se conseguiría internalizar los costes sociales comentados en el capítulo 2, es decir, evitar una serie de costes externos negativos asociados a la producción de electricidad «negra» y, además, generar beneficios sociales sobre el medioambiente y la sociedad.

Anexo I. Medidas de cambio en el bienestar: Variación compensatoria y Variación equivalente

En nuestro análisis partimos de las hipótesis tradicionales de la teoría de elección del consumidor sobre las preferencias (Johansson, 1993), siguiendo el modelo neoclásico de elección del consumidor.

Sea $X = (X_1, \dots, X_n)$ una cesta de bienes de mercado con $X_i \geq 0$ para todo i , y $P = (P_1, \dots, P_n)$ un vector de precios asociados con $P_i > 0$ para todo i . Supongamos que los individuos $q = 1, \dots, Q$ tienen una renta exógena $Y^q \geq 0$. Además, supongamos que un bien público S (bien ambiental) también influye en sus preferencias y bienestar y que sólo se puede variar el nivel del mismo mediante intervención pública. Entonces, las preferencias de los individuos pueden ser representadas por una función de utilidad, $U(X, S)$, que depende del consumo de X y S .

Maximizando esta función de utilidad sujeta a la restricción presupuestaria de los individuos, se obtendrán las funciones de demanda marshallianas $X^m(P, Y, S)$, que dependen de los precios, de la renta y de la provisión y calidad del bien público. Entonces, la función de demanda marshalliana nos permite averiguar cuál es la combinación de bienes privados y públicos (X, S) que maximiza la función de utilidad del individuo teniendo en cuenta su restricción presupuestaria.

En cambio, si minimizamos el gasto necesario para alcanzar un nivel determinado de utilidad U^* , el problema de optimización nos permitirá obtener las funciones de demanda hicksianas $X^h(P, U^*, S)$, que dependen de los precios, de la utilidad y de la provisión y calidad del bien público. La función de demanda hicksiana nos permite así obtener la cesta de consumo (X, S) que minimiza el gasto necesario del individuo para alcanzar un nivel de utilidad determinado.

Del primer problema de optimización se deriva la función de utilidad indirecta $V(P, Y, S)$, que nos informa sobre la utilidad máxima que puede alcanzar el individuo dada su restricción presupuestaria y su consumo del bien ambiental. Análogamente, del segundo problema de optimización se deriva la función de gasto $e(P, U^*, S)$, que nos proporciona información sobre el gasto mínimo necesario para alcanzar el nivel de utilidad U^* , dados P y S . Las funciones de demanda marshallianas y hicksianas están relacionadas y, del mismo modo, también existe una relación

entre las funciones de demanda indirecta y de gasto (Johansson, 1993), lo que nos lleva a plantear los dos problemas de optimización como un «problema dual».

Las funciones de demanda hicksianas, a diferencia de las marshallianas, dependen de la utilidad y, por tanto, no son directamente observables. Interesan los desplazamientos por debajo de las curvas hicksianas porque la medida de cambio de bienestar derivada de la curva de demanda marshalliana puede constituir un indicador «pobre» del cambio de bienestar real, puesto que esta curva de demanda tiene en cuenta dos efectos: sustitución y renta.

El primero se deriva de una relación inversa y conocida entre el precio de un bien y la cantidad consumida del mismo, es decir, a mayor precio menor consumo y a menor precio mayor consumo. Por el contrario, el efecto renta no es conocido a priori (puede ser positivo o negativo), por lo que el descenso (aumento) del precio de un bien no tiene por qué implicar un incremento (disminución) del consumo del mismo, pues el individuo puede elegir dedicar su aumento (disminución) de renta real a otros tipos de consumo, tanto presente como futuro.

Las funciones de demanda hicksiana, al no estar sujetas a la renta, sino a un nivel de utilidad determinado, no se verán afectadas por el efecto renta, obteniéndose medidas de cambio de bienestar más ajustadas a las reales.

En base a cualquiera de los dos problemas de optimización planteados, se pueden derivar diferentes medidas de cambio de bienestar. Para sintetizar nuestro razonamiento, utilizaremos la función de utilidad indirecta, siendo la argumentación análoga si utilizásemos la función de gasto.¹

¹ Nótese que, basándonos en la función de gasto, podemos realizar el razonamiento análogo pues existe una relación entre las funciones de demanda tal que:

$$X^m = X^m(P, Y, S) \equiv X^h(P, V(P, Y, S), S)$$
$$X^h = X^h(P, U^*, S) \equiv X^m(P, e(P, U^*, S), S)$$

Entonces, también existe una relación entre la función de utilidad indirecta y la función de gasto de forma que:

$$U^* \equiv V(P, e(P, U^*, S), S)$$
$$e \equiv P X^h(P, V(P, Y, S), S)$$

Estas relaciones nos permiten definir el problema de maximización de utilidad y minimización de gasto como un problema de optimización dual.

Cuadro A.I.1. Teoría de elección del consumidor en presencia de bienes ambientales

Problema de optimización dual	$Max U(X, S)$	\rightarrow	<i>Función de demanda marshalliana:</i>	\rightarrow	<i>Función de utilidad indirecta:</i>
	X		$X^m = X^m(P, Y, S)$		$V(P, Y, S)$
	<i>s.a. $P X \leq Y$</i>				
	$Min P X$	\rightarrow	<i>Función de demanda hicksiana:</i>	\rightarrow	<i>Función de gasto:</i>
	X		$X^h = X^h(P, U^*, S)$		$e(P, U^*, S)$
	<i>s.a. $U(X, S) \geq U^*$</i>				

Fuente: elaboración propia.

Supongamos una política pública cuyo objetivo es mejorar la calidad ambiental ($S_0 \rightarrow S_1$, con $S_1 > S_0$) a través de un programa de fomento de energías renovables centrado en incrementar el peso de la biomasa forestal en el balance energético nacional. Tal política influirá en el bienestar de la población sin modificar ni sus preferencias, ni su renta ni los precios de los bienes de mercado.

La modificación en el bienestar de un individuo representativo se puede determinar examinando la diferencia entre su bienestar antes y después del cambio.

$$[1] \Delta V = V(P, Y, S_1) - V(P, Y, S_0)$$

Como la función de utilidad indirecta no puede ser observada directamente por el analista, es necesario recurrir a alguna medida que nos permita evaluar, en términos monetarios, la repercusión del cambio ambiental en el bienestar de los individuos, es decir, estimar cuánto mejora su bienestar, cuánto empeora o si no experimenta variación alguna.

La variación compensatoria y la variación equivalente nos permiten imputar un valor monetario a un cambio de utilidad (Hicks, 1943). Ambas se apoyan en funciones de demanda hicksianas y consisten en simular (y estimar a partir de esta simulación), qué cambios en la renta habría que producir al individuo para que su bienestar no variase entre la situación inicial y el cambio, es decir, para que fuese indiferente entre ambas situaciones.

Así, ante una mejora ambiental como la planteada, la variación compensatoria (VC) se define como la disminución de renta (pago) que tendría que producirse para que el individuo fuese indiferente entre la

situación inicial con mayor renta y menor calidad ambiental, y la situación final, con menor renta y mayor calidad ambiental. En este caso, la VC equivaldría a la DP máxima por obtener el cambio.

Si, por el contrario, el individuo se enfrentase a un cambio ambiental negativo la variación compensatoria se interpretaría como la compensación monetaria mínima que habría que darle al individuo para que fuese indiferente entre la situación inicial y la nueva. En ambos casos, la variación compensatoria supone la asignación de derechos de propiedad al status quo. En términos de función de utilidad indirecta, la VC se define como sigue:

$$[2] V(P, Y-VC, S_1) = V(P, Y, S_0)$$

La variación equivalente (VE), por el contrario, supone que los derechos de propiedad están asignados al cambio. Entonces, en el caso de una mejora ambiental o ganancia de bienestar, la VE será la compensación mínima por renunciar a ese cambio, mientras que en el caso de una pérdida será la DP máxima por prevenir o evitar la nueva situación. En términos de función de utilidad indirecta, la VE se define como:

$$[3] V(P, Y+VE, S_0) = V(P, Y, S_1)$$

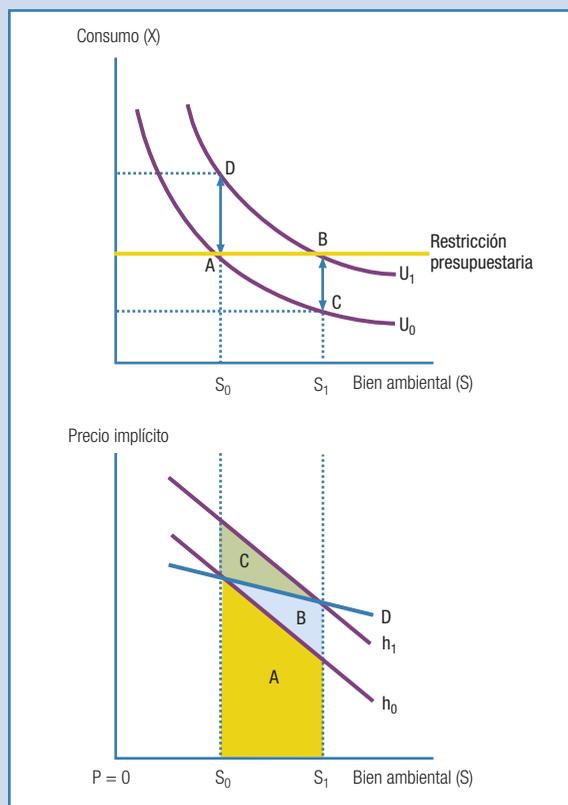
Si se produce una ganancia, ya sea un aumento de la calidad o cantidad de un bien o servicio ambiental, habrá que analizar cómo afecta el cambio al bienestar de los individuos. Así, el agente bien puede estar dispuesto a pagar para asegurar que se produzca el cambio o bien puede estar dispuesto a aceptar una cantidad de dinero por prescindir del beneficio. En el caso de que se produzca una pérdida, el individuo podrá estar dispuesto a pagar para prevenir el descenso de utilidad o también puede estar dispuesto a aceptar tolerarla.

Cuadro A.I.2. Interpretación de VC y VE en función del signo del cambio y el derecho de propiedad

Medidas de bienestar	Mejora ambiental (U_0)	Deterioro ambiental (U_1)
VE (<i>Derecho al cambio</i>)	DA por renunciar	DP por evitar
VC (<i>Derecho al status quo</i>)	DP para asegurar	DA por tolerar

Fuente: elaboración propia.

Figura A.I.1.
Medidas de cambio en el bienestar ante una mejora ambiental



Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, tenemos dos medidas de bienestar y cuatro interpretaciones de las mismas, en función del sentido del cambio ambiental y de la asignación de derechos de propiedad. Si consideramos que existe derecho al status quo utilizaremos la VC, mientras que si consideramos que existe derecho al cambio utilizaremos la VE (Freeman, 1993; Mitchell y Carson, 1989).

Recordemos que S es un vector de bienes y servicios sin mercado y, por tanto, sin precio. Si X es el vector de bienes de consumo de mercado y con precio, podemos observar como la restricción presupuestaria tiene forma horizontal (figura A.I.1).

Ante una mejora ambiental, el individuo tiene la posibilidad de situarse en una nueva curva de indiferencia (U_1) que le proporciona mayor nivel de bienestar que la inicial ($B > A$). Si el individuo tiene derecho al status quo, estaría dispuesto a pagar $B+C$ para garantizar que el cambio ambiental se produzca (VC). Por el contrario, si el individuo tiene derecho al cambio, podría estar dispuesto a recibir $A+D$ por renunciar al mismo (VE).

El cambio de bienestar se representa como el área por debajo de la función de demanda, comprendida entre la situación ambiental inicial y la final. Notemos que el bien ambiental no tiene asociado un precio, por lo que el excedente abarca hasta el eje X , que representa un precio nulo. Tomando como referencia la situación de mejora, la ganancia de bienestar derivada del cambio ambiental sería el área $A+B+C$. Si, por el contrario, consideramos la situación inicial, la ganancia de bienestar sería el área A .

Notemos que el cambio de bienestar en términos de VE y VC no coincidirían ni entre sí ni con el excedente del consumidor, que vendría determinado por la curva de demanda marshalliana y supondría el área $A+B$,

que representa el cambio de bienestar experimentado por el incremento del consumo del bien ambiental (no hay cambio de bienestar originado por variación del precio pues éste sigue siendo nulo).

Para realizar la estimación de cambios en el bienestar hemos de calcular la VC o VE a través de algún método de valoración y, puesto que se trata de un cambio ambiental sin mercado, es necesario aplicar métodos de valoración alternativos o no basados en los precios de mercado del bien a valorar. El objetivo, por tanto, es estimar cambios en el bienestar individual para posteriormente, realizar un ejercicio de agregación de las medidas estimadas para proporcionar una estimación de la mejora del bienestar social asociada al cambio ambiental introducido.

Anexo II. Muestreo previo y muestra definitiva

	Municipio	Hábitat	Entrevistas en costa	Entrevistas en interior	Entrevistas proyectadas	Entrevistas finales
A CORUÑA	Pino (O)	1		13	13	13
	Miño	1	5		5	5
	Vimianzo	2		14	14	14
	Neda	2	21		21	21
	Ames	3		16	16	16
	Boiro	3	16		16	16
	Culleredo	4		36	36	36
	Narón	4	21		21	21
	Santiago	5		15	15	15
	A Coruña	5	25		25	25
	Ferrol	5	24		24	24
Total			112	94	206	206
LUGO	Castroverde	1		11	11	11
	Guntín	1		11	11	11
	Cervo	1	4		4	4
	Mondoñedo	2		8	8	9
	Foz	2	5		5	5
	Monforte	3		9	9	9
	Viveiro	3	3		3	3
	Lugo	5		17	17	18
	Total			12	56	68	70
OURENSE	Maside	1		14	14	14
	Monterrei	1		14	14	14
	Xinzo de Limia	2		8	8	8
	Verín	3		7	7	7
	Ourense	5		21	21	21
	Total			0	64	64
PONTEVEDRA	Cotobade	1		11	11	11
	Illa de Arousa (A)	1	3		3	3
	Caldas de Reis	2		12	12	12
	Soutomaior	2	7		7	7
	Lalin	3		18	18	18
	Moaña	3	24		24	24
	Estrada (A)	4		5	5	5
	Redondela	4	19		19	19
	Pontevedra	5	32		32	32
	Vigo	5	32		32	32
Total			117	46	163	163
TOTAL			241	260	501	503

Anexo III. Cuestionario de valoración



CUESTIONARIO DE PERCEPCION SOBRE EL CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN LOS HOGARES GALLEGOS

Nº de cuestionario: _____

Fecha (dd/mm): ____/____/____ Hora inicio: ____:____:____

Provincia: _____ Tamaño Habit.: ____

Municipio: _____

PARTE I. ESTRUCTURA DEL CONSUMO

1. ¿Podría proporcionarnos una cifra aproximada del importe del recibo de electricidad -bimensual- correspondiente a su domicilio habitual? [Permitir al encuestado proporcionar las cifras en la moneda que se sienta más cómoda]

Importe 2 meses: _____ Euros _____ Ptas.
NS/NC: _____ 0

[ENCUESTADOR: Hacer el cálculo anual con posterioridad: Anual = bimensual x 6]

_____ Euros _____ Ptas.

2. ¿Tiene Ud. instalado en su hogar algún sistema de calefacción?

Si 1
No 2 → Pasar a P.3
NS/NC 9 → Pasar a P.3

2.1. ¿Es un sistema ...

Individual 1
Colectivo 2
NS/NC 9

2.2. ¿Y está compuesto por ...

Estufas o radiadores portátiles 1
Instalación fija de calefacción 2
NS/NC 9

2.3. ¿El tipo de energía que consume es ...

Carbón 1
Gas 2
Gas-ol 3
Leña 4
Electricidad, ¿tarifa nocturna?

Si 5
No 6
Otro, ¿cuál?: 7
NS/NC 9

3. De los siguientes aparatos eléctricos, ¿de cuáles dispone en su hogar? [Mostrar al entrevistado la TARJETA 'A' con el listado]

Si No

01. (si vive en una casa) Alumbrado exterior (jardín) 1 2
02. Frigorífico / nevera 1 2
03. Lavadora 1 2
04. Lavavajillas 1 2
05. Calentador eléctrico 1 2
06. Cocina (vitrocerámica o inducción) 1 2
07. Secadora 1 2
08. Homo 1 2
09. Microondas 1 2
10. Congelador 1 2
11. Deshumidificador 1 2
12. Aire acondicionado / climatizador 1 2
13. Secador de pelo 1 2
14. Aspirador 1 2
15. Tostador 1 2
16. Televisión 1 2
17. Equipo de música 1 2
18. Vídeo, dvd, consolas (otros reproductores de imagen) 1 2
19. Campana extractora 1 2
20. Robot de cocina, picadora, batidora, etc. 1 2
21. Otros [especificar] 1 2

3.1. ¿Cuáles y en que orden, son los tres que más influyen en su factura eléctrica (de mayor consumo)?

1º _____ 2º _____ 3º _____ NS/NC: 99

4. ¿Adopta alguna medida en su hogar para reducir el consumo eléctrico?

Si 1
No 2
NS/NC 9

4.1. ¿Cuál/es? [No leer, anotar las que diga]

Utilizar lámparas de bajo consumo 01
Tener electrodomésticos eficientes (categoría A o B) 02
Apagar luces si no son necesarias 03
Apagar electrodomésticos por completo (evitar el stand-by) 04
Utilizar con máxima carga o con programas adecuados lavadora y lavavajillas 05
Ponerse algo más de ropa para evitar calefacción elevada 06
Usar racionalmente la calefacción/ climatización (Ej.: cerrando ventanas, etc.) 07
Tener buenos materiales aislantes (en ventanas, etc.) 08
Ventilar unos minutos al día para disminuir la humedad 09
Otras: [especificar] 10
N.C. 99

5. Podría Ud. decirme aproximadamente cual cree que es el precio medio en el recibo de la luz del Kwh. (kilovatio-hora) para los hogares (todos los impuestos incluidos). [rodar la cifra]

Centimos euro	5	10	15	20
Pesetas	8	16	25	33

6. Y ¿en cuánto cree es más barato el Kwh. en tarifa nocturna (rodar) comparado con el normal?

10%	25%	50%	75%	100%
-----	-----	-----	-----	------

7. Aparte del gasto por consumo, el IVA, el pago por potencia contratada y el alquiler del equipo, ¿conoce Ud. algún otro recargo que ya esté pagando? [No leer, sólo anotar lo que diga]

No, ninguno 1
Impuesto especial sobre la electricidad (minería de carbón) 2
Costes permanentes del sistema (nuclear) 3
Costes diversificación y seguridad del abastecimiento (renovables) 4
Otras [especificar] 5

8. Necesitamos conocer algunos datos sobre su consumo. Si lo desea, puede apoyarse en un recibo reciente. [Asegurar al encuestado que la información será confidencial y sólo interesan datos sobre su consumo de electricidad] [Ayudarse de la TARJETA 'B' con la factura donde va señalada la ubicación de cada uno de los datos que se precisan]

8.1. Anotar meses a los que corresponde el recibo consultado: _____

8.2. Consumo (bimensual) en Kwh: _____

8.3. Potencia máxima contratada: _____ [Alternativamente: mínimo de factura _____]

8.4. Consumo diario de energía (en euros / día) _____ [Hacer cálculo aproximado para codificación: Anual = (365 x consumo diario) _____]

PARTE II. ESTRUCTURA DE LA PRODUCCION

9. ¿Cree Ud. que Galicia es una Comunidad Autónoma ... ?

Importadora de electricidad 1
Exportadora de electricidad 2
NS/NC 9

9.1. ¿Qué % del consumo importa?

10%	20%	30%	40%	50%
-----	-----	-----	-----	-----

9.2. ¿Qué % de la producción exporta?

10%	20%	30%	40%	50%
-----	-----	-----	-----	-----

10. De la electricidad consumida en Galicia, qué porcentaje cree Ud. que se realiza en los hogares (el resto hasta el 100% se le asigna a la industria, comercio, etc.)

0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

11. [Mostrar al entrevistado la TARJETA 'C' con el gráfico de barras] Si el precio del Kwh. para los hogares es 100 (primera columna, más oscura, del gráfico), ¿cuánto cree Ud. que pagan, por término medio, las grandes industrias el Kwh. respecto a un usuario doméstico?

90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	0%
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----

12. De cada 100 unidades de electricidad generada en la actualidad en Galicia, ¿cuántas cree Ud. que se generan con ...

Carbon + fuel + gas?.....%	
Hidráulica?.....%	
Otras?.....%	
Suma.....	100 %

[Mostrar al entrevistado la **TARJETA 'D'** con las explicaciones de cada tipo de energía: **Carbon-fuel-gas e Hidráulica**]

13. Dígame qué otras fuentes de energía conoce, aparte de la basada en combustibles fósiles o la hidráulica. [No leer, sólo anotar las que diga el encuestado en la tabla siguiente]

	Si	No
01. Eólica.....	1.....2	
02. Nuclear / atómica.....	1.....2	
03. Biomasa.....	1.....2	
04. RSU (residuos).....	1.....2	
05. Solar fotovoltaica.....	1.....2	
06. Solar térmica.....	1.....2	
07. Mareomotriz.....	1.....2	
08. Geotérmica.....	1.....2	
09. Otras [especificar].....	1.....2	
99. NS/ NC.....	1.....2	

13.1. Teniendo en cuenta las fuentes de energía que ha nombrado, ¿podría decirme cuáles son las más importantes considerando la cantidad de electricidad que se genera en Galicia a partir de ellas?

1º ___ 2º ___ 3º ___ 4º ___ 5º ___ 6º ___ NS/NC ___

[Mostrar al entrevistado la **TARJETA 'E'** con las explicaciones de cada tipo de energía: **Mini-hidráulica, Solar, Eólica, Residuos, Nuclear, Biomasa, Mareomotriz y Geotérmica**]

14. De las siguientes fuentes de energía, ¿podría decirme cuáles considera renovables y cuáles no renovables? (Las energías renovables son aquellas que utilizan combustibles no agotables, es decir, que se regeneran a corto plazo).

	Renovable	No renovable	NS/NC
Hidráulica.....	1.....2.....9		
Mini-hidráulica.....	1.....2.....9		
Solar fotovoltaica.....	1.....2.....9		
Solar térmica.....	1.....2.....9		
Eólica.....	1.....2.....9		
RSU (Residuos).....	1.....2.....9		
Térmica de carbon/ fuel/ gas.....	1.....2.....9		
Térmica nuclear/ atómica.....	1.....2.....9		
Biomasa.....	1.....2.....9		
Mareomotriz.....	1.....2.....9		
Geotérmica.....	1.....2.....9		

15. ¿Cuáles son, a su juicio, los principales problemas de producir electricidad con fuel, carbon o gas? Ordénelos según la importancia o gravedad que Ud. considera que tienen. [No mostrar. Primero marcar las que cite y después ordenar las opciones citadas de mayor a menor importancia, 1= la más importante]. [Es esencial que, en caso de nombrar otra/ s, el encuestador la/ s especifique en el espacio correspondiente]

	Si	No
01. Contaminación atmosférica en las poblaciones cercanas.....	1.....2	
02. Lluvia ácida.....	1.....2	
03. Contaminación de aguas (vía vertidos o por temperatura).....	1.....2	
04. Cambio climático/ efecto invernadero.....	1.....2	
05. Agotar recursos.....	1.....2	
06. Dependencia de suministros poco seguros (otros países, multinacionales, ... conflictos bélicos, guerras, etc.).....	1.....2	
07. Poco o nulo control sobre los precios.....	1.....2	
08. No generar empleos dentro del país.....	1.....2	
09. Otras.....	1.....2	
99. NS/ NC.....	1.....2	

15.1. Nº orden
1º ___ 2º ___ 3º ___ 4º ___ 5º ___ 6º ___ NS/NC ___

PARTE III. ESCENARIO DE FUTURO

El 50% de la electricidad que se produce en Galicia procede de fuentes de energía no renovables basadas en carbon, fuel y gas. Aparte

de su riesgo de agotamiento, estas fuentes de energía tienen otro tipo de efectos ambientales y/o sociales.

Además de las necesarias medidas de ahorro de energía, el apoyo a fuentes alternativas de energía puede ayudar a disminuir los problemas derivados del uso del carbon, petroleo y gas.

16. Si se considerase deseable y posible sustituir un 10% de la electricidad generada en Galicia con fuel, carbon y gas por otra fuente energética, ¿cual consideraría prioritaria. [Explicar que la energía procedente de fuel, carbon y gas pasaría a ser el 40% del total. Elegir sólo una opción]

Nuclear/ atómica.....	1
Hidráulica.....	2
Renovables (se incluyen mini-hidráulica, eólica, biomasa, solar, RSU).....	3
Otras.....	4
NS/ NC.....	9

17. Si, coincidiendo o no con su opción anterior, el Gobierno y la Unión Europea se inclinan por las renovables, ¿de las siguientes tres renovables qué tipo considera Ud. que en Galicia tendría mayor potencial? [Numerar 1, 2, 3 con 1 la de mayor potencia]

Pequeñas presas-centrales hidroeléctricas en cursos altos de los ríos (mini-hidráulica).....	1.....2.....3
Continuar con el impulso de los parques eólicos (eólica).....	1.....2.....3
Retirada de matorral y limpieza de los montes arbolados para obtener biomasa que genere electricidad (biomasa).....	1.....2.....3

18. ¿Qué problemas considera Ud. que tendría la biomasa como fuente de energía, si considerara que tiene alguno, en comparación con la extraída a partir de combustibles fósiles? [No leer las opciones. Marcar aquellas que el individuo nombre]. [A continuación realizar la misma pregunta para la eólica y, en tercer lugar, para la mini-hidráulica]

Problemas	Biomasa		Eólica		Mini-hidráulica	
	Si	No	Si	No	Si	No
00. Ninguno.....	1.....2		1.....2		1.....2	
01. Más cara (mayores costes de obtención de la materia prima, de funcionamiento ..).....	1.....2		1.....2		1.....2	
02. Daños a la fauna (aves, peces, etc.).....	1.....2		1.....2		1.....2	
03. Ruido.....	1.....2		1.....2		1.....2	
04. Impactos sobre el paisaje.....	1.....2		1.....2		1.....2	
05. Impactos na fase de transporte de materia prima.....	1.....2		1.....2		1.....2	
06. Abastecimiento no garantizado (cantidades disponibles de materia prima).....	1.....2		1.....2		1.....2	
07. Emisiones a la atmosfera.....	1.....2		1.....2		1.....2	
08. Riesgo de accidentes durante el funcionamiento.....	1.....2		1.....2		1.....2	
09. Impactos en la fase de construcción.....	1.....2		1.....2		1.....2	
10. Otras...../...../.....	1.....2		1.....2		1.....2	
99. NS/ NC.....	1.....2		1.....2		1.....2	

19. En función del potencial gallego y de los problemas asociados, ¿qué peso cree que debería tener cada una de estas tres fuentes de energía (biomasa, eólica, mini-hidráulica) en la disminución de la producción de energía mediante fuel y carbon?

Retirada de matorral y limpieza de los montes para biomasa.....	___%
Continuar con el impulso de los parques eólicos.....	___%
Pequeñas presas-centrales hidroeléctricas en cursos altos de ríos.....	___%
SUMA =	100%

20. Suponga Ud. que la opción adoptada por el Gobierno para Galicia es realizar cambios para sustituir, en el año 2010, el 10% de energía eléctrica procedente de centrales basadas en fuel, carbon y/ o gas por electricidad procedente de centrales de biomasa, material autóctono y renovable. Los gráficos siguientes muestran el cambio propuesto. [Mostrar al entrevistado la **TARJETA 'F'** con la **situación actual y la futura**]. Le recordamos que la energía basada en la biomasa consistiría en la retirada del matorral y la limpieza periódica de los montes arbolados y con los restos (biomasa) generar electricidad.

¿Qué opina de este objetivo?

No es necesario ningún cambio.....	1
Facilite y realista, dado el horizonte temporal.....	2
Demasiado ambicioso. Los cambios, si se producen, han de ser más graduales.....	3
Demasiado modesto. Debe realizarse una sustitución mayor y más decidida.....	4
NS/ NC.....	9

20.1 ¿Qué porcentaje de sustitución estima que sería razonable alcanzar en el 2010?

_____ %

21. ¿Qué ventajas considera que se derivarían de este cambio? *[No mostrar la tabla. Primero marcar las que cite, en caso de nombrar otras, especificar cuál es y anotarla/s en el espacio correspondiente y después que puntúe las opciones citadas según su importancia en escala de 1 (menos relevante) a 10 (más relevante)]*

	SI	No	Puntuación
Disminuir las emisiones de CO ₂ (y otros GEI*) y su impacto en el cambio climático.....	1	2	.....
Evitar la lluvia ácida.....	1	2	.....
Reducir la dependencia en suministros y precios de proveedores, países y mercados exteriores.....	1	2	.....
Generar empleo en el mundo rural en la limpieza de los montes y en la gestión de la biomasa.....	1	2	.....
Evitar otras emisiones a la atmósfera y al medio natural (aguas, sólidos).....	1	2	.....
Mejoras en el paisaje.....	1	2	.....
Reducir el riesgo de incendios forestales y la fácil expansión de los mismos en matorral y en bosques.....	1	2	.....
Contribuir a no agotar recursos mundiales limitados (petróleo, carbón, gas, ...)	1	2	.....
Otras:.....	1	2	.....
Ninguna.....	1	2	.....
NS/ NC.....	1	2	.....

*GEI = gases de efecto invernadero

22. A continuación le mostraré una serie de ventajas asociadas a la energía basada en la biomasa, además de las ya nombradas por Ud. y analizadas en las preguntas anteriores. Con esta nueva información, ¿podría ordenar ahora estas ventajas de mayor a menor importancia? *[Mostrar al entrevistado la TARJETA 'O' con las ventajas]*

	Importancia
Disminuir las emisiones de CO ₂ (y otros GEI*) y su impacto en el cambio climático.....
Evitar la lluvia ácida.....
Reducir la dependencia en suministros y precios de proveedores, países y mercados exteriores.....
Generar empleo en el mundo rural en la limpieza de los montes y en la gestión de la biomasa.....
Evitar otras emisiones a la atmósfera y al medio natural (aguas, sólidos).....
Mejoras en el paisaje.....
Reducir el riesgo de incendios forestales y la fácil expansión de los mismos en matorral y en bosques.....
Contribuir a no agotar recursos mundiales limitados (petróleo, carbón, gas, ...)
NS/ NC.....	9

*GEI = gases de efecto invernadero

23. Conseguir los beneficios de la retirada y utilización energética de la biomasa de nuestros montes para generar energía eléctrica supondría un coste de la electricidad superior al que —en estos momentos— tienen las centrales térmicas que funcionan con fuel, carbón o gas. Si pudiese elegir, ¿cuál le parecería el sistema preferible de actuación en relación a lo anterior? *[Leer solamente las dos primeras opciones aunque permita respuestas flexibles]*

- Pagar más caro el Kwh, renovable y destinar lo recaudado a hacer algo más rentable la producción con renovables, bajo inspección y garantía oficial de la procedencia de la electricidad consumida y del destino de los fondos..... 1
- Que todos los consumidores pagásemos un precio más alto por los Kwh, consumidos y ese recargo destinarlo a sustituir fuentes no renovables por fuentes renovables, bajo inspección y garantía oficial de que la recaudación se destina al uso previsto..... 2
- Cualquiera de los dos..... 3
- Ninguno de los dos *[si declara que estaría dispuesto a pagar pero no acepta ninguna de los dos instrumentos de pago presentados en 1 y 2]*..... 4
- Situación actual *[si el encuestado dice que no aceptaría pagar más de lo que actualmente paga]*. *[Pasara la pregunta 26]*..... 5

23.1. ¿Por qué no está de acuerdo con ninguna de las dos opciones? *[Pasara la pregunta 27]*

24. ¿Ud. estaría dispuesto/a a pagar algo más para tener plena garantía (mediante certificación oficial) de que en el año 2010 el 10% de la electricidad que se produce en Galicia procederá de la biomasa. *[Mostrar al entrevistado la TARJETA 'F', con la situación actual y la futura]*

- SI..... 1
- No..... 2 → *[pasar a 26]*
- NS/ NC..... 9

25. *[Ver la pregunta 8.4 (consumo anual) o, alternativamente, la pregunta 1 (consumo anual estimado)]*

Suponga que se le ofrece la posibilidad de pagar un poco más en su factura de luz para tener esa garantía de que en 6 años el 10% de la producción de electricidad en Galicia procederá de la biomasa.

[Mostrar al entrevistado la TARJETA 'F', con la situación actual y la futura y describir el escenario actual y el cambio]

Suponga también que una vez conocida la opinión de los consultados, el incremento en la factura lo pagarían todos los consumidores de electricidad, incluidas las empresas, y siempre en proporción a su consumo. Los pagos se realizarían durante 6 años y las cantidades recaudadas se incluirían en un fondo que se destinaría a incentivar el cambio.

Le recordamos que ahora paga _____ euros o _____ Ptas. al año por su consumo de electricidad.

¿Cuánto estaría dispuesto a pagar más al año para conseguir esa sustitución?

(EN EUROS o PTAS CORRESPONDIENTES A IMPORTE ANUAL DE INCREMENTO)

_____ euros
_____ PTAS

[Si aquí nos dijese 0 euros o Ptas., pasar a 26]. [En caso de aportar una cantidad positiva, pasar a la pregunta 27]

26. Si no acepta realizar ningún pago, ¿por qué? *[Anotar detalladamente su respuesta]*

IV. CARACTERIZACIÓN DEL HOGAR

27. ¿Podría decirme en qué año nació Ud.? *[codificar año y edad]*

Año: _____ Edad: _____

28. ¿Cuántas personas viven en su domicilio, incluyéndose Ud.?

Nº de personas: _____

29. De ellos, ¿cuántos son ...

Niños? (menores de 18): 0 1 2 3 4 5 6 _____

Adultos?(entre 18 y 65): 0 1 2 3 4 5 6 _____

Anzianos? (más de 65): 0 1 2 3 4 5 6 _____

30. ¿En qué Ayuntamiento nació Ud.? _____

31. ¿En qué Ayuntamiento se ubica su domicilio habitual? _____

32. ¿Cuántos años lleva residiendo en su actual domicilio? _____

33. Podría decirme también el nivel máximo de estudios que ha alcanzado y terminado.

Sin estudios	1
Primaria / ESO / EGB /FP1	2
BUP / Ciclo formativo medio/ FP2	3
Ciclo formativo superior	4
Estudios universitarios	5
Licenciatura universitaria	6
Otros	7
NS/ NC	8

34. ¿Cuál es su ocupación actual?

Trabajador autónomo	0
Trabajador por cuenta ajena a tiempo completo	1
Trabajador por cuenta ajena a tiempo parcial	2
Estudiante	3
Desempleado	4
Empresario (no autónomo)	5
Amo/a de casa	6
Jubilado/a	7
Retirado/a por enfermedad o minusvalía	8
Otros (especificar)	9

35. En su hogar, ¿disponen ustedes de automóvil?

No	1	→ [pasar a 36]
Si	2	

35.1. ¿Cuántos? ____

35.2. ¿Cuántos a gasolina? ____

35.3. ¿Cuántos diesel? ____

36. ¿Considera que el nivel económico de su hogar es ...

Alto	1
Medio	2
Bajo	3

37. ¿Ha realizado en los últimos meses alguna de las siguientes actividades?

	Si	No
Turismo rural	1	2
Senderismo	1	2
Caza	1	2
Recogida de productos del bosque (setas, frutos, miel, etc.)	1	2
Excursiones por el monte	1	2
Fin de semana o vacaciones en la aldea, en casa propia o de familiares	1	2
¿Sabe en qué meses se siembra/ recolecta la patata o el maíz?	1	2

38. [Preguntas sobre conducta ambiental]

	Si	No
¿Pertenece a alguna organización ecologista?	1	2
¿Lee a menudo revistas de naturaleza?	1	2
¿Sigue documentales de naturaleza por TV?	1	2
¿Evita comprar productos que dañen el medio ambiente?	1	2
¿Ha visitado en el último año algún museo natural, acuario o casa de la ciencia?	1	2
Sus actividades de ocio, ¿las suele realizar en la ciudad?	1	2
¿Ha visitado en el último año algún espacio natural gallego?	1	2

39. ¿Podría decirme en cual de los siguientes tramos se encuentran sus ingresos netos mensuales, tanto familiares como personales?

[Mostrar al entrevistado la TARJETA 'H' con los niveles de renta]

Renta	Hogar	Individual
Sin ingresos	00	00
Hasta 250,00 euros	01	01
De 250,01 a 425,00 euros	02	02
De 425,01 a 600,00 euros	03	03
De 600,01 a 1.000,00 euros	04	04
De 1.000,01 a 1.500,00 euros	05	05
De 1.500,01 a 2.000,00 euros	06	06
De 2.000,01 a 2.500,00 euros	07	07
De 2.500,01 a 3.000,00 euros	08	08
Más de 3.000,00 euros	09	09
NS/ NC	99	99

40. Antes de terminar la encuesta, ¿qué opina del cuestionario que acaba de contestar?

Demasiado largo	1
Difícil	2
Interesante	3
Formalivo	4

Nombre de pila del entrevistado: _____

Dirección de realización de la entrevista: _____

Teléfono del entrevistado: _____

PREGUNTAS PARA EL/ LA ENCUESTADOR/ A

Hora finalización: ____ : ____

[Codificar duración en minutos de la encuesta] ____

Nombre del encuestador: _____

E.1 Sexo del encuestado:

Masculino	1
Femenino	2

E.2 En las preguntas de valoración obtuvo:

Respuesta inmediata	1
Medio con calma	2
No se las tomó en serio	3

E.3 ¿Cómo cree que el encuestado ha entendido las preguntas?

Muy bien	1
Bastante bien	2
Algo bien	3
No las ha entendido	4

E.4 ¿Qué sinceridad cree que ha mostrado al responder?

Bastante sincero	1
Poco sincero	2
Nada sincero	3

E.5 ¿Qué grado de cooperación ha mostrado al responder?

Bastante cooperativo	1
Poco cooperativo	2
Nada cooperativo	3

E.6 ¿Considera que el nivel económico del hogar del encuestado es...

Alto	1
Medio	2
Bajo	3

Muchas gracias por su colaboración

TARJETA «A»

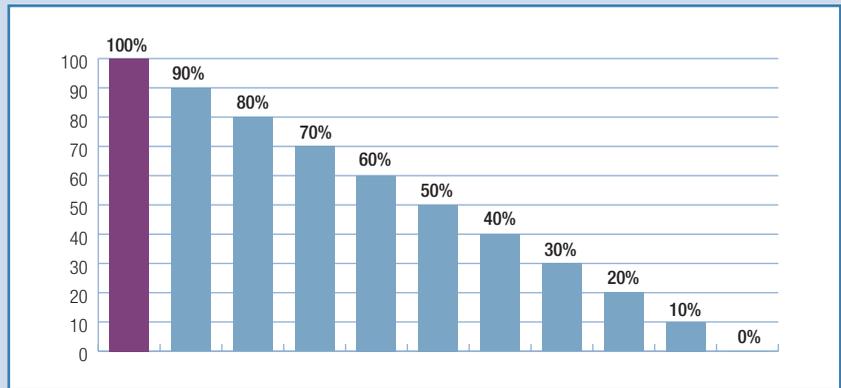
P.3. Aparatos eléctricos del hogar

01. (Si vive en una casa) alumbrado exterior (jardín)
02. Frigorífico/nevera
03. Lavadora
04. Lavavajillas
05. Calentador eléctrico
06. Cocina (vitrocerámica o inducción)
07. Secadora
08. Horno
09. Microondas
10. Congelador
11. Deshumidificador
12. Aire acondicionado/climatizador
13. Secador de pelo
14. Aspirador
15. Tostador
16. Televisión
17. Equipo de música
18. Vídeo, DVD, consolas u otros reproductores de imagen
19. Campana extractora
20. Robot de cocina, picadora, batidora, etc.
21. Otros [especificar]

TARJETA «C»

P.11. Precio del kilowatio

90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	0%
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



TARJETA «D»

P.13. Tipos de energía

Carbón-fuel-gas

La electricidad generada a partir de carbón, fuel o gas, se realiza en centrales térmicas, quemando estos combustibles para producir vapor y aprovechando este vapor para la producción de electricidad.

Hidráulica

La energía hidráulica procede del aprovechamiento de la fuerza da auga en ríos para transformarla, mediante la construcción de grandes presas, en electricidad.

TARJETA «E»

P.14. Tipos de energía

Mini-hidráulica

La energía mini-hidráulica procede del aprovechamiento de la fuerza del agua para transformarla en electricidad, mediante la construcción de pequeñas presas en el curso alto de los ríos.

Solar

La energía solar consiste en el aprovechamiento energético de la radiación solar a través de un sistema de paneles mediante el cual se puede obtener electricidad (fotovoltaica) o calor (térmica).

Eólica

La energía eólica se obtiene en parques eólicos a partir del movimiento que el viento genera en las aspas de los molinos de viento.

Residuos

La energía de RSU se obtiene a partir de la combustión de basura y otros residuos urbanos.

Nuclear

La electricidad generada a partir de uranio, se realiza en centrales térmicas, quemando este combustible para producir vapor y aprovechando este vapor para la producción de electricidad.

Biomasa

La energía de la biomasa se obtiene a partir de la combustión de material y restos de las podas, que habitualmente son abandonados en el monte y no aprovechados.

Mareomotriz

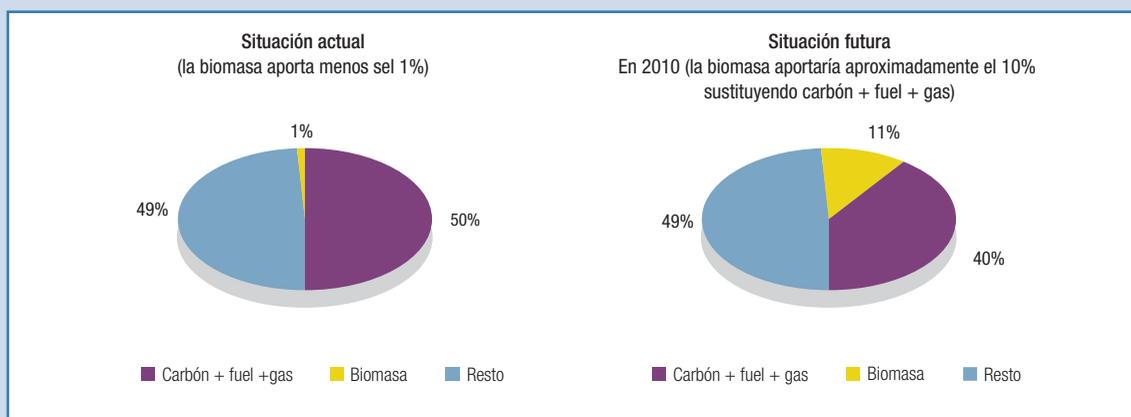
La energía mareomotriz se obtiene a través de procesos de aprovechamiento de la energía potencial de las mareas.

Geotérmica

La energía geotérmica consiste en el aprovechamiento de la energía térmica natural, o sea, la procedente del interior de la tierra y que se transporta a niveles superficiales a través de rocas y fluidos, volcanes, géiseres, manantiales hidrotermales, etc.

TARJETA «F»

P. 16, 20, 24, 25. Situación actual y futura



Fuente: elaboración propia.

TARJETA «G»

P.22. Ventajas asociadas a la energía basada en la biomasa

- Disminuir las emisiones de CO₂ (y otros GEI) y su impacto en el cambio climático
- Evitar la lluvia ácida
- Reducir la dependencia en suministros y precios de proveedores, países y mercados exteriores
- Generar empleo en el mundo rural en la limpieza de los montes y en la gestión de la biomasa
- Evitar otras emisiones a la atmósfera y al medio natural (aguas, sólidos)
- Mejoras en el paisaje
- Reducir el riesgo de incendios forestales y la fácil expansión de los mismos en matorral y en bosques
- Contribuir a no agotar recursos mundiales limitados (petróleo, carbón, gas...)

Conclusiones

En un escenario energético internacional con incertidumbre, en el cual los combustibles fósiles representan más del 70% del total de energía primaria, las fuentes de energía renovables (FER) están llamadas a ocupar cuotas crecientes dentro de las que hoy utilizamos para producir electricidad. Razones ambientales, estratégicas y sociales empujan en esa dirección.

El «Tratado por el que se establece una Constitución para Europa» así lo reconoce cuando, en sus artículos III-256 y III-233, hace referencia explícita a la energía y a la conservación y mejora del medio ambiente respectivamente, 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.).

Los escenarios o planes energéticos europeos (Libro Blanco de la Energía en Europa) y estatales (Plan de Fomento de Energías Renovables en España) así lo explicitan para el horizonte de 2010 y, dentro de tales estrategias, a la biomasa en general y a la biomasa forestal en particular se les asigna un papel de primer orden, sobre todo en lo que se refiere a la producción de electricidad (capítulo 1).

Para la comunidad autónoma de Galicia, el Plan de Fomento de Energías Renovables de España establece que se debería incrementar la producción de energía a partir de biomasa en una cuantía no inferior a 138 ktep (de los cuales 72 corresponderían a la biomasa forestal). Tal objetivo no es ratificado en el Libro Blanco de la Energía de Galicia, en el cual se contempla solamente un incremento de producción de e-biomasa de 45 ktep, es decir, tres veces menos que el objetivo anotado para esta región en el Plan de Fomento de Energías Renovables nacional.

Ante la divergencia entre los objetivos establecidos para Galicia en las estrategias energéticas nacional y autonómica, cabe plantearse si la causa podría ser que el *stock* de biomasa disponible en Galicia no es suficiente para alcanzar la producción de electricidad contemplada en la estrategia nacional. Realizando un análisis muy prudente, en el cual solamente hemos tenido en cuenta la biomasa forestal y, dentro de ésta, los residuos de las cortas de madera y de la limpieza sostenible del matorral, en el capítulo 1 de nuestra investigación hemos constatado que, con los recursos disponibles, se podría más que triplicar la producción de electricidad objetivo en la estrategia energética gallega, y prácticamente duplicar los 72 ktep (incremento esperado de e-biomasa) no ratificados por el Libro Blanco de Energía en Galicia, pero sí previstos para esta región en el Plan de Fomento de Energías Renovables de España.

Las potencialidades de este recurso natural y autóctono (biomasa forestal), en gran parte no gestionado y abandonado en los montes, permitiría que en Galicia se creasen centrales de biomasa con una potencia instalada agregada de 100 MW. En este contexto, se podría contemplar un escenario prospectivo para el año 2010 en el cual se sustituyese parte de la electricidad generada actualmente con combustibles fósiles (carbón y petróleo principalmente y gas natural de forma secundaria) por electricidad generada a partir de una fuente energética renovable como la biomasa forestal.

En este escenario, los costes sociales de la electricidad estarían formados por costes privados, de regulación y costes externos. Estos últimos no tienen asociado un precio de mercado y son conocidos como «externalidades». Pueden clasificarse en medioambientales y no medioambientales (efectos sobre la sociedad y la economía) y pueden ser positivas o negativas. La sustitución entre fuentes energéticas implicaría evitar costes externos (negativos) asociados a la producción de electricidad negra y, además, generar beneficios externos (positivos) sobre la economía, la sociedad y el medioambiente.

Entre los costes externos evitados, la valorización energética de la biomasa produciría un ahorro de emisiones de CO₂ de 800.000 toneladas que, expresadas en unidades monetarias, equivaldrían a 14,4 millones de euros de daños evitados sobre el cambio climático. Si incorporamos otros daños ambientales (efectos sobre salud, cultivos, materiales, bosques, pes-

querías, etc.) ocasionados en los procesos de producción de electricidad con combustibles fósiles (*electricidad negra*), los costes externos evitados por la utilización de biomasa en los procesos de generación eléctrica (*electricidad verde*) supondría un diferencial neto en daños evitados, respecto al petróleo y el carbón, de 29,7 y 40,5 millones de euros respectivamente. Al mismo tiempo, la producción de e-biomasa permitiría sustituir el 1,65% del total de crudo descargado en Galicia. Por lo tanto, los costes sociales evitados por dejar de importar esa cantidad de petróleo, es decir, una parte de los costes indirectos de la dependencia medida en términos parciales de seguridad de importación, supondrían más de 3 millones de euros.

Como hemos mencionado, además de evitar costes externos derivados de la producción de electricidad negra, la producción de e-biomasa generaría una serie de beneficios externos directos, tanto sobre el medioambiente, como por ejemplo la disminución de riesgo de incendios, como sobre la economía y la sociedad, como es la creación de empleo en el mundo rural.

Así, la valorización eléctrica de los residuos de las cortas de madera y de la limpieza del matorral implicaría una notable disminución del riesgo de incendios. Es decir, el aprovechamiento de estos recursos actualmente no valorizados produciría externalidades positivas. Tal reducción en el riesgo de incendios podría favorecer que la partida de gastos anuales en concepto de prevención y defensa contra incendios disminuyese hasta los 28,7 millones de euros, lo que supondría un ahorro de más de 23 millones de euros anuales.

Otro de los efectos externos positivos de la producción de electricidad con biomasa sería la creación de empleo en el mundo rural y la disminución de desigualdades intraterritoriales (urbano vs. rural). La instalación de 100 MW de biomasa conllevaría la creación de 3.200 nuevos empleos en el mundo rural, lo que supondría, en términos de ahorro de prestaciones por desempleo, 26,4 millones de euros anuales. Y ello sin considerar los beneficios de cohesión social y territorial inducidos por estos nuevos ocupados en las nuevas centrales y su área de influencia en aprovisionamientos.

Recapitulando las estimaciones realizadas, la sustitución de electricidad negra por electricidad verde implicaría reducir una serie daños am-

bientales, menores gastos en prevención y extinción de incendios, reducción de riesgos asociados al suministro de hidrocarburos y una inducción de empleo rural. La contabilización de estos efectos (económicos, sociales y ambientales) desembocaría en un beneficio entre 8,08 c€ a 8,83 c€ por kWh producido, siendo el valor superior el asociado a la sustitución de carbón por biomasa y el inferior a la sustitución de hidrocarburos.

Todos estos efectos (analizados en el capítulo 2) forman parte de los costes sociales de la electricidad y, por tanto, debieran ser considerados en la fijación de los precios. La no internalización de los costes externos evitados y de los beneficios externos generados en la producción de electricidad verde implica fallos en el mercado y efectos distorsionantes en la elección de fuentes de energía, que retrasan la penetración de las fuentes de energía renovables en nuestro sistema energético. La presencia de fallos de mercado justificaría, por tanto, la intervención pública para internalizar en los precios de la electricidad tales externalidades.

Además de los costes y beneficios externos, otro de los elementos de los costes sociales de la electricidad lo conforman los costes privados, es decir, costes derivados del proceso de generación eléctrica (inversión inicial de capital, compra de combustible, transporte, etc.) que debe afrontar el productor. A diferencia de los costes externos, éstos sí tienen asociado un precio de mercado.

Los costes privados de la producción de electricidad con FER son superiores a los correspondientes a las fuentes energéticas convencionales. Y, entre las FER, los costes privados de la biomasa forestal son muy superiores a los de otras tecnologías renovables (capítulo 3).

La principal diferencia entre la biomasa y otras FER, como la eólica, solar o hidráulica, radica en que el coste de combustible de estas últimas es nulo, mientras que para la biomasa forestal puede representar cerca del 70% de los costes totales privados. Con tal estructura de costes, el resultado final se resume en que los costes privados pueden representar casi el triple que los ingresos brutos de la central productora, conformados por el binomio de ingresos de la venta de electricidad y las primas a la producción actualmente vigentes. En esta situación, la inexistencia de ayudas al combustible dificulta que las centrales sean económicamente viables y explica la escasa penetración de la biomasa forestal en el mercado de electricidad.

El Plan de Fomento de Energías Renovables, en base a la información contenida en el Plan Forestal Español, contempla ayudas a la silvicultura que *a priori* son aplicables para la retirada de residuos forestales y su posterior valorización energética. Sin embargo, las ayudas anotadas corresponden a programas forestales que, aunque relacionados, no han sido diseñados específicamente para la valorización energética de la biomasa forestal.

Resultado directo de la falta de planificación y diseño de nuevos programas, es que tales compensaciones económicas no serían suficientes ni adecuadas para cubrir los costes de aprovisionamiento de combustible de las centrales productoras de e-biomasa. Por lo tanto, las subvenciones debieran enmarcarse en un nuevo programa de carácter silvoenergético, que contemplase la extracción y puesta en planta de los residuos forestales de los montes gallegos. Tal medida implicaría una subvención de 582,41 €/ha (capítulo 3), es decir, prácticamente el doble de las ayudas establecidas en los programas (exclusivamente forestales) a los que apunta el Plan de Fomento de Energías Renovables.

Si tuviéramos en cuenta las externalidades que genera la valorización energética de la biomasa forestal (consideraríamos entonces el coste social, que es inferior al coste privado), la subsidiación de los costes de combustible (por un mínimo de 5,33 c€/kWh, resultado de las pérdidas actuales de los productores, cifra inferior a la estimación de costes externos realizada en el capítulo 2 por 8,08 c€/kWh), harían viable la generación de electricidad en base a residuos forestales. De tal forma, se ajustarían los valores sociales, económicos y ambientales en juego, y los productores podrían valorizar este recurso natural renovable abandonado en los montes.

El sistema de discriminación tarifaria positiva vigente en España, basado en el establecimiento de primas a la producción de e-FER, explicaría en gran medida la dispar penetración en el mercado de las diferentes FER. Así por ejemplo, una tecnología con costes de combustible nulos como la eólica, se ha visto beneficiada en los últimos años de la mayor parte de un fondo (nutrido por la imposición energético-ambiental sobre el consumo eléctrico) cuyo destino son las primas a la producción de la e-FER. Tales ayudas han sido suficientes para compensar los mayores costes privados de esta tecnología renovable en relación a las FEC.

El análisis del reparto de subvenciones a las cuatro principales tecnologías renovables (eólica, hidráulica, biomasa primaria y biomasa secundaria), muestra como la eólica capta en la actualidad más del 50% del fondo común para todas las FER (capítulo 3), lo cual no se corresponde con los objetivos fijados en nuestras estrategias energéticas (capítulo 1). De hecho, otras tecnologías con gran peso en el Plan de Fomento de Energías Renovables, como la biomasa, prácticamente no participan en el reparto, lo que dificulta que los costes privados se reduzcan hasta el umbral de rentabilidad en comparación con el kWh negro.

Por lo tanto, para el caso de la biomasa forestal, se debieran tener en cuenta los costes de combustible pues, como hemos mencionado, es una característica específica de esta FER que influye significativamente en los costes privados de la electricidad generada con la misma. Si esto es así, sería necesario diseñar un sistema de ayudas públicas, basado en la internalización de los costes sociales de las diferentes FER que, para el caso que aquí nos ocupa, nos llevaría a instrumentarlas tanto en primas a la producción de electricidad verde, como en subvenciones directas al aprovisionamiento de combustible (capítulo 3). Las subvenciones podrían fundamentarse bien en un fondo nutrido con recargos a las FEC, de ingresos públicos, de un sobreprecio asumido por el consumidor de e-biomasa o de una combinación de todos estos mecanismos. De esta forma y, en la línea de las argumentaciones de la Comisión Europea, se darían los pasos necesarios para integrar los costes sociales totales (internalizando por tanto los costes y beneficios externos) en los precios.

Pues bien, si uno de nuestros objetivos prioritarios es la integración de los costes sociales en los precios, será necesario disponer de cuantificaciones de los efectos externos (que no tienen asociado un precio de mercado) originados por la sustitución de electricidad generada con fuentes de energía convencionales por e-FER. Por ello, debemos plantearnos y responder a la cuestión de si los consumidores, y la sociedad en su conjunto, estarían dispuestos a remunerar la *electricidad verde* obtenida a partir de la biomasa forestal. De esta forma, podríamos obtener un indicador monetario de los costes sociales de la sustitución de e-FER por e-biomasa (capítulo 4).

Para estimar los costes sociales de la electricidad es necesario, dada la presencia de externalidades sin precio de mercado, recurrir a métodos de valoración económica que capturen el valor de las mismas. El método

de valoración contingente constituye la herramienta más adecuada para tal propósito, pues permite capturar el valor económico total (con y sin mercado) del cambio en el bienestar derivado de la sustitución de e-FEC por e-biomasa. Para ello es necesario construir un escenario de cambio que sea, a la vez, realista y creíble. Este escenario o mercado simulado es incorporado en un cuestionario que permitirá, una vez aplicado a una muestra representativa de la población, recoger las preferencias de la sociedad por el cambio propuesto.

De forma previa a la valoración contingente, se analizó cual sería el sistema preferible de actuación para llevar a cabo el cambio objeto de estudio. Las opciones presentadas fueron:

- Pagar más caro el kWh renovable y destinar lo recaudado a hacer algo más rentable la producción con renovables, bajo inspección y garantía oficial de la procedencia de la electricidad consumida y del destino de los fondos.
- Que todos los consumidores pagásemos un precio más alto por los kWh consumidos y ese recargo destinarlo a sustituir fuentes no renovables por fuentes renovables, bajo inspección y garantía oficial de que la recaudación se destina al uso previsto.

Los individuos pudieron mostrar indiferencia por el instrumento de pago, rechazar ambas opciones (aunque aceptan que estarían dispuestos a realizar algún pago) o elegir la situación actual, es decir, no pagar más de lo que actualmente paga. Aquellos que declararon no estar de acuerdo con ninguno de los medios de pago ofrecidos no realizaron la valoración de la política de sustitución. Esta es una forma novedosa de detectar respuestas protesta (relacionadas con el medio de pago) respecto a la literatura económica previa existente, en la que el proceso habitual es obtener la valoración y, a posteriori, detectar y eliminar las respuestas protesta.

El medio de pago preferido resultó ser el actual, en el cual los consumidores pagan un recargo (en función a su consumo eléctrico) que es destinado a un fondo que financia las fuentes energéticas menos contaminantes (capítulo 3). Sin embargo, la mayoría de los individuos que optaron por la esta opción no conocían que actualmente ya existe ese recargo en su factura eléctrica.

Las respuestas de los individuos que declaran no estar dispuestos a pagar más de lo que actualmente pagan (medio de pago actual) pueden

considerarse como un cero real o un cero protesta. Si los individuos argumentaron que el precio actual de la electricidad ya es demasiado elevado, o que el coste del cambio no debe ser asumido por la población sino por las empresas eléctricas y/o por el Estado, sus respuestas son consideradas como una clara protesta frente al escenario de valoración (reacción ante aspectos clave de la política de intervención propuesta) y, por tanto, no son introducidas en la función de valor. Sin embargo, declarar otras razones para no estar dispuestos a financiar el cambio, como por ejemplo la restricción presupuestaria, la opinión de que el cambio propuesto no es suficiente para satisfacer sus expectativas o que existen otras alternativas, la preferencia por el *status quo*, etc. permiten suponer que los individuos no muestran realmente preferencias favorables al cambio propuesto y por ello sus respuestas se consideran ceros reales, que son incorporados como tales en el análisis.

El escenario de cambio que diseñamos en esta investigación plantea la sustitución, hasta el año 2010, del 10% de la energía eléctrica producida en Galicia con carbón, fuel y gas, por electricidad generada en centrales de biomasa, material autóctono y renovable formado por los residuos generados en la retirada de matorral y limpieza de los montes arbolados. Para ello se plantea la posibilidad de pagar un poco más en la factura eléctrica, de forma que se cree un fondo que financie el cambio propuesto. Se detalla que el incremento en la factura lo pagarían todos los consumidores de electricidad (incluidas las empresas) y siempre en proporción a su consumo. Finalmente, se realiza la pregunta de valoración (formato abierto): «¿Cuánto estaría dispuesto a pagar más al año para conseguir esta situación?».

En base al análisis de las respuestas a la pregunta de valoración y al resto de preguntas del cuestionario (percepción sobre diversas cuestiones relacionadas con el consumo y producción de electricidad, características socio-económicas, percepciones sobre los elementos del escenario, etc.), estimamos una función de valor que nos permite calcular la disposición al pago (contingente a los elementos del escenario) de la sociedad gallega e identificar aquellas variables que influyen en la misma.

Tras comprobar que las características de la población entrevistada (muestra) se ajusta a las características básicas de la población gallega (edad, estudios, hábitat de residencia, estructura familiar, renta, etc.),

observamos que el 36,78% de la sociedad gallega apoyaría la sustitución planteada en el escenario¹ (10% de e-FEC por e-biomasa), con una disposición al pago (DP) media de 38,33 euros por familia y año (hasta el 2010). Esta disposición al pago supondría un incremento de un 10% sobre el precio de la electricidad y, por tanto, sobre la factura eléctrica. Cuantía que se ajusta a la disposición al pago media de la población europea por la energía procedente de FER (capítulo 4).

Variables explicativas de dicha DP serían, por ejemplo, el gasto familiar anual en electricidad, que influye positivamente en la disposición al pago, funcionando como un indicador de nivel económico o capacidad adquisitiva del hogar, al igual que la renta, que también es significativa e influye positivamente en la disposición a contribuir para financiar la sustitución del 10% de e-FEC por e-biomasa en Galicia.

Otro conjunto de variables que influyen en la disposición al pago son aquellas relacionadas con la percepción de los individuos sobre diferentes aspectos del escenario. Los individuos que consideran que la generación de electricidad con biomasa presenta problemas (coste, daños a la fauna, ruido, impactos sobre el paisaje, etc.) están menos dispuestos a pagar para financiar el cambio. Asimismo, el medio de pago influye en la DP, de forma que optar por alguna de las opciones presentadas (pagar más caro todos los kWh, pagar más caro sólo los kWh renovables o cualquiera de ellas) influye positivamente en la DP.

Sin embargo, aquellos otros que opinan que las FER en general son prioritarias para la sustitución de FEC, están menos dispuestos a aceptar incrementos en su factura eléctrica para financiar el cambio de e-FEC por e-biomasa. De forma implícita, esta variable reflejaría un orden de preferencias sobre la prioridad de sustitución con otras tecnologías renovables frente a la biomasa.

También aparecen como relevantes algunas variables relacionadas con el conocimiento sobre problemas de producir electricidad con FEC y FER. En este caso, identificar el cambio climático como un problema general de la e-FEC influye positivamente en la DP. Y opinar que en la

¹ Eliminando las respuestas protesta al medio de pago, constatamos que el 70,25% de los hogares gallegos estarían dispuestos a financiar el cambio propuesto.

generación de electricidad a partir de centrales minihidroeléctricas se generan problemas también influye positivamente en la DP por la sustitución de e-FEC por e-biomasa.

Finalmente, otro conjunto de variables significativas hace referencia a características socio-económicas de los entrevistados. Al igual que la renta, el tamaño del hábitat de residencia influye positivamente en la DP. Asimismo, considerar que el cuestionario es interesante o formativo también condiciona positivamente al individuo a la hora de aceptar el escenario de valoración contingente planteado. La edad del encuestado también influye, aunque negativamente, en la DP. Finalmente, aquellos entrevistados que declaran considerar criterios ecológicos o verdes en su consumo están menos dispuestos a favorecer la política de sustitución propuesta. En este caso, los individuos considerarían que ya incurren en gastos de naturaleza preventiva para mejorar el medio ambiente y estarían menos dispuestos a asumir costes adicionales.

Realizando una agregación para Galicia de la DP familiar, constatamos que se podría crear un fondo destinado a la subvención de la e-biomasa comprendido entre 50 y 119 millones de euros. Si tenemos en cuenta que el escenario propuesto implicaría una producción de e-biomasa de 1.019 GWh anuales (capítulo 1), obtendríamos una disposición al pago de 4,98 c€/kWh a 11,69 c€/kWh, horquilla en la que se incluiría la estimación de daños evitados (capítulo 2) por un mínimo de 8,08 c€/kWh. Asimismo, esta DP implicaría que la población sufragaría una subvención para la movilización energética del matorral de los montes gallegos comprendida entre 979 €/ha y 2.297 €/ha (cifras muy superiores al coste de movilización de combustible, estimado en el capítulo 3 por un importe de 582 €/ha).

En términos medios, la creación de un fondo basado en el incremento de la factura eléctrica exclusivamente de los consumidores domésticos e industriales con DP (criterio conservador), produciría un cambio de bienestar que, expresado en términos monetarios, ascendería a prácticamente 51 millones de euros anuales, es decir 4,98 c€ por cada kWh consumido.

Por lo tanto, si la internalización fuese efectiva, los ingresos de los productores de e-biomasa pasarían a derivarse de la venta de electricidad, de las subvenciones a la producción en forma de primas eléctricas (instru-

mentos ya existentes) y de un componente novedoso respecto al sistema actual: las subvenciones al combustible. Con este sistema y, con una subvención como la aquí anotada (4,98 c€/kWh), se podrían valorizar la totalidad de residuos forestales (que actualmente no son gestionados y se encuentran abandonados en nuestros montes), que constituyen las fuentes de energía primarias de las centrales de biomasa. Consecuentemente, se conseguiría internalizar los costes sociales comentados en el capítulo 2, es decir, evitar una serie de costes externos negativos asociados a la producción de *electricidad negra* y, además, generar beneficios sociales sobre el medioambiente y la sociedad.

En nuestro escenario, la valorización energética del matorral disponible en Galicia, regulada conjuntamente con ayudas específicas a la producción de electricidad verde y por un programa silvoenergético basado en ayudas directas al combustible, generaría un cambio de bienestar positivo para la sociedad gallega en la magnitud que aquí hemos perfilado, es decir, cerca de 51 millones de euros anuales.

Constatamos así que la población gallega estaría motivada por aumentar el peso de la electricidad generada con biomasa forestal.² Por lo tanto, las preferencias sociales de la población gallega respaldarían a las administraciones públicas para emprender actuaciones que conduzcan hacia un escenario de desarrollo energético sostenible, siendo la sustitución de e-FEC por e-biomasa una de las medidas a tener en cuenta. En dicho escenario de desarrollo energético sostenible se deben subrayar tres dimensiones: autonomía energética, calidad de vida y desarrollo rural.

i. Autonomía energética:

A diferencia de los combustibles fósiles (recursos naturales escasos y agotables), las FER constituyen una vía de abastecimiento energético inagotable (recursos naturales autóctonos con un potencial de produc-

² La utilización tradicional de la biomasa es la principal forma de suministro energético de los países menos desarrollados. Sin embargo, la valorización eléctrica de la biomasa supone una forma energética avanzada, propia de los países más desarrollados. Como hemos visto en el capítulo 1, la Unión Europea ha emprendido acciones encaminadas hacia el desarrollo energético sostenible (aunque aún queda mucho camino por recorrer), reservando en sus estrategias energéticas un papel muy relevante para la producción de electricidad a partir de biomasa.

ción «constante» en el tiempo). Por tanto, la producción de electricidad a partir de FER constituye una cuestión relevante para la población preocupada por la seguridad del abastecimiento energético. Sin lugar a dudas, esta preocupación tiene un marcado carácter altruista, pues las generaciones presentes probablemente no se enfrenten a un eventual caos provocado por el agotamiento de los combustibles fósiles (sobre todo el petróleo). Por lo tanto, la preocupación central y la demanda por aumentar el peso de las FER en el sistema eléctrico, tiene un componente de valor de opción para las generaciones futuras, que seguramente no conozcan un sistema de producción eléctrico como el actual.

Además, una economía con gran peso de las fuentes de energía renovables en el mercado eléctrico será más segura que otra con gran peso de combustibles fósiles, pues existe una relación contrastada entre la disponibilidad de los recursos fósiles, conflictos bélicos y posicionamientos políticos. Por lo tanto, respaldar un mayor peso de la e-FER puede ser debido a una preocupación por la seguridad en el abastecimiento eléctrico, por la estabilidad de los precios, y/o por la estabilidad política internacional y la prevención de los conflictos bélicos, lo que está asociado a un valor de existencia.

ii. Calidad de vida:

Los efectos negativos, en un principio locales, de las fuentes energéticas convencionales (fuel, carbón y gas) se han ido expandiendo a un nivel global, afectando la calidad de vida de las generaciones actuales pero, sobre todo, poniendo en peligro la de las generaciones futuras. Así, los efectos negativos de la producción y consumo de electricidad negra sobre el medioambiente alcanzan ya dimensiones globales. El aumento de las emisiones de CO₂, principal causante del efecto invernadero y del consecuente aumento de temperatura del planeta, el aumento de las emisiones de SO₂, principal causante de la lluvia ácida, los efectos de la contaminación sobre la salud de la población, etc. Todo ello redundará en una disminución de la calidad de vida y, por tanto, del bienestar social. Y así lo percibe la población gallega al manifestar su preferencia por la sustitución de una parte de la electricidad generada con fuentes energéticas convencionales y altamente contaminantes como el petróleo, carbón y gas, por otras de carácter autóctono y renovable como la biomasa.

Asimismo, la valorización de una fuente energética como la biomasa forestal produce efectos positivos sobre los montes y bosques. Así, la retirada sostenible del matorral reduce el riesgo de incendios y, por tanto, constituye una acción relevante para la conservación del patrimonio natural. Esta mejora ambiental y paisajística puede traducirse en un incremento de bienestar para la población y, por tanto, una mejora en la calidad de vida.

iii. Desarrollo rural:

El proceso de valorización eléctrica de la biomasa forestal lleva asociado un proceso de logística y aprovisionamiento de combustible, en el que la retirada de residuos forestales del monte, es decir, limpieza del monte bajo (matorral) y de los residuos de las cortas madereras, supone un alto porcentaje de los costes privados. La realización de estas actividades silvícolas se asocia con la creación de empleo en el mundo rural y, por tanto, supone una fuente de ingresos para las zonas más desfavorecidas. La creación de riqueza en el mundo rural favorecerá, además del desarrollo de las zonas rurales y la fijación de población en las mismas, la disminución de disparidades intraterritoriales (urbano vs. rural).

El Dr. José Ignacio Pérez Arriaga, en su discurso³ de investidura como Académico de la Real Academia de Ingeniería, se hacía esta pregunta: «¿Por qué el gran potencial de las FER no se traduce en una mayor participación en el suministro eléctrico global?». En pocas líneas resume una respuesta que, con matices, integra los principales resultados obtenidos en esta investigación para una FER en particular (capítulo 1): «El motivo es que sus costes de producción son en general todavía demasiado altos para ser competitivos con los de las fuentes de producción tradicionales (capítulo 3), dados los actuales precios de la energía (capítulo 3), que no incluyen la valoración económica del impacto ambiental (capítulos 2 y 4). Se necesita

³ Discurso del Académico Electo Excmo. Sr. D. José Ignacio Pérez Arriaga, leído en el acto de su recepción pública el día 28 de octubre de 2003, y contestación del Académico Excmo. Sr. D. Luis Alberto Petit Herrera. Disponible en la sección de Publicaciones de la Real Academia de Ingeniería (Serie «Discursos de Ingreso»). http://www.real-academia-de-ingenieria.org/publicaciones/discursos_ingreso/discursos_ingreso.htm.

internalizar plenamente en los precios (capítulo 3) los costes medioambientales, –que no son en absoluto despreciables (capítulos 2 y 4)–, para que la viabilidad económica de estas tecnologías se reconozca». Los paréntesis, obviamente, son el contenido de la investigación que el lector tiene en sus manos.



Referencias bibliográficas



- ALMAGRO, C., E. TOLOSANA, Y. AMBROSIO, B. FERNÁNDEZ, y S. VIGNOTE (2001): *El estado actual de la gestión de los residuos forestales en España*, «III Congreso Forestal Español» (Granada) 5: 923-928.
- ANGULO, J., P. CHICO, C. GARCÍA, P. M. HERRERA, y I. MONREAL (2002): «El tratamiento fiscal de las nuevas energías», en A. GAGO, y X. LABANDERÍA: *Energía, fiscalidad y medio ambiente en España*, Madrid, Instituto de Estudios Fiscales, pp. 243-279.
- ARROW, K., R. SOLOW, P. R. PORTNEY, E. E. LEAMER, R. RADNER, and H. SCHUMAN (1993): «Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation», *Federal Register*, 58 (10): 4601-4614.
- BARANZINI, A. (1997): *Evaluation of Energy External Costs. A Review with an Emphasis on the Public Health Impact of Fossil Fuels*, Working paper W53, Geneva-Switzerland, International Academy on the Environment.
- BATEMAN, I. J., R. T. CARSON, B. DAY, M. HANEMANN, N. HANLEY, T. HETT, M. JONES-LEE, G. LOOMES, S. MOURATO, E. ÖZDEMIROGLU, D. W. PEARCE, R. SUGDEN, and J. SWANSON (2002): *Economic Valuation with Stated Preference Techniques: A Manual*, Cheltenham, UK, Edwar Elgar.
- BAUMOL, W. J., and W. E. OATES (1988): *The Theory of Environmental Policy: Externalities, Public Outlays, and the Quality of Life*, NJ, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- BENGOECHEA, A., y A. FUERTES (2002): *Valoración monetaria de la reducción del riesgo de incendio en un bosque mediterráneo*, «V Encuentro de Economía Aplicada», Oviedo, 6-8 junio.
- BERMÚDEZ, J., y G. PIÑEIRO (2000): «La biomasa forestal en Galicia: situación actual y perspectivas de aprovechamiento», *Revista CIS-Madera*, 5: 27-40.
- BINKLEY, C. S., D. BRAND, Z. HARKIN, G. BULL, N. H. RAVINDRANATH, M. OBERSTEINER, S. NILSSON, Y. YAMAGATA, and M. KROTT (2002): «Carbon Sink by the Forest Sector: Options and Needs for Implementation», *Forest Policy and Economics*, 4: 65-77.

- BIOCOSTS RESEARCH GROUP (2000): «Economic and Environmental Assessment of Biomass Applications in selected regions of the European Union», *1st World Conference on Biomass for Energy and Industry*, Sevilla, 5-9, junio.
- BOUHIER, A. (1979): *La Galice: Essai Geographique d'Analyse et d'Interpretation d'un Vieux Complexe Agraire*, II tomos, La Roche-Sur-Yon; traducción realizada por B. CASAL (2001): *Galicia: Ensaio Xeográfico de Análise e Interpretación dun Vello Complexo Agrario*, Santiago de Compostela, Consellería de Agricultura, Gandería e Política Agroalimentaria - Xunta de Galicia, II tomos.
- BRETTEVILLE, C., and H. ASBJØRN (2004): «Sectoral Opposition to Carbon Taxes in the EU – A Myopic Economic Approach», *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 4(3): 279-302.
- BUÑUEL, M. (2002): «Energía, cambio climático e instrumentos de control», en A. GAGO, y X. LABANDEIRA (2002): *Energía, fiscalidad y medio ambiente en España*, Madrid, Instituto de Estudios Fiscales, pp. 193-218.
- CAMPS, M., y F. MARCOS (2001): *Los biocombustibles*, Madrid, Mundi-Prensa.
- CAPARRÓS, A., and F. JACQUEMONT (2003): «Conflicts between Biodiversity and Carbon Sequestration Programs: Economic and Legal Implications», *Ecological Economics*, 46(1): 143-157.
- CAPARRÓS, A., y P. CAMPOS (2004): «Renta total social versus privada del uso múltiple de los bosques», en P. CAMPOS, y J. M. CASADO: *Cuentas ambientales y actividad económica*, Madrid, Consejo General de Colegios de Economistas de España, pp. 179-199.
- CARDIEL, C., M. VARELA, E. CASTELLANO, y R. M. SÁEZ (2001): *Elaboración de un modelo de decisión multicriterio para la integración de la biomasa en el sistema energético español*, comunicación al «III Congreso Forestal Español», Granada, 25-28 septiembre.
- CARPINTERO, O. (1999): *Entre la economía y la naturaleza*, Madrid, Libros de la Catarata.
- CARRASCO, J. E. (2002a): *Estado actual de la biomasa como fuente de energía*, CIEMAT, curso «Situación actual y futuro de la biomasa como recurso energético», Madrid, 4-8 de noviembre de 2002.
- (2002b): *Principales barreras y retos para el desarrollo comercial de la biomasa*, CIEMAT, curso «Situación actual y futuro de la biomasa como recurso energético», Madrid, 4-8 de noviembre de 2002.
- CARSON, R. T., R. C. MITCHELL, W. M. HANEMANN, R. J. KOPP, S. PRESSER, and P. A. RUUD (1994): «Contingent Valuation and Lost Passive Use: Damages from the Exxon Valdez», *Discussion Paper QE94-18*, Resources for the Future, Washington, D. C.
- CARSON, R. T., J. L. WRIGHT, N. J. CARSON, A. ALBERINI, and N. E. FLORES (1995): *A Bibliography of Contingent Valuation Studies and Papers*, La Jolla, California, Natural Resources Damage Assessment, Inc.

- CARSON, R. T., N. E. FLORES, and N. F. MEADE (2001): «Contingent Valuation: Controversies and Evidence», *Environmental and Resource Economics*, 19: 173-210.
- CASTRO, M. (1999): *Aproveitamento enerxético de residuos forestais na planta de Allariz*, «V Encuentros de Desarrollo Local y Empleo», Culleredo.
- CE (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.
- CES-E (2002): *Informe sobre el documento de consulta para la estrategia española de desarrollo sostenible*, Madrid, Consejo Económico y Social.
- CES-G (2001a): *Informe sobre o Libro Branco da Enerxía en Galicia*, Santiago de Compostela, Consello Económico e Social de Galicia.
- (2001b): *Memoria sobre a situación económica e social: Galicia 2000*, Santiago de Compostela, Consello Económico e Social de Galicia.
- (2003): *O subsector agrogandeiro e forestal en Galicia*, Santiago de Compostela, Consello Económico e Social de Galicia.
- CIEF (2001): *A Economía Galega. Informe 1999-2000*, Santiago de Compostela, Fundación Caixa Galicia.
- CIEMAT (1997): *ExternE National Implementation: Spain*, European Commission DGXII. Science, Research and Development JOULE III.
- CIRIACY-WANTRUP, S. V. (1947): «Capital Returns from Soil Conservation Practices», *Journal of Farm Economics*, 29: 1181-1196.
- CLAWSON, M. (1959): *Methods for Measuring the Demand for and Value of Outdoor Recreation*, Resources for the Future, Inc., Washington.
- CMMAD (Comisión Mundial del Medio Ambiente y el Desarrollo) (1987): *Nuestro futuro común*, Madrid, Alianza (Traducción, 1989).
- CNE (2004a): *Régimen especial en España: Información estadística sobre las ventas de energía del régimen especial*, Madrid, Comisión Nacional de Energía.
- (2004b): *Información básica de los sectores de la energía*, Madrid, Comisión Nacional de Energía.
- 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.
- (2000a): «Evaluación de los programas de desarrollo rural 2000-2006 financiados con cargo al FEOGA», DOC. VI/12004/00 final, Bruselas.
- (2000b): «Hacia una estrategia europea de seguridad del abastecimiento energético», COM (2000) 769 final, Bruselas.
- (2000c): «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.

- (2001a): «Directrices comunitarias sobre ayudas estatales en favor del medio ambiente», *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, núm. C 37 de 03/02/2001: 3-15.
 - (2001b): «Desarrollo sostenible en Europa para un mundo mejor: Estrategia de la UE para un desarrollo sostenible», COM (2001) 264 final, Bruselas.
- CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA (2001): «Directiva 2001/77/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de septiembre de 2001 relativa a la promoción de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables en el mercado interior de la electricidad», *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, L283: 33-40.
- CORNEJO, A. (2003): «Fiscalidad ambiental y competitividad internacional: Los ajustes fiscales en frontera», *Papeles de Trabajo sobre Medio Ambiente y Economía*, núm. 4. Fundación Biodiversidad.
- CROPPER, M. L., and W. E. OATES (1992): «Environmental Economics: A Survey», *Journal of Economic Literature*, XXX: 675-740.
- DAVIS, R. (1963): *The Value of Outdoor Recreation: An Economic Study of the Maine Woods*, Ph.D., Harvard University.
- DEACON, R. T., D. S. BROOKSHIRE, A. C. FISHER, A. V. KNEESE, C. D. KOLSTAD, D. SCROGIN, V. K. SMITH, M. WARD, and J. WILEN (1998): «Research Trends and Opportunities in Environmental and Natural Resource Economics», *Environmental and Resource Economics*, 11(3-4): 383-397.
- DESVOUSGES, W. H., F. R. JOHNSON, H. S. BANZHAF, R. R. RUSSELL, E. E. FRIES, K. J. DIETZ, and S. C. HELMS (1995): *Assessing Environmental Externality Costs for Electricity Generation*, Durham-North Carolina, Triangle Economic Research.
- DIAKOULAKI, D., S. MIRASGEDIS, and M. TZIANTZI (2000): «Environmental Externalities and the Development of Renewable Energy Sources», *EAERE Annual Conference*, Rethymnon (Greece), 30 junio - 2 julio.
- DIAMOND, P. A., and J. A. HAUSMAN (1994): «Contingent Valuation: Is Some Number better than No Number?», *The Journal of Economic Perspectives*, 8(4): 45-64.
- DÍAZ-BALTEIRO, L. (2002a): *Eficiencia económica de la fijación de carbono por los bosques*, curso UIMP «Bosques, sociedad y cambio climático», Santander, 12-16 agosto.
- (2002b): «Influencia de políticas ambientales en la captura de carbono por parte de masas forestales», *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 2(1): 153-169.
 - (2004): *La captura de carbono y la gestión forestal*, Madrid, INIA, Serie Forestal.
 - y C. ROMERO (2001): «Forest Management and Carbon Captured: Analytical Aspects and Policy Implications», *Investigación Agraria*, 1: 153-167.
- ECKSTEIN, O. (1958): *Water-Resource Development: The Economics of Project Evaluation*, Cambridge, Harvard University Press.
- ELSTER, J. (1983): *Explaining Technical Change*, Cambridge, Cambridge University Press and Universitetsforlaget.

- ENER-IURE (2001). «Informe sobre biomasa agrícola y forestal en España», en *Análisis de la legislación relativa a las fuentes de energía renovables en los estados miembros de la UE*, Propuesta 387 del Contrato 4.1030/C/00-25/2000 PRISM.
- ESTEBAN, L. S. (2002): *Biomasa residual forestal: Tipos y métodos de evaluación*, CIEMAT: curso «Situación actual y futuro de la biomasa como recurso energético», Madrid, 4-8 de noviembre de 2002.
- ESTEVAN, A. (2002): «Sistema urbano industrial. De Erandio a Doñana: tres décadas de política medioambiental en España», en J. M. NAREDO, y F. PARRA [eds.]: *Situación diferencial de los recursos naturales españoles*, Lanzarote, Fundación César Manrique.
- EUROPEAN COMMISSION (1995a): *ExternE, Externalities of Energy*, vol. 1: *Summary*, EUR 16520 EN, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.
- (1995b): *ExternE: Externalities of Energy*, vol. 2: *Methodology*, EUR 16521 EN, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.
 - (1995c): *ExternE: Externalities of Energy*, vol. 3: *Coal & Lignite*, EUR 16522 EN, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.
 - (1995d): *ExternE: Externalities of Energy*, vol. 4: *Oil & Gas*, EUR 16523 EN, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.
 - (1995e): *ExternE: Externalities of Energy*, vol., 5: *Nuclear*, EUR 16524 EN, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.
 - (1995f): *ExternE: Externalities of Energy*, vol. 6: *Wind & Hydro*, EUR 16525 EN, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.
 - (1999a): *ExternE: Externalities of Energy*, vol. 7: *Methodology 1998 Update*, EUR 19083, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.
 - (1999b): *ExternE: Externalities of Energy*, vol. 8: *Global Warming*, EUR 18836, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.
 - (1999c): *ExternE: Externalities of Energy*, vol. 9: *Fuel Cycles for Emerging and End-Use Technologies, Transport and Waste*, EUR 18887, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.
 - (1999d): *ExternE: Externalities of Energy*, vol. 10: *National Implementation*, EUR 18528, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.
 - (2002a): *Best Practice Projects Yearbook 1997-2000*, Madrid, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
 - (2002b): *Eurobarometer. Energy, Issues, Options and Technologies*, Brussels, Directorate-General for Research.
 - (2003): *External Costs. Research Results on Socio-Environmental Damages Due to Electricity and Transport*, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.

- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2002): *Greenhouse Gas Emission Trends and Projections in Europe. Are the EU and the Candidate Countries on Track to Achieve the Kyoto Protocol Targets?*, Copenhagen, European Environment Agency.
- (2004): *Energy Subsidies in the European Union: A Brief Overview*, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.
- FAAIJ, A., B. MEULEMAN, W. TUKENBURG, A. VAN WIJK, A. BAUEN, F. ROSILLO-CALLE, and D. MAY (1998): «Externalities of Biomass Based Electricity Production Compared to Power Generation from Coal in The Netherlands», *Biomass and Bioenergy*, 14: 125-147.
- FAO (1983): *Métodos simples para fabricar carbón vegetal*, Roma, estudio FAO-Montes.
- FERN, E. F. (2001): *Advanced Focus Group Research*, Sage, California.
- FERNÁNDEZ, X. A., y A. PRADA (1996): «Estructura y tendencias del sector forestal», *Papeles de Economía Española. Economía de las Comunidades Autónomas*, 16: 130-140.
- FERNÁNDEZ, J. (1997): «Cultivos energéticos: Una alternativa», en SERVICIO AGRARIO DEL BANCO CENTRAL HISPANO: *El campo y el medio ambiente*, Madrid, SOPEC.
- FERNÁNDEZ, C., y L. J. SÁNCHEZ (2002): «Otros Instrumentos correctores del deterioro ambiental en el sector energético», en A. GAGO, y X. LABANDEIRA (2002): *Energía, fiscalidad y medio ambiente en España*, Madrid, Instituto de Estudios Fiscales, pp. 219-242.
- FREEMAN, A. M. (1979): *The Benefits of Environmental Improvement: Theory and Practice*, Baltimore, Johns Hopkins Press.
- (1993): *The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods*, Washington D. C., Resources for the Future.
- FRONDEL, M., and C. M. SCHMIDT (2001): «Evaluating Environmental Programs: The Perspective of Modern Evaluation Research», *IZA Discussion Paper*, núm. 397.
- GAGO, A., y X. LABANDEIRA (1999): *La reforma fiscal verde*, Madrid, Mundi-Prensa.
- (2002): «Introducción: Fiscalidad, energía y medio ambiente», en A. GAGO, y X. LABANDEIRA (2002): *Energía, fiscalidad y medio ambiente en España*, Madrid, Instituto de Estudios Fiscales, pp. 15-23.
- GINKEL VAN, H., B. BARRET, J. COURT, and J. VELASQUEZ (2002): *Human Development and the Environment*, New York, UNU Millenium.
- GRUBB, W. N., D. WHITTINGTON, and M. HUMPHRIES (1984): «The Ambiguities of Benefit-Cost Analysis: An Evaluation of Regulatory Impact Analyses under Executive Order 12291», in V. K. SMITH, (ed.): *Environmental Policy Under Reagan's Executive Order: The Role of Benefit-Cost Analysis*, Chapel Hill, University of North Carolina Press.
- GRUDENS-SCHUCK, N., B. L. ALLEN, and K. LARSON (2004): «Focus Group Fundamentals», *Iowa State University*, University Extension.

- GUSTAVSSON, L., P. BÖRJESSON, B. JOHANSSON, and P. SVENNINGSSON (1995): «Reducing CO₂ Emissions by Substituting Biomass for Fossil Fuels», *Energy*, 20(11): 1097-1113.
- HANEMANN, W. M. (1991): «Willingness to Pay and Willingness to Accept: How Much Can They Differ?», *American Economic Review*, 81(3): 635-47.
- (1992): «Preface: Notes on the History of Environmental Valuation in the USA», in S. NAVRUD (ed.): *Pricing the European Environment*, Oslo/Oxford, Scandinavian University Press/Oxford University Press.
- (1994): «Valuing the Environment Through Contingent Valuation», *The Journal of Economic Perspectives*, 8(4): 19-43.
- J. LOOMIS, and B. KANNINEN (1991): «Statistical Efficiency of Double-Bounded Dichotomous Choice Contingent Valuation», *American Journal of Agricultural Economics*, 73: 1255-1263.
- HARRISON, G. W., and J. C. LESLEY (1996): «Must Contingent Valuation Surveys Cost So Much», *Journal of Environmental Economics and Management*, 31: 79-95.
- HERNÁNDEZ, F (1996): «Sistemas abiertos. El entorno como fuente de biomasa y como sumidero energético», *Información Comercial Española*, 751: 95-104.
- HICKS, J. R. (1943): «The Four Consumer's Surpluses», *Review of Economic Studies*, 13: 68-73.
- HIRSCHBERG, S., and M. JAKOB (1999): *Cost Structure of the Swiss Electricity Generation under Consideration of External Costs*, paper presented at the SAEE Seminar «Strompreise zwischen Markt und Kosten: Führt der freie Strommarkt zum Kostenwahrheit?», Bern, June, 1999.
- HIRSHLEIFER, J., J. C. DE HAVEN, and J. W. MILLIMAN (1960): *Water Supply: Economics, Technology and Policy*, Chicago, University of Chicago Press.
- HM TREASURY (2003): *The Green Book: Appraisal and Evaluation in Central Government*, London, Treasury Guidance.
- HOHMEYER, O. (1988): *The Social Costs of Energy Consumption*, Berlin, Springer Verlag.
- IDAE (2000): *Eficiencia Energética y Energías Renovables. Boletín núm. 1*, Madrid, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- (2001a): *Eficiencia Energética y Energías Renovables. Boletín núm. 2*, Madrid, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- (2001b): *Eficiencia Energética y Energías Renovables. Boletín núm. 3*, Madrid, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- (2001c): *Guía de las energías renovables en Galicia*, Madrid, MINER, Xunta de Galicia, Cinco Días.

- (2002): *Eficiencia energética y energías renovables. Boletín núm. 4*, Madrid, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
 - (2003): *Eficiencia Energética y Energías Renovables. Boletín núm. 5*, Madrid, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
 - (2004): *Eficiencia Energética y Energías Renovables. Boletín núm. 6*, Madrid, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- IDAE-MINER (1999): *Plan de fomento de las energías renovables en España (2000-2010)*, Madrid, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- INEGA (2003): *Balance enerxético Galicia, 2001*, Santiago de Compostela, Xunta de Galicia, Consellería de Innovación, Industria e Comercio.
- INFRAS-IWW (2000): *External Costs of Transport: Accident, Environmental and Congestion Costs in Western Europe*, Zurich, INFRAS.
- INRA (2003): *European Electricity Prices Observatory. Year 2002 Results*, Brussels, INRA International Coordination Office.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (1995): *Global Warming Damage and the Benefits of Mitigation*, Cheltenham, IEA Greenhouse gas R&D Programme.
- JÄGER-WALDAU, A. (ed.) (2004): *Energy End-Use Efficiency and Electricity from Biomass, Wind and Photovoltaics in the European Union*, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.
- JIMÉNEZ, J. C. (2001): «Sector energético», en J. L. GARCÍA-DELGADO [dir.]: *Lecciones de economía española*, Madrid, Civitas Economía, pp. 241-262.
- JOARIS, A. (1999): «Cultures Non Alimentaire et Energetique: Une Longue Tradition et un Potentiel pour l'Avenir en Agriculture, Environment, Developpement Rural», Bruselas Comisión Europea.
- JOHANSSON, P.-O. (1993): *Cost Benefit Analysis of Environmental Change*, Cambridge, Cambridge University Press.
- JOHANSSON-STENMAN, O. (1998): «The Importance of Ethics in Environmental Economics with a Focus on Existence Values», *Environmental and Resource Economics*, 11(3-4): 429-442.
- KAHNEMAN, D., and A. TVERSKY (1979): «Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk», *Econometrica*, 47: 263-291.
- KAHNEMAN, D., P. SLOVIC, and A. TVERSKY [eds.] (1982): *Judgement Under Uncertainty: Heuristics and Biases*, New York, Cambridge University Press.
- KAHNEMAN, D., and J. L. KNETSCH (1992): «Valuing Public Goods: The Purchase of Moral Satisfaction», *Journal of Environmental Economics and Management*, 22: 57-70.
- KARTHA, S., and E. LARSON (2000): *Bioenergy Primer: Modernised Biomass Energy for Sustainable Development*, New York, UNDP.

- KRUEGER, R. A., and M. A. CASEY (2000): *Focus Groups: A Practical Guide for Applied Research*, California, Sage.
- KRUPNICK, A. J., and D. BURTRAW (1996): «The Social Costs of Electricity: Do the Numbers Add Up?», *Resources for the Future Discussion Paper*, 30.
- KRUTILLA, J. (1967): «Conservation Reconsidered», *American Economic Review*, 57(4): 777-786.
- and O. ECKSTEIN (1958): *Multiple Purpose River Development: Studies in Applied Economics*, Baltimore, Johns Hopkins Press.
- LECHÓN, Y. (2002): *Implicaciones medioambientales y sociales de la producción y uso de la biomasa. Valoración de costes asociados*, CIEMAT, curso «Situación actual y futuro de la biomasa como recurso energético», Madrid, 4-8 de noviembre de 2002.
- LEEMANS, R., A. VAN AMSTEL, C. BATTJES, E. KREILEMAN, and S. TOET (1996): «The Land Cover and Carbon Cycle Consequences of Large-Scale Utilizations of Biomass as an Energy Source», *Global Environmental Change*, 6(4): 335-357.
- LEIBY, P. N., D. W. JONES, T. R. CURLEE, and R. LEE (1997): *Oil Imports: An Assessment of Benefits and Costs*, Tennessee, Oak Ridge National Laboratory.
- LINARES P. (1997): «Una aplicación de la programación multiobjetivo a la planificación eléctrica», *Energía*, marzo-abril: 71-75.
- (2002): «Externalidades de la energía y su valorización», en A. GAGO, y X. LABANDEIRA (2002): *Energía, fiscalidad y medio ambiente en España*, Madrid, Instituto de Estudios Fiscales, pp. 63-83.
- LOOMIS, J. B., A. GONZÁLEZ-CABÁN, and R. GREGORY (1996): «A Contingent Valuation Study of the Value of Reducing Fire Hazards to Old-Growth Forests in the Pacific Northwest», *Research paper*, PSW-RP-229-Web, Berkeley, CA, Pacific Southwest Research Station, USDA, Forest Service.
- LOOMIS, J. B., and A. GONZÁLEZ-CABÁN (1998): «A Willingness to Pay for Protecting Acres of Spotted Owl Habitat From Fire», *Ecological Economics*, 25: 315-322.
- MAASS, A., M. M. HUFSCHMIDT, R. DORFMAN, H. A. THOMAS Jr., S. A. MARGLIN, and G. M. FAIR (1962): *Design of Water-Resource Systems*, Cambridge, MA, Harvard University Press.
- MACK, R. P., and S. MYERS (1965): «Outdoor Recreation», in R. DORFMAN (ed.): *Measuring Benefits of Government Investments*, Washington, D. C., The Brookings Institution.
- MALER, K-G. (1974): *Environmental Economics: A Theoretical Inquiry*, Baltimore, The Johns Hopkins University Press for Resources for the Future.
- MAPA (2001): *Anuario de Estadística Agroalimentaria 2000*, Madrid, Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.
- (2003): *El Libro Blanco de la Agricultura y el Desarrollo Rural*, Madrid, Ministerio de Pesca, Agricultura y Alimentación.

- MARGLIN, S. A. (1963): *Approaches to Dynamic Investment Planning*, Amsterdam, North Holland.
- MARLAND, G., and B. SCHLAMADINGER (1995): «Biomass Fuels and Forest-Management Strategies», *Energy*, 20(11): 1131-1140.
- MÁRQUEZ, R. (2002): «La fiscalidad de la energía en la Unión Europea: El estado de la cuestión», *Papeles de Trabajo sobre Medio Ambiente y Economía*, núm. 2, Fundación Biodiversidad.
- (2003): «La fiscalidad de los montes en España», *Papeles de Trabajo sobre Medio Ambiente y Economía*, núm. 2, Fundación Biodiversidad.
- MCKEAN, R.N. (1958): *Efficiency in Government Through Systems Analysis*, New York, John Wiley & Sons.
- MEADOWS, D. H., D. L. MEADOWS, J. RANDERS, and W. W. BEHRENS III (1972): *The Limits to Growth*, New York, The American Library.
- MENÉNDEZ, E. (1997): *Las energías renovables*, Madrid, Los libros de la catarata.
- (2001): *Energías renovables, sustentabilidad y creación de empleo: Una economía impulsada por el sol*, Madrid, Los libros de la catarata.
- MERINO, A. (2002): *El aprovechamiento de la biomasa y su impacto en la conservación de los suelos*, comunicación presentada en las «Jornadas Internacionales Montes y Energía Renovables», Santiago de Compostela, 14-15 de noviembre de 2002.
- MINGO, L. (2002): *Un modelo de central térmica de biomasa forestal*, comunicación presentada en las «Jornadas Internacionales Montes y Energía Renovables», Santiago de Compostela, 14-15 de noviembre de 2002.
- MINISTERIO DE ECONOMÍA (2003a): *Memoria económica de la propuesta de Real Decreto 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*, Madrid, Ministerio de Economía.
- (2003b). *Memoria justificativa de la propuesta de Real Decreto 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*, Madrid, Ministerio de Economía.
- (2003c): *La tarifa eléctrica para el año 2004*, Madrid, Ministerio de Economía.
- MIRASGEDIS, S., D. DIAKOULAKI, L. PAPAGIANNAKIS, and A. ZERVOS (2000): «Impact of Social Costing on the Competitiveness of Renewable Energies: The Case of Crete», *Energy Policy*, 28: 65-73.
- MITCHELL, R. C. (2002): «On Designing Constructed Markets in Valuation Surveys», *Environmental and Resource Economics*, 22: 297-321.
- and R. T. CARSON (1989): *Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method*, Washington D.C., Resources for the Future.
- MMA (2002): *Plan Forestal Español*, Madrid, Ministerio de Medio Ambiente.

- y ACIM (2001): «Cuadro Estadístico del Número de Incendios en el Territorio Nacional», Madrid, Ministerio de Medio Ambiente – Asociación y Colegio de Ingenieros de Montes, <http://www.incediosforestales.org>.
- MONTERO, G., A. ALONSO, y R. RUIZ-PEINADO (2002): *Cuantificación del potencial de las principales especies forestales españolas para el almacenamiento de carbono a medio y largo plazo*, curso UIMP «Bosques, Sociedad y Cambio Climático», Santander, 12-16 agosto.
- MORGAN, D. L. [ed.] (1993): *Successful Focus Groups: Advancing the State of the Art*, California, Sage.
- MTAS (2004): *Boletín de Estadísticas Laborales*, Madrid, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
- NAVRUD, S., and G. J. PRUCKNER (1997): «Environmental Valuation – To Use or Not to Use? A Comparative Study of the United States and Europe», *Environmental and Resource Economics*, 10: 1-26.
- NIETO, J., y J. SANTAMARTA (2003a): *Evolución de las emisiones de gases de invernadero en España (1990-2002)*, Madrid, CC. OO.
- (2003b): *Las emisiones de gases de invernadero en España por comunidades autónomas*, Madrid, CC. OO.
- NOAA (1996): «Natural Resource Damage Assessments; Final Rule», *Federal Register*, 15: 439-510.
- NÚÑEZ-REGUEIRA, L., J. PROUPÍN-CASTIÑERIAS, and J. A. RODRÍGUEZ-ANÓN (2004): «Energy Evaluation of Forest Residues Originated from Shrub Species in Galicia», *Bioresource Technology*, 91: 215-221.
- ORNL, and RFF (1998): *External Costs and Benefits of fuel Cycles*, Oak Ridge National Laboratory and Resources for the Future (Reports 2-8: 1994-1998), Washington, Mc-Graw Hill Utility Data Institute.
- ORTIZ, L., y J. L. MÍGUEZ [coords.] (1995): *Energías renovables y medio ambiente*, Vigo, Concello de Vigo.
- OTTINGER, R. L., D. R. WOOLEY, N. A. ROBINSSON, D. R. HODAS, and S. E. BABB (1991): *Environmental Costs of Electricity*, New York, Oceana Publications, Inc.
- PACE UNIVERSITY CENTER FOR ENVIRONMENTAL LEGAL STUDIES (1991): *Environmental Costs of Electricity*, New York, Oceana Publications.
- PATRÃO, G. (2002): *O protocolo de Kyoto, as Emissões de CO₂ e as energias renováveis em Portugal: Que apoios e que futuro para a biomassa?*, comunicación presentada en las «Jornadas Internacionales Montes y Energía Renovables», Santiago de Compostela, 14-15 de noviembre de 2002.
- PEARCE, D. W., and R. K. TURNER (1990): *Economics of Natural Resources and the Environment*, New York, Harvester Wheatsheaf.
- PINTO, J. L., M. X. VÁZQUEZ, A. LÁZARO, y J. E. MARTÍNEZ (2003): *Análisis coste-beneficio en la salud: Métodos de valoración y aplicaciones*, Barcelona, Masson.

- PIÑEIRO, J., y N. ROMERO (2001): «El desarrollo sostenible en el sector energético: Las energías renovables en Galicia y su aportación al grupo Unión FENOSA», *Revista Galega de Economía*, 10(2): 1-23.
- PNUD-IDAE (2001). *Informe mundial de energía: La energía y el reto de la sostenibilidad*, Madrid, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- PORTNEY, P. R. (1994): «The Contingent Valuation Debate: Why Economists Should Care», *The Journal of Economic Perspectives*, 8(4): 3-17.
- PRADA, A. (1991): *Montes e industria: O circuito da madeira en Galicia*, A Coruña, Fundación Caixa Galicia.
- M. X. VÁZQUEZ, y M. SOLIÑO (2005): *Beneficios y costes sociales en la conservación de la Red Natura 2000*, A Coruña, Fundación Caixa Galicia.
- (2006a): «Aproveitamento da biomasa forestal: incendios ou kilovatios?», en F. DÍAZ-FIERROS, y P. BAAMONDE: *Os incendios forestais en Galicia*, Santiago de Compostela, Consello da Cultura Galega, en prensa.
- (2006b): *Preferencias sociales por la generación de electricidad a partir de biomasa forestal*, «II AERNA Conference», Lisboa, 2 y 3 de junio.
- PROCTOR, C., and F. SCHEUREN [eds.] (1998): *What Are Focus Groups?*, Washington, American Statistical Association Series.
- RABL, V. A. (1994): «IRP, DSM, and the Environment», in A. DE ALMEIDA, A. ROSENFELD, J. ROTURIER, and J. NORCARD: *Integrated Electricity Resource Planning*, The Netherlands, NATO ASI Series, pp. 35-48.
- RAND (2001): *Key Issues That Will Shape Our Energy Future*, CF-170-DOE, Virginia, Science and Technology Policy Institute – Department of Energy.
- REGULATORY IMPACT UNIT (2003): *Better Policy Making: A Guide to Regulatory Impact Assessment*, London, Cabinet Office.
- REICHE, D., and M. BECHBERGER (2004): «Policy Differences in the Promotion of Renewable Energies in the EU Member States», *Energy Policy*, 32: 843-849.
- RIECHMAN, J. (2003): *Cuidar la T(t)ierra: Políticas agrarias y alimentarias sostenibles para entrar en el siglo XXI*, Barcelona, Icaria.
- RIERA, P., and J. MOGÁS (2004): «Evaluation of a Risk Reduction in Forest Fires in a Mediterranean Region», *Forest Policy and Economics*, 6(6): 521-528.
- RIJK, P. (1994): *The Costs and Benefits o Willow (Salix) in Short Rotation for Niche Energy Markets in The Netherlands*, Agricultural Economics Institute (LEI-DLO).
- ROJO, J. R. [coord.] (2000): *Galicia 2010*, Asociación Proxecto de Investigación Galicia 2010, Santiago de Compostela.
- ROSEN, S. (1974): «Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition», *Journal of Political Economy*, 82: 34-55.
- ROWE, R. D., C. M. LANG, L. G. CHESTNUT, D. A. LATIMER, D. A. RAE, S. M. BERNOW, and D. E. WHITE (1995): *New York State Environmental Externalities Cost*

- Study* (Empire State Electric Energy Research Corporation), New York, Oceana Publications, Inc.
- SKOG, K. E., and H. N. ROSEN (1997): «United States Wood Biomass for Energy and Chemicals: Possible Changes in Supply, End Uses, and Environmental Impacts», *Forest Product Journal*, 47(2): 63-69.
- SMITH, V. K. (1994): «Lightning, Rods, Dart Boards, and Contingent Valuation», *Natural Resources Journal*, 34(1): 121-152.
- and L. L. OSBORNE (1996): «Do Contingent Valuation Estimates Pass a ‘Scope’ Test? A Meta-Analysis», *Journal of Environmental Economics and Management*, 31: 287-301.
- SOLIÑO, M. (2003a): «Programas Forestais nas Comunidades de Montes Veciñais en Mancomún na Rede Natura 2000: Unha Análise Delphi», *Revista Galega de Economía*, 12(1): 225-246.
- (2003b): «Nuevas políticas silvo-ambientales en espacios rurales de la Red Natura 2000: Una aplicación a la región atlántica de la península ibérica», *Investigación Agraria: Serie Sistemas y Recursos Forestales*, 12(3): 57-72.
- SOLIÑO, M., and A. PRADA (2004a): «Environmental Externalities of Biomass Power Plants in an Atlantic European Region», in W. P. M., VAN SWAAIJ, T. FJÄLLSTRÖM, P. HELM, and A. GRASSI: *Second World Biomass Conference: Biomass for Energy, Industry and Climate Protection*, ETA-Florence / WIP-Munich, Florence, pp. 2.370-2.373.
- (2004b): *Externalidades y energías primarias: la biomasa forestal*, «1st Conference of Spanish-Portuguese Association of Environmental and Natural Resource Economics», Vigo, 18 y 19 de junio.
- (2005): *Costes sociales de la electricidad verde e intervención pública: Aplicación al caso de la biomasa forestal*, «VII Jornadas de Política Económica», Vigo, 24 y 25 de noviembre.
- SOLIÑO, M., y M. X. VÁZQUEZ (2005): *Preferencias sociales sobre fuentes de energía para la generación de electricidad: una aplicación a la biomasa forestal*, «III Congreso de Economía de Galicia», Vigo, 1 y 2 de diciembre.
- STENZEL, T., T. FOXON, and R. GROSS (2003): *Review of Renewable Energy Development in Europe and the US*, London, Imperial College London, Centre for energy Policy and Technology.
- TRICE, A. H., and S. E. WOOD (1958): «Measurement of Recreation Benefits», *Land Economics*, 32: 195-207.
- 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.
- (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.
- (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.
- VARELA, M. M., y A. PRADA [coords.] (2005): *Avaliación dos efectos económicos provocados polos vertidos de fuel derivados do buque Prestige*, Santiago de Compostela, Consello Económico e Social de Galicia.
- VILADRICH, M. (2001): «Internalising Externalities: Are Cogeneration Subsidies High Enough?», *Documento de Trabajo*, núm. 0104, Pamplona, 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.
- VIRANI, S., and S. GRAHAM (1998): *Economic Evaluation of Environmental Policies and Legislation*, Risk & Policy Analysts Limited: Final Report prepared for European Commission Directorate General III (Industrial Affairs).
- WATSON, R. T., I. R. NOBLE, B. BOLIN, N. H. RAVINDRANATH, D. J. VERARDO, and D. J. DOKKEN (2000): *Land Use, Land-Use Change, and Forestry*, Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, Cambridge University Press.
- WEISBROD, B. A. (1964): «Collective Consumption Services of Individual-Consumption Goods», *Quarterly Journal of Economics*, 78(3): 471-477.
- WILLIS, K., G. GARROD, R. SCARPA, D. MACMILLAN, and I. BATEMAN (2000): *Non-Market Benefits of Forestry*, Report to the UK Forestry Commission, Centre for Research in Environmental Appraisal and Management, University of Newcastle.
- WINTER, G., and J. FRIED (2001): «Estimating Contingent Values for Protection from Wildland Fire Using a Two-Stage Decision Framework», *Forest Science*, 47(3): 349-360.
- WORLDWATCH INSTITUTE (2004): *La situación del mundo, 2004*, Barcelona, Fuhem-Icaria.
- XUNTA DE GALICIA (2000): *Libro Branco da Enerxía: Galicia*, Santiago de Compostela, INEGA.
- (2001): *O monte galego en cifras*, Santiago de Compostela, Consellería de Medio Ambiente, Dirección Xeral de Montes e Medio Ambiente Natural.
- (2004): *Inventario de emisións de gases de efecto invernadoiro en Galicia*, Santiago de Compostela, Consellería de Medio Ambiente.

