

Análisis económico y medioambiental del sector eléctrico en España

ÁNGELES CÁMARA SÁNCHEZ

Departamento de Economía Financiera y Contabilidad II, UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS, ESPAÑA. E-mail: angeles.camara@urjc.es

MÓNICA FLORES GARCÍA

Departamento Dirección y Organización de Empresas, UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA, ESPAÑA. E-mail: monicafl@unizar.es

PATRICIA D. FUENTES SAGUAR

Departamento de Economía, UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE, ESPAÑA. E-mail: pfuesag@upo.es

RESUMEN

El objetivo de este artículo es analizar y cuantificar los efectos económicos y el impacto medioambiental en emisiones atmosféricas de las distintas ramas que componen el sector eléctrico en España. Para ello, no sólo se consideran los efectos directos sino también los efectos indirectos que genera cada rama del sector eléctrico en la producción de su demanda final. Como base del análisis se utiliza una Tabla Input-Output actualizada para España para el año 2008, en la que se presentan las ramas del sector eléctrico desagregadas (Eléctrica no renovable, Eólica, Solar, Hidráulica y Biomasa) y las Cuentas de Emisiones Atmosféricas del año 2008 correspondientes a los sectores de la tabla Input Output. A partir de esta tabla, junto con las cuentas de emisiones atmosféricas y del modelo lineal subyacente en ella, se obtienen indicadores de tipo económico y medioambiental para cada una de las ramas que componen el sector eléctrico español.

Palabras clave: Análisis Input-Output, sector eléctrico, emisiones atmosféricas, Matriz de Multiplicadores.

Economic and Environmental Analysis of the Electricity Sector in Spain

ABSTRACT

The aim of this paper is to analyze and quantify the economic effects and environmental impact on atmosphere emissions produced by each branch of the electricity sector in Spain. To do this, it is considered not only the direct effects but also indirect effects generated by each branch of electricity sector in the production of its demand. The framework of analysis is an Input-output Table that presents the branches of unbundled electricity sector (Non-renewable electric, Wind, Solar, Hydro and Biomass), and atmospheric emission accounts. All they built for Spain in 2008. From this Input-output Table, together with atmospheric emission accounts, and its underlying linear model, economic and environmental indicators are obtained for each one of the branches that make up the Spanish electricity sector.

Keywords: Input-Output Analysis, Electricity Sector, Atmosphere Emissions, Multipliers Matrix.

Clasificación JEL: C67, D57, Q51, Q53, R15

Agradecimientos: Las autoras agradecen la financiación recibida por la Fundación MAPFRE dentro de su programa de Ayudas a la Investigación 2009.

Artículo recibido en mayo de 2011 y aceptado en julio de 2011

Artículo disponible en versión electrónica en la página www.revista-eea.net, ref. e-29218

1. INTRODUCCIÓN

El sector eléctrico español se enfrenta actualmente a importantes desafíos, al igual que todo nuestro sector productivo. Dentro de estos retos está el de conseguir reducir las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, sin sacrificar por ello el futuro económico del sector. En el momento en el que nos encontramos, el suministro eléctrico debe ser *viable*, tanto económica como ambientalmente, y la clave para lograrlo pasa por la diversificación, tanto geográfica, como tecnológica.

Las energías renovables están contribuyendo a esta diversificación, así como a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). De hecho, la producción de energía eléctrica es uno de los principales responsables de las emisiones atmosféricas, cuestión de gran relevancia teniendo en cuenta que uno de los retos a los que nos enfrentamos actualmente es el cambio climático. La Directiva Europea que ratificaba el Protocolo de Kioto 2002/358/CE limita a un 15% el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero en España, para el promedio de 2008-2012 respecto a las de 1990.

En este aspecto los datos del año 2010 han sido satisfactorios, pues las emisiones de GEI del sistema eléctrico español han sido 56 Mt de dióxido de carbono equivalente, lo que supone situarse en niveles inferiores a los de 1990. Este dato es de gran interés ya que el sector eléctrico aporta alrededor de una cuarta parte de las emisiones generadas en nuestro país, por lo que la reducción de las mismas puede contribuir de forma importante al cumplimiento del Protocolo de Kioto, ya que en el año 2010 estábamos situados en un 22% sobre las emisiones totales de 1990, es decir, 7 puntos por encima del objetivo para 2012. Esta reducción de las emisiones generadas por el sector eléctrico ha sido debida, entre otras razones, al aumento del uso de energías renovables por parte de este sector, aumento que se ha visto favorecido por las primas que han recibido las tecnologías renovables en los últimos años.

El sector eléctrico es, probablemente, el más susceptible de utilizar las energías renovables dentro de la economía española, y por lo tanto uno de los sectores que mayores posibilidades tiene en la reducción de las emisiones que genera sin comprometer su crecimiento. En concreto, en 2010 las renovables cubrieron un 35% de la demanda de energía eléctrica, siendo la eólica la que más ha crecido. También ha contribuido el aumento de la producción hidráulica, debido a la alta pluviosidad.

Por todo lo señalado en el párrafo anterior, el sector eléctrico se convierte en un elemento estratégico para afrontar los tres grandes problemas de la política energética en España: la preservación del medio ambiente, la dependencia energética del exterior y los elevados costes, considerando que, en el caso de las renovables, los costes de puesta en funcionamiento se amortizarán en los próximos años.

En este trabajo se estudia el sector eléctrico desde una perspectiva multisectorial, integrando cuentas ambientales dentro del sistema y diferenciando las distintas energías renovables. De esta manera podremos analizar las relaciones económicas de las ramas del sector eléctrico con el resto de sectores económicos, así como el papel que juegan como suministradores y motores de crecimiento económico. A su vez, estudiaremos las emisiones atmosféricas que el sector eléctrico provoca para llevar a cabo su producción, tanto directa como indirectamente, con el fin de proporcionar información de interés a la hora de diseñar políticas ambientales.

En concreto, nuestro objetivo en este trabajo es analizar y cuantificar los impactos económicos y medioambientales (medidos en emisiones atmosféricas) provocados por la actividad productiva de las ramas de energía eléctrica en España, y distinguiendo entre estas ramas a las renovables. Para integrar economía y medioambiente, siguiendo la metodología utilizada por Alcántara y Roca (1995) entre otros, utilizamos como base del análisis una Tabla Input-Output (TIO) actualizada para la economía española del año 2008 a partir de la Tabla Simétrica del último Marco Input-Output publicado por el INE para el año 2005, con el valor añadido de presentar de forma desagregada las ramas del sector de energía eléctrica distinguiendo entre renovables y no renovables (*Eólica, Solar, Hidráulica, Biomasa y Energía eléctrica no renovable*), y las Cuentas de emisiones atmosféricas correspondientes a esa Tabla Input-Output, también calculadas para el año 2008.

Tanto la TIO como las cuentas de emisiones atmosféricas muestran, en sí mismas, una descripción de la estructura de una economía, permitiéndonos conocer las relaciones directas que se producen entre los distintos agentes de la economía y entre estos y el medio ambiente. Para poder estudiar no sólo las relaciones directas, sino los efectos directos e indirectos que se producen entre las ramas del sector de energía eléctrica y el resto de sectores productivos, recurrimos al modelo lineal subyacente en la TIO, de manera que se obtienen indicadores que permiten analizar la estructura de interdependencias entre las ramas del sector eléctrico y el resto de agentes económicos.

Para conocer las emisiones atmosféricas, directas e indirectas, que provocan las ramas de energía eléctrica para producir su demanda final a partir de la TIO, junto con las cuentas de emisiones y el modelo lineal subyacente, se obtienen valoraciones verticalmente integradas de emisiones atmosféricas.

El trabajo se estructura de la siguiente forma. En la sección 2 se exponen los principales rasgos del sector eléctrico español y de las ramas de energías renovables. En el siguiente apartado se plantean brevemente los fundamentos metodológicos, para, en las secciones 4 y 5, presentar los resultados obtenidos en cuanto a los efectos económicos y ambientales, respectivamente, de las

distintas ramas del sector eléctrico en España. Finalmente, en la sección 6 se aportan las principales conclusiones de este trabajo.

2. EL SECTOR ELÉCTRICO EN ESPAÑA Y LAS ENERGÍAS RENOVABLES

La energía eléctrica constituye, en 2007, un 1,5% del PIB español, siendo más de la mitad del 2,4% que supone el sector energético en su totalidad, y la segunda fuente de energía final más usada en España (tras el petróleo y sus derivados, debido al peso que tienen en el transporte). Estos datos reflejan la importancia del sector eléctrico en la economía española en términos de producción, formación bruta de capital y empleo. Sin embargo, el interés del sector va más allá, al tratarse de un input esencial para ciudadanos y empresas con un importante efecto multiplicador y, al mismo tiempo, uno de los sectores más contaminantes de la economía. Es por ello que cuando hablamos de este sector hablamos no solo de aspectos económicos, sino también de aspectos sociales y ambientales de igual importancia.

En cuanto a la evolución de la demanda de electricidad, se ha ido produciendo una gradual reducción de la tasa de crecimiento en los últimos 5 años, siendo especialmente acusada en el año 2008. Igualmente, como podemos ver en la Tabla 1, la evolución del PIB es similar, guardando ambas variables una fuerte correlación que se explica en ambos sentidos, por un lado el crecimiento del PIB suele ir acompañado de un incremento en la demanda de electricidad, ya que aumentan las necesidades de las empresas y el equipamiento de los hogares. Por otro, es preciso el acceso a un suministro eléctrico seguro y de calidad para el crecimiento económico.

Tabla 1
PIB y demanda de electricidad peninsular.
Tasas de variación interanual

	PIB	Demanda
2004	3,3	4,5
2005	3,6	4,3
2006	3,9	3,0
2007	3,7	3,2
2008	1,2	0,8

Fuente: REE (2009).

Respecto a la forma de cubrir esa demanda destacan los cambios en la energía utilizada para la generación de electricidad, con un incremento del uso de ciclos combinados y energías renovables, que han generado alrededor de la

mitad de la producción neta total del sector, que tiene su consecuente efecto en una reducción en las emisiones generadas por este sector. A este hecho también ha contribuido la reducción en la generación por carbón. Finalmente, la hidráulica también ha sufrido descenso.

En este sentido, se ha abierto un potencial de ahorro en el gasto energético del sector al disminuir dicho gasto por unidad de producto, debido al fuerte incremento de la generación con gas y energías renovables, que cubren el crecimiento de la demanda.

Como ya hemos señalado, las energías renovables aumentan su protagonismo en la estructura de generación de electricidad de la península, al cubrir el 24% de la demanda. A continuación, ofrecemos algunos datos relativos al año de nuestro trabajo, el año 2008, con una breve descripción de cada uno de los tipos de energía renovable que se utilizan para producir electricidad.

Biomasa

El término biomasa se emplea para denominar una fuente de energía renovable basada en el aprovechamiento de la materia orgánica o de los productos derivados de ésta. También consideramos biomasa la materia orgánica de las aguas residuales, los lodos de depuradora y la parte orgánica de los llamados residuos sólidos urbanos (RSU). La ventaja de la biomasa respecto a otras renovables, como eólica y solar, es que su disponibilidad no depende de las condiciones meteorológicas.

De la biomasa se obtienen tres tipos de biocombustibles: sólidos, gaseosos y líquidos (estos últimos son los denominados biocarburantes, que no serán considerados en este trabajo pues se utilizan como combustibles de sustitución de la gasolina y el gasóleo).

Dentro de los biocombustibles sólidos destacan los de tipo primario procedentes del sector agrícola (restos de poda, cáscaras de frutos secos, huesos de aceituna) o forestal (restos de podas y aclareos de las masas forestales) y de las industrias de transformación que producen residuos de esta naturaleza (industrias del corcho, la madera y el mueble).

Entre los biocombustibles gaseosos el más utilizado es el biogás, que se obtiene por la digestión de la biomasa en condiciones anaerobias. El biogás está formado principalmente por metano y se suele utilizar para generar electricidad. El aprovechamiento energético del biogás tiene un beneficio añadido, pues se impide que el metano se escape a la atmósfera, siendo uno de los gases de mayor efecto invernadero.

El objetivo del Plan de Energías Renovables (PER) 2005-2010 (IDAE, 2005) en cuanto a consumo de biomasa es de 9.207 ktep repartidos en 5.138 ktep para aplicación eléctrica y 4.069 ktep para aplicación térmica. Según datos de la

Comisión Nacional de la Energía, a finales de 2008 la potencia instalada en plantas de biomasa sólida era de 424 MW. El objetivo del PER para el 2010 era alcanzar los 1370 MW, por lo que en esta fecha nos encontrábamos al 32% del cumplimiento de este ambicioso objetivo. Respecto al biogás a finales de 2008 se disponía de un total de 195 MW de potencia instalada, lo que supone un cumplimiento del 78% del objetivo establecido en el PER.

Eólica

En los últimos años la energía eólica ha tenido un importante desarrollo en nuestro país, siendo España uno de los países punteros en esta energía. Durante el año 2008 la energía eólica suministró el 11% de la electricidad consumida, con una potencia instalada superior a los 16.000 MW; siendo el objetivo recogido en el PER de 20.155 MW.

En cambio, el gran potencial de la energía minieólica en España todavía no se ha desarrollado. El papel de esta tecnología es producir energía eléctrica de forma distribuida, en los mismos emplazamientos en los que se demanda, evitando las consabidas pérdidas de energía en su transporte desde lugares lejanos.

Hidráulica

La energía hidráulica se obtiene del aprovechamiento de la energía cinética de una masa de agua. Hasta mediados del siglo XX ha sido la principal fuente energética para la producción de electricidad a gran escala.

En las centrales minihidráulicas la potencia instalada es menor a 10 MW y se trata de la fuente renovable mas respetuosa con el medio ambiente para la producción de electricidad, debido a la gran cantidad de energía producida en relación al espacio ocupado y al menor impacto ambiental de dichas centrales respecto a las centrales hidráulicas de mayor potencia. A pesar de ello, esta energía renovable se ha desarrollado poco en nuestro país.

Solar

La energía solar es una de las fuentes de energía renovable que más se ha desarrollado en los últimos años. El aprovechamiento de la energía solar permite diferentes usos, tanto para producir electricidad como para climatización.

Cuando se utiliza para producir electricidad hablamos de solar fotovoltaica. Los paneles fotovoltaicos, debido a su construcción modular, permiten la construcción de enormes plantas fotovoltaicas en suelo así como pequeños paneles para tejados. Hasta el año 2008 el desarrollo del sector fotovoltaico ha sido excepcional, convirtiendo a España en el país con más potencia fotovoltaica instalada a nivel mundial, pero a partir de este año se ha limitado

considerablemente la implantación de esta tecnología, lo que ha supuesto una fuerte contracción de este sector.

Cuando se utiliza para producir calor hablamos de solar térmica. Este calor puede aprovecharse para la producción de agua caliente de uso doméstico (sanitario o de calefacción) o para la producción de energía mecánica y, a partir de ella, de electricidad (energía termoeléctrica).

De acuerdo a los datos del Balance Energético del 2008, la energía solar fotovoltaica, con 3.120 MW de potencia instalados, incrementó su producción en 2008 un 400% respecto a 2007. La solar termoeléctrica, con 61 MW instalados en 2008, superará con creces el objetivo del PER de llegar a los 500 MW.

3. METODOLOGÍA

Como ya hemos adelantado en la introducción, la base de nuestro análisis es una Tabla Input-Output en la que hemos desagregado el sector de energía eléctrica en diferentes ramas según el origen de la misma: *Eólica*, *Hidráulica*, *Solar*, *Biomasa* y *Eléctrica no renovable*; y que hemos actualizado para España para el año 2008. De acuerdo a los objetivos de este trabajo, la información medioambiental que se incluye son las Cuentas de Emisiones Atmosféricas, concretamente las emisiones atmosféricas de CO₂ y de la suma de los seis gases de efecto invernadero¹ (GEI) considerados en el Protocolo de Kioto, medida en unidades de CO₂ equivalente, que realiza cada agente económico.

La desagregación de las cuentas de las ramas del sector eléctrico en función de los distintos tipos de fuentes de energía se realiza en dos etapas a partir de los datos que proporcionan la Secretaría de Estado de Energía (SEE), el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y la Contabilidad Ambiental del INE. Para ello comenzamos obteniendo los consumos de energía procedente de renovables, distinguiendo entre energía primaria destinada a la generación de electricidad y energía final. Seguidamente construimos las columnas, esto es, la estructura de gasto de las cuentas de renovables, completando de esta manera la Tabla Input-Output². Por otra parte, en el apartado 5 de este trabajo, se explica cómo se han confeccionado las cuentas de emisiones atmosféricas.

Para obtener los efectos económicos directos e indirectos de las ramas del sector eléctrico partimos de la Tabla Input-Output y del modelo lineal³ subya-

¹ Estos gases son Dióxido de carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido nitroso (N₂O), Hidrofluorocarburos (HFCs), Perfluorocarburos (PFCs), Hexafluoruro de azufre (SF₆).

² La descripción detallada de la desagregación de las ramas del sector eléctrico queda recogida en Cámara *et al* (2011).

³ El lector interesado en conocer más a fondo esta metodología puede consultar, por ejemplo, Rasmussen (1956) y Dietzenbacher (2005)

cente en ella, es decir, del modelo de Leontief (Leontief, 1941), cuya expresión general es la siguiente:

$$x = Ax + y \quad (1)$$

donde x es un vector columna que contiene la producción total de cada sector, y es un vector columna que contabiliza la demanda final de cada sector y A es la matriz de coeficientes técnicos de producción, cuyas componentes (a_{ij}) representan el gasto realizado por el sector j en el sector i , por unidad monetaria de producción total del sector j . Despejando x en esta ecuación se obtiene la Matriz de Multiplicadores (M), cuyos componentes (m_{ij}) reflejan el impacto que una unidad de demanda final en el sector j genera sobre la producción del sector i .

$$x = (I - A)^{-1} \cdot y = M \cdot y \quad (2)$$

La suma total de cada columna de la Matriz de Multiplicadores indica el efecto total de un shock unitario de demanda final en un sector sobre el resto de sectores económicos. A este efecto se le denomina efecto *arrastre*, y un valor muy alto significa que la cuenta tiene una gran influencia de arrastre sobre el resto de la economía. Por el contrario, las sumas totales de las filas de M reflejan el impacto que una unidad adicional de demanda final, en cada uno de los sectores, produce sobre el sector representado en la fila. A este impacto se le denomina efecto *impulso*. El interés por conocer estos efectos radica en que los efectos *arrastre* nos permiten conocer qué sectores tienen una gran capacidad de generar actividad o renta sobre el resto de la economía por cada unidad de su demanda final, y los efectos *impulso* nos informan sobre qué sectores provocan un apoyo o impulso mayor a los demás sectores de la economía, es decir, permiten conocer qué sectores son importantes por su gran capacidad como suministradores de inputs o recursos para todos los demás, favoreciéndoles en su crecimiento.

Con el coeficiente *arrastre* descrito se pueden analizar los sectores que son dinamizadores de una economía en cuanto a su capacidad para generar actividad por cada unidad de demanda. Sin embargo, un sector también puede ser dinamizador de una economía por su elevada cantidad de producción, lo que no queda recogido en los coeficientes unitarios de arrastre. Para integrar ambos aspectos, tanto su capacidad para generar producción como el volumen de su demanda final, definiremos para cada sector *efectos globales de arrastre*, que serán la suma total de las columnas correspondientes a la matriz obtenida al multiplicar la Matriz de Multiplicadores por una matriz de demanda final diagonalizada.

Además del impacto económico pretendemos analizar el impacto medioambiental del sector eléctrico español. Para ello utilizaremos también la Matriz de Multiplicadores, valorando no solo el impacto directo sino también el indirecto de las emisiones atmosféricas emitidas por cada uno de los sectores

analizados. Esta información se obtiene premultiplicando la Matriz de Multiplicadores por un vector de coeficientes unitarios de emisiones atmosféricas, que muestran la emisión atmosférica de un sector por unidad de su producción interior. De esta manera se obtiene el vector de valores verticalmente integrados unitarios λ .

$$\lambda' = c' \cdot M \quad (3)$$

Los elementos del vector λ miden las emisiones atmosféricas, directas e indirectas, provocadas por cada sector por unidad de demanda final. Para conocer las emisiones atmosféricas, directas e indirectas, generadas por cada sector en su producción, atribuida a la demanda final total, ponderamos los valores unitarios por la demanda final que se realiza en cada sector.

4. EFECTOS ECONÓMICOS DE LAS RAMAS DEL SECTOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA: EFECTOS ARRASTRE E IMPULSO

Para estudiar las relaciones y el impacto económico de las ramas del sector de energía eléctrica en la economía española, hemos obtenido, tal como se describe en el apartado anterior, la Matriz de Multiplicadores. De esta manera, se persigue conocer los efectos que se producen entre las ramas del sector de energía eléctrica y los distintos sectores de la economía española ante variaciones unitarias de demanda final. Para conocer el carácter dinamizador de las ramas del sector de energía eléctrica tanto por su capacidad para generar producción como por el volumen de su demanda final, obtenemos los efectos globales de arrastre. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2.

De acuerdo a estos resultados, las ramas del sector de energía eléctrica se encuentran entre los sectores que generan mayor incremento de renta del conjunto de la economía ante variaciones unitarias de su demanda final, es decir, entre los de mayor *arrastre*, destacando principalmente las ramas de *Biomasa* (2,80 u.m.), *Eólica* (2,71 u.m.) y *Solar* (2,46 u.m.). Sin embargo, si observamos su efecto en el conjunto de la economía para satisfacer su demanda final total, es decir, la renta que generan a la hora de realizar la producción del total de su demanda final, se encuentran entre los sectores de menor efecto. Esto es consecuencia del menor tamaño de la demanda final de las ramas de energía eléctrica, principalmente en el caso de la *Eólica*, *Hidráulica* y *Solar*. No obstante, la rama *Energía eléctrica no renovable*, que es la que menor arrastre unitario presenta de todas las ramas del sector eléctrico, es la que tiene mayor arrastre global como consecuencia de su mayor demanda final.

Tabla 2
Efectos Arrastre e Impulso

RAMAS DE ACTIVIDAD	Efecto Arrastre		Efecto Arrastre		Efecto Impulso	
	Unitario	Nº orden ⁴	Global	Nº orden	Unitario	Nº orden
Energía eléctrica no renovable	2,09	7	17.187,38	18	1,86	12
Energía eólica	2,71	2	0,41	30	1,02	26
Hidráulica	2,13	6	0,24	31	1,02	27
Solar	2,46	3	45,80	28	1,00	30
Biomasa / RSU/ Geotermia/ Biogas	2,80	1	1.262,57	25	1,03	25

Fuente: Elaboración propia.

También es la rama *Energía eléctrica no renovable*, dentro de las ramas del sector de energía eléctrica, la que más se beneficia ante un incremento unitario exógeno de gasto en todos los bienes de la demanda, es decir la que mayor efecto impulso presenta (1,86 u.m.). Por el contrario, las ramas de energía eléctrica renovable tienen un efecto impulso reducido, lo que nos está reflejando que a pesar de ser sectores cuyo producto es muy requerido como input para todos los agentes económicos, en España no tienen en estos momentos la importancia que requeriría un sector que produce un input tan importante para la economía.

Para conocer en qué sectores ejercen su arrastre las ramas del sector eléctrico, es decir, en qué ramas generan mayor renta cuando incrementa en una unidad su demanda final, calculamos el porcentaje que supone cada efecto multiplicador de estas ramas sobre el total de su efecto arrastre. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

De acuerdo a los resultados, observamos que los sectores sobre los que mayor arrastre realizan las ramas del sector de energía eléctrica, además de a ellas mismas, son *Otros servicios*, las industrias del metal (*Metalurgia*, *Fabricación de productos metálicos* y *Maquinaria*) y *Construcción*. Aunque hay diferencias entre unas ramas y otras, así *Energía eléctrica no renovable* tiene un importante arrastre sobre *Extracción de crudos de petróleo y gas natural*, *Otros servicios* y *Producción y distribución de gas*; mientras que *Eólica*, *Solar* y *Biomasa* lo tienen sobre la industria del metal, e *Hidráulica* sobre *Otros servicios*, *Comercio y restauración* y *Construcción*.

⁴ El número total de sectores productivos estudiados son 31.

Tabla 3
Porcentaje de los multiplicadores sobre el Efecto Arrastre unitario

RAMAS DE ACTIVIDAD	Energía eléctrica no renovable	Eólica	Hidráulica	Solar	Biomasa / RSU/ Geotermia/ Biogas
Agricultura, ganadería y silvicultura	0,08%	0,13%	0,33%	0,15%	0,10%
Pesca y acuicultura	0,00%	0,00%	0,02%	0,01%	0,00%
Extracción de antracita, hulla, lignito y turba	2,91%	0,10%	0,04%	0,08%	0,05%
Extracción de crudos de petróleo y gas natural. Extracción de uranio y torio	7,13%	0,38%	0,25%	0,33%	0,25%
Resto extractivas	0,05%	0,42%	0,10%	0,34%	0,30%
Coquerías, refino y combustibles nucleares	3,85%	0,30%	0,20%	0,27%	0,21%
Energía eléctrica no renovable	56,22%	0,99%	0,61%	0,79%	0,58%
Producción y distribución de gas	6,15%	0,24%	0,13%	0,19%	0,14%
Energía eólica	0,71%	36,96%	0,01%	0,01%	0,01%
Hidráulica	0,53%	0,01%	46,95%	0,01%	0,01%
Solar	0,06%	0,00%	0,00%	40,71%	0,00%
Biomasa / RSU/ Geotermia/ Biogas	0,44%	0,02%	0,01%	0,01%	35,71%
Biocarburante	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Captación, depuración y distribución de agua	0,16%	0,11%	0,05%	0,08%	0,04%
Alimentación	0,19%	0,19%	1,00%	0,33%	0,17%
Textil y piel	0,08%	0,16%	0,18%	0,15%	0,12%
Elaborados de madera	0,31%	1,06%	0,47%	0,85%	0,58%
Industria química	0,37%	1,45%	0,52%	1,20%	1,27%
Materiales de construcción	0,14%	0,41%	0,62%	0,95%	1,68%
Metalurgia	0,65%	8,19%	0,71%	5,30%	2,86%
Fabricación de productos metálicos	1,50%	24,14%	0,83%	14,08%	2,63%
Maquinaria	1,29%	1,59%	4,02%	6,70%	25,48%
Fabricación de vehículos de motor y remolques	0,10%	0,10%	0,39%	0,16%	0,12%
Fabricación de otro material de transporte	0,04%	0,03%	0,03%	0,03%	0,02%
Otras manufacturas	0,91%	6,97%	1,36%	4,64%	1,27%
Construcción	1,17%	2,71%	6,83%	9,69%	18,69%
Comercio y restauración	2,07%	1,88%	11,93%	3,81%	1,75%
Transporte y comunicaciones	3,57%	2,66%	2,14%	2,99%	1,82%
Otros servicios	7,20%	7,70%	18,43%	4,97%	3,11%
Servicios destinados a la venta	2,11%	1,09%	1,80%	1,17%	1,02%
Servicios no destinados a la venta	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

Una vez estudiados los efectos económicos de las ramas del sector de energía eléctrica y sus vinculaciones con el resto de sectores productivos, vamos

a analizar cuales son los impactos medioambientales medidos en emisiones atmosféricas provocados al realizar su actividad económica.

5. ANÁLISIS DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS DEL SECTOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN ESPAÑA

El sector eléctrico es uno de los sectores que más emisiones atmosféricas genera, por lo que es uno de los sectores más importantes a considerar a la hora de reducir dichas emisiones. Por ello, cualquier estrategia encaminada al cumplimiento de los objetivos del Protocolo de Kioto pasa por abordar las emisiones de este sector. Para ello, en este apartado se cuantifican las emisiones, tanto directas como indirectas, de CO₂ y de la suma de los seis gases de efecto invernadero medida en toneladas de CO₂ equivalente.

5.1. Elaboración de las cuentas de emisiones atmosféricas

Las emisiones atmosféricas que hemos considerado en nuestro estudio han sido los seis gases de efecto invernadero (GEI) que contempla el Protocolo de Kyoto: Dióxido de carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido nitroso (N₂O), Hidrofluorocarburos (HFCs), Perfluorocarburos (PFCs), Hexafluoruro de azufre (SF₆). Para realizar nuestro análisis utilizaremos la suma total de los seis gases de efecto invernadero medida en unidades de CO₂ equivalente y las emisiones de CO₂, que son las que suponen un mayor porcentaje de la suma total de los seis gases de efecto invernadero considerados en el Protocolo de Kyoto, el 84% en España en 2008.

Para obtener las emisiones atmosféricas que cada agente económico realiza, partimos de las Cuentas de Emisiones Atmosféricas de 2008 elaboradas por el Instituto Nacional de Estadística (INE). En estas cuentas se clasifican las emisiones por grupos de actividades, pudiendo hallar su correspondencia con los sectores con los que estamos trabajando a través de las clasificaciones CNAE-93 Rev 1 y NACE Rev1. Sin embargo, nos encontramos con el problema de que algún grupo de actividad se corresponde con dos o más de los sectores que consideramos en nuestra base de datos, por lo tanto hemos tenido que distribuir las emisiones de los grupos de actividad que están vinculados a más de un sector.

Para ello, hemos utilizado los datos del Inventario CORINE de España para 2008, y el trabajo de Tudini y Vetrella (2004), en el que se explica cómo elaborar las Cuentas de Emisiones Atmosféricas a partir de los datos del Inventario CORINE. De esta manera, a partir del Inventario CORINE 2008 de España hemos obtenido las emisiones atmosféricas que realizan los sectores que forman nuestra tabla Input Output, y ello nos ha permitido obtener la participación de cada sector en las emisiones atmosféricas totales de cada grupo de actividad. Para distribuir las emisiones de los grupos de actividad a los que

corresponden más de un sector, hemos aplicado la participación calculada de cada sector en relación a su grupo de actividad, y hemos obtenido las emisiones correspondientes a cada sector, excepto en los sectores de energías renovables sobre los que no se especifica información para obtener las emisiones correspondientes a cada uno de ellos.

Las emisiones atmosféricas realizadas por las distintas fuentes de energías renovables *Eólica*, *Hidráulica*, *Solar* y *Biomasa* se encuentran incluidas en las emisiones del sector *Producción y distribución de energía eléctrica*, mientras que las del sector de *Biocarburantes* se encuentran en el sector *Coquerías, refino y combustibles nucleares*. Para llevar a cabo la distribución hemos recurrido a los datos que proporciona el Plan de Energías Renovables 2005-2010. De acuerdo con los datos que presenta el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA), las emisiones atmosféricas directas correspondientes a los sectores *Hidráulica*, *Eólica* y *Solar* son nulas. En lo que respecta a las emisiones correspondientes al sector *Biocarburantes*, en el que se engloba la producción de Bioetanol y Biodiesel, hemos obtenido de la publicación Gómez *et al* (2008) que las principales emisiones en la producción de bioetanol, en su etapa de transformación industrial, son las emisiones de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (Nox), compuestos orgánicos volátiles (COV, especialmente aldehídos) y material particulado, todas ellas emisiones no consideradas en nuestro estudio, que son los seis GEI considerados en el Protocolo de Kyoto. En cuanto a la producción de biodiesel hemos de señalar que en su etapa de transformación industrial no implica emisiones significativas de contaminantes al aire, tan solo pueden producirse emisiones marginales de metanol por venteo y de óxidos de azufre (Sox). Por lo tanto, hemos observado que el tipo de emisiones atmosféricas que se realizan en la producción de biocarburantes, en su etapa de transformación industrial, no son objeto de nuestro estudio, a excepción del metanol, pero que resulta ser marginal, es decir no significativa, por lo tanto las emisiones atmosféricas del sector Biocarburantes en nuestro estudio se consideran nulas.

En cuanto al sector de la Biomasa, en el PER 2005-2010 se considera su factor de emisión de CO₂ para generación eléctrica neutro, como consecuencia de que la producción de electricidad a partir de fuentes renovables de biomasa no contribuye al efecto invernadero, ya que el dióxido de carbono liberado por la biomasa cuando es quemada es igual al dióxido de carbono absorbido por el material de la biomasa durante su crecimiento. Sin embargo, en las emisiones atmosféricas que se consideran en las Cuentas Ambientales, no se tienen en cuenta ni las emisiones realizadas ni los gases absorbidos por la naturaleza, por lo tanto, sólo se consideran las emisiones que se generan cuando la biomasa es quemada. De esta manera, estas emisiones son las que vamos a considerar en la elaboración de nuestras Cuentas de emisiones desagregadas para España 2008.

De acuerdo a la información que publica la revista *Ambientum* (2002), las emisiones de CO₂ emitidas en el almacenaje y reparación para combustión de biomasa y en la combustión de biomasa son 771 kg por tonelada de biomasa. Por su parte, en el trabajo que presenta Proyecto Enersilva (2007), obtenemos que 1kg de biomasa produce 4.067 kwh de energía. Por lo tanto, a partir de esta información y sabiendo que la producción de energía eléctrica de Biomasa en España en 2008 fue de 2.485 GWh (Libro de Energía, 2008), obtenemos las emisiones atmosféricas que se generaron en el sector Biomasa en 2008.

A continuación se muestran las cuentas de emisiones atmosféricas que hemos obtenido para España en el año 2008.

Tabla 4
Emisiones atmosféricas en España 2008 (toneladas)

	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	SF ₆	HFC	PFC	CO ₂ EQ
Agricultura, ganadería y silvicultura	900.094	9.414.365	47.483	0	0	0	44.171.529
Pesca y acuicultura	49	1.528.635	38	0	0	0	1.540.976
Extracción de antracita, hulla, lignito y turba	33.528	181.491	5	0	0	0	954.205
Extracción de crudos de petróleo y gas natural. Extracción de uranio y torio	87	927.509	23	0	0	0	936.228
Resto extractivas	1.503	460.000	10	0	0	0	497.529
Coquerías, refino y combustibles nucleares	6.397	19.247.000	437	0	0	0	19.523.483
Energía eléctrica no renovable	7.964	79.055.645	1.553	0	0	0	79.698.516
Producción y distribución de gas	18.130	10.324.383	232	0	0	0	10.810.081
Energía eólica	0	0	0	0	0	0	0
Hidráulica	0	0	0	0	0	0	0
Solar	0	0	0	0	0	0	0
Biomasa / RSU/ Geotermia/ Biogas	0	471	0	0	0	0	471
Biocarburante	0	0	0	0	0	0	0
Captación, depuración y distribución de agua	25	397.501	13	0	0	0	401.877
Alimentación	8.283	6.059.000	160	0	0	0	6.296.869
Textil y piel	1.853	2.263.000	60	0	0	0	2.323.379
Elaborados de madera	9.777	4.602.000	120	0	0	0	4.862.391

Tabla 4 (continuación)
Emisiones atmosféricas en España 2008 (toneladas)

	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	SF ₆	HFC	PFC	CO ₂ EQ
Industria química	17.455	8.590.000	3.383	0	79	0	10.473.033
Materiales de construcción	6.588	44.723.000	804	0	0	0	45.112.508
Metalurgia	7.398	14.282.646	278	0	0	13	14.650.693
Fabricación de productos metálicos	11	540.354	9	0	0	5	584.728
Maquinaria	796	1.004.000	25	15	0	0	1.358.579
Fabricación de vehículos de motor y remolques	17	915.867	28	0	0	0	924.421
Fabricación de otro material de transporte	1.617	1.116.133	23	0	0	0	1.160.257
Otras manufacturas	1.043	571.000	12	0	0	0	598.541
Construcción	262	5.398.000	130	0	0	0	5.442.506
Comercio y restauración	841	6.756.000	133	0	0	0	6.814.711
Transporte y comunicaciones	5.858	36.777.000	890	0	0	0	37.175.174
Otros servicios	228	707.000	11	0	0	0	715.500
Servicios destinados a la venta	172	1.100.000	1.276	0	0	0	1.481.652
Servicios no destinados a la venta	651.814	2.815.000	4.278	0	0	0	19.073.010
Consumo	33.741	74.558.000	2.722	0	355	1	78.295.622
Sector público	186	574.000	9	0	0	0	580.942
SUMA COLUMNA	1.715.717	334.889.000	64.145	15	434	18	396.459.412

Fuente: INE y elaboración propia.

5.2. Emisiones Directas e Indirectas de las ramas del sector de energía eléctrica: Valores Verticalmente Integrados

De acuerdo con la información elaborada a partir de las Cuentas Satélite de Emisiones atmosféricas (Instituto Nacional de Estadística, 2010), las emisiones directas realizadas por las ramas del subsistema del sector eléctrico son 79.056.116 toneladas de CO₂, que representa el 23,6% de las emisiones totales de la economía española. De estas emisiones, prácticamente todas son realizadas por la rama *Energía eléctrica no renovable*, a excepción de 471 toneladas realizadas por la rama de *Biomasa*, mientras que la emisión directa de las ramas *Eólica*, *Solar* e *Hidráulica* es nula. No obstante, para que el análisis sea

completo tenemos que conocer no sólo las emisiones directas que realizan, sino también las emisiones indirectas. Para ello, obtenemos los valores verticalmente integrados unitarios de emisiones de CO₂ y de la suma de los seis gases de efecto invernadero medida en toneladas de CO₂ equivalente, que se presentan en la Tabla 5.

Observamos que los sectores más contaminantes son las energías no renovables (*Energía eléctrica no renovable, Producción y distribución de gas y Coquerías, refino y combustibles nucleares*), así como la *Construcción, Pesca y acuicultura, Metalurgia y Transporte y comunicaciones*. De esta manera la rama *Energía eléctrica no renovable* provoca, directa e indirectamente, 2.602 t. de CO₂ por cada millón de euros de demanda final. En cambio, las ramas de energías renovables obtienen valores bajos, siendo la *Hidráulica* la que provoca menos emisiones, 79 t. por cada millón de euros de su demanda final, y con niveles similares de emisiones se encuentran *Eólica* (180), *Biomasa* (158) y *Solar* (151).

Tabla 5
Valores Verticalmente Integrados Unitarios de Emisiones Atmosféricas

RAMAS DE ACTIVIDAD	VVI Unitarios	
	CO ₂ (toneladas por millón de euros)	CO ₂ EQ (toneladas por millón de euros)
Energía eléctrica no renovable	2.602	2.649
Materiales de construcción	1.560	1.580
Producción y distribución de gas	1.068	1.117
Coquerías, refino y combustibles nucleares	841	853
Pesca y acuicultura	494	503
Metalurgia	443	459
Transporte y comunicaciones	392	399
Elaborados de madera	347	402
Agricultura, ganadería y silvicultura	314	1.158
Construcción	274	282
Alimentación	258	464
Fabricación de productos metálicos	244	254
Industria química	238	272
Resto extractivas	237	249
Captación, depuración y distribución de agua	204	213
Extracción de antracita, hulla, lignito y turba	200	508

Tabla 5 (continuación)
Valores Verticalmente Integrados Unitarios de Emisiones Atmosféricas

RAMAS DE ACTIVIDAD	VVI Unitarios	
	CO ₂ (toneladas por millón de euros)	CO ₂ EQ (toneladas por millón de euros)
Energía eólica	180	188
Otras manufacturas	163	177
Biomasa / RSU/ Geotermia/ Biogas	158	166
Textil y piel	157	177
Fabricación de otro material de transporte	152	159
Solar	151	158
Comercio y restauración	138	160
Servicios no destinados a la venta	128	211
Fabricación de vehículos de motor y remolques	116	120
Biocarburante	116	124
Maquinaria	98	105
Hidráulica	79	87
Otros servicios	67	73
Servicios destinados a la venta	63	68
Extracción de crudos de petróleo y gas natural. Extracción de uranio y torio	40	40

Fuente: Elaboración propia.

Una deficiencia de estos vectores unitarios verticalmente integrados es que indican el impacto sobre la emisión de contaminantes que es provocado por cada agente de la economía, como consecuencia de una variación unitaria, exógena, en la demanda o ingresos de dicho agente económico; en otras palabras, informan sobre la intensidad del impacto pero no sobre el impacto global realizado por dicho agente. Pensemos que un sector o cuenta puede contaminar mucho por unidad de sus ingresos, sin embargo si estos no son tan importantes en cantidad, no resultaría un agente muy dañino al medio ambiente en dicha economía. La solución es ponderar por el total de gasto del agente económico. Así obtenemos los valores globales de la contaminación correspondiente que incluimos en la Tabla 6.

Tabla 6
Valores Verticalmente Integrados Globales de Emisiones Atmosféricas

RAMAS DE ACTIVIDAD	VVI Globales	
	CO ₂ (toneladas)	CO ₂ EQ (toneladas)
Construcción	49.835.890	51.165.387
Comercio y restauración	33.725.847	38.940.947
Servicios no destinados a la venta	27.522.868	45.459.215
Transporte y comunicaciones	23.029.954	23.487.680
Energía eléctrica no renovable	21.408.895	21.796.155
Alimentación	17.722.910	31.901.933
Servicios destinados a la venta	10.771.695	11.606.125
Coquerías, refino y combustibles nucleares	8.978.431	9.109.242
Industria química	8.507.790	9.735.515
Materiales de construcción	8.206.040	8.311.622
Fabricación de vehículos de motor y remolques	8.018.526	8.331.821
Otros servicios	7.548.386	8.174.151
Maquinaria	6.483.801	6.943.833
Agricultura, ganadería y silvicultura	4.821.154	17.785.606
Metalurgia	4.556.426	4.723.539
Otras manufacturas	3.895.948	4.232.842
Textil y piel	3.437.517	3.887.818
Fabricación de productos metálicos	2.896.782	3.013.988
Fabricación de otro material de transporte	2.091.240	2.184.349
Elaborados de madera	2.076.191	2.399.660
Producción y distribución de gas	1.931.041	2.019.714
Pesca y acuicultura	1.372.156	1.397.432
Captación, depuración y distribución de agua	638.810	666.336
Resto extractivas	188.171	197.245
Biomasa / RSU/ Geotermia/ Biogas	71.328	74.787
Extracción de antracita, hulla, lignito y turba	10.596	26.976
Extracción de crudos de petróleo y gas natural. Extracción de uranio y torio	3.908	3.950
Solar	2.812	2.947
Biocarburante	1.851	1.993
Energía eólica	27	29
Hidráulicas	9	10

Fuente: Elaboración propia.

Observamos que el orden de los sectores en las Tablas 5 y 6 ha variado sustancialmente. Ahora los sectores más contaminantes son *Construcción*, *Comercio*, *Servicios no destinados a la venta* y *Transporte*, mientras que la rama *Energía eléctrica no renovable* ha perdido posiciones. Por lo tanto,

aunque este sector resulta muy contaminante por la intensidad de las emisiones atmosféricas que provoca por unidad monetaria de producción, cuando se considera su efecto global en España, de toda su producción, ese efecto pierde peso, aunque sigue siendo considerable, el 8,24% del efecto total.

En cuanto a las otras ramas del sector eléctrico, que presentaban valores verticalmente integrados unitarios bajos, también pierden peso sus emisiones, directas e indirectas, cuando se consideran las emisiones globales especialmente *Energía eólica y Solar*. Esto es principalmente consecuencia del reducido tamaño de su demanda final.

6. CONCLUSIONES

La relevancia del sector eléctrico para la economía española radica, por un lado, en su importancia como bien energético, al suponer más de la mitad de la producción energética de nuestro país; por otro, como bien generador de emisiones contaminantes a la atmósfera en su proceso productivo. De esta relevancia se deriva el objetivo de estudio de este trabajo, que es cuantificar y analizar el impacto, tanto económico como medioambiental, del sector eléctrico español. Para ello, se ha empleado una metodología basada en la utilización de una Tabla Input-Output, con el valor añadido de presentar de forma desagregada las ramas del sector eléctrico, separando la producción eléctrica renovable de la no renovable.

En primer lugar se han analizado los efectos económicos que se producen sobre el resto de ramas de actividad de la economía española ante cambios en la demanda final del sector eléctrico. De este modo se puede conocer el carácter dinamizador de las diferentes ramas de este sector. Los resultados obtenidos nos muestran que las ramas *Biomasa, Eólica y Solar* presentan valores altos de efecto arrastre por unidad de demanda, aunque cuando calculamos los efectos globales su capacidad para generar actividad económica disminuye respecto al resto de sectores, debido al pequeño tamaño de su demanda final.

Por otro lado, los sectores sobre los que el sector eléctrico tiene mayor capacidad de arrastre, es decir, capacidad de generar actividad o renta son los *Servicios, la Metalurgia y la Construcción*, habiendo diferencias entre ramas renovables y no renovables. Así, la *Eléctrica no renovable* posee un importante efecto arrastre sobre *Extracción de crudos y Producción de gas*, mientras que *Eólica, Solar y Biomasa* lo tienen sobre la industria del metal.

El análisis de emisiones atmosféricas del sector eléctrico español lo hemos realizado considerando tanto sus emisiones directas como indirectas. Para ello, se han calculado los valores verticalmente integrados en emisiones atmosféricas de CO₂ y de la suma de los seis GEI en CO₂ equivalente para las diferentes ramas del sector. Si atendemos sólo a las emisiones directas la rama *Energía eléctrica no renovable* presenta una importante emisión directa de CO₂ (23,6%

sobre el total de emisión directa de España), siendo poco significativa la de *Biomasa* y nula para *Eólica*, *Hidráulica* y *Solar*.

No obstante, aunque la emisión directa de las ramas renovables es no significativa o nula, sí que provocan emisiones indirectas, aunque hemos obtenido que son reducidas y muy inferiores a las de la rama *Energía eléctrica no renovable*. Los cálculos realizados han permitido comprobar que la mayor parte de las emisiones proceden de la rama *Eléctrica no renovable* seguida por *Eólica*, *Biomasa*, *Solar* y en último lugar *Hidráulica*. Estos resultados se han obtenido calculando emisiones unitarias (por unidad de demanda), pero si se calculan las emisiones globales (ponderando por el total de gasto de la rama en cuestión) los resultados varían pues ahora tras la *Eléctrica no renovable* se sitúa *Biomasa* seguida de *Solar* y por último, como menos contaminantes, tenemos la *Eólica* y la *Hidráulica*.

En este trabajo se puede apreciar claramente la necesidad de diferenciar, dentro del sector eléctrico, los distintos tipos de fuentes energéticas (en nuestro caso renovables y no renovables) pues sus efectos, tanto económicos sobre el resto de sectores productivos como medioambientales en cuanto a emisiones atmosféricas, son considerablemente distintos.

Los resultados obtenidos nos muestran que, de cara a planificar medidas de política energética y medioambiental, las energías renovables juegan un papel fundamental. Además, el hecho de haber distinguido entre cuatro tipos de energías renovables nos ha permitido detectar el diferente comportamiento de cada una de ellas tanto económico, como medioambiental.

Por último, el análisis detallado de emisiones atmosféricas que se ha realizado para los 31 sectores en los que se ha agregado el sector productivo español puede resultar de gran utilidad a la hora de diseñar políticas fiscales encaminadas a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÁNTARA, V. (1995): *Economía y contaminación atmosférica: hacia un nuevo enfoque desde el análisis input-output*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
- ALCÁNTARA, V., ROCA, J. (1995): "Energy and CO2 emissions in Spain: methodology of analysis and some results for 1980-90". *Energy Economics*, vol. 17, nº 3, pp. 221-230.
- AMBIENTUM REDACCIÓN (2002): "Biomasa y cambio climático". *Ambientum*, edición junio.

- ANTÓN, V.; DE BUSTOS, A. (1995): *La emisión de CO₂ y su problemática comunitaria. Un método de estimación general*. Documento de Trabajo SGPS-950005. Dirección General de Planificación. Ministerio de Economía y Hacienda.
- CÁMARA, A.; FLORES, M. y FUENTES SAGUAR, P. (2011): "Evaluación del sector energético español de renovables", *VI Congreso de la Asociación Española para la Economía Energética*, Barcelona.
- CARDENETE, M. A.; FUENTES SAGUAR, P. D.; POLO, C. (2010): "Sectores clave de la economía andaluza a partir de la matriz de contabilidad social regional para el año 2000", *Revista de Estudios Regionales*, 88, pp. 15-44.
- CARDENETE, M. A.; FUENTES SAGUAR, P. D.; POLO, C. (2008): "Análisis de intensidades energéticas y emisiones de CO₂ a partir de la Matriz de Contabilidad Social de Andalucía del año 2000", *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 8 (2), pp. 31-48.
- CARDENETE, M. A.; FUENTES SAGUAR, P. D. (2009): *Un Análisis del Sector Energético Español a través de Modelos de Crecimiento Sostenible*. Fundación EOI Escuela de Negocios, Madrid.
- CE (2002): Directiva 2002/358/CE, de 25 de abril de 2002, del Consejo Europeo, relativa a la aprobación, en nombre de la Comunidad Europea, del Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y al cumplimiento conjunto de los compromisos contraídos con arreglo al mismo.
- CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS Y CONSUMOS ENERGÉTICOS (CIRCE) (2008): *El potencial de las energías renovables en España*. Universidad de Zaragoza.
- DIETZENBACHER, E. (2005): "More on multipliers", *Journal of Regional Science*, vol. 45, nº 2, pp. 421-426.
- ESTEBAN, L.; FEIJOÓ, M.; HERNÁNDEZ, J. M. (2003): "Eficiencia energética y regulación de la industria española ante el cambio climático", *Estudios de Economía Aplicada*, vol. 21, nº 2, pp. 259-282.
- GÓMEZ, J. J.; SAMANIEGO, J. L.; ANTONISSEN, M. (2008): Consideraciones ambientales en torno a los biocombustibles líquidos, CEPAL, Serie Medio ambiente y desarrollo, nº 137.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (2008): *Marco Input-Output 2005*. Disponible en <http://www.ine.es>.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (2010): *Contabilidad Nacional de España 2005*.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (2010): *Cuentas Satélite de Emisiones Atmosféricas*. Disponible en <http://www.ine.es>.
- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (2005): *Plan de Energías Renovables en España (PER) 2005-2010*. Disponible en <http://www.idae.es>.

- LEONTIEF, W. (1941): *The Structure of American Economy, 1919-1929: an Empirical Application of Equilibrium Analysis*, Cambridge, Harvard University Press.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (2009): Inventario CORINE-AIRE para España.
- PROYECTO ENERSILVA (2007): La biomasa con fines energéticos. www.enersilva.org.
- RASMUSSEN, P. (1956): *Studies in Inter-Sectorial relations*. Amsterdam, North-Holland.
- RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA (2009): “El sistema eléctrico español en 2008”. Disponible en <http://www.ree.es>.
- ROCA, J.; ALCÁNTARA, V. y PADILLA, E. (2007): “Actividad económica, consumo final de energía y requerimientos de energía primaria en Cataluña, 1990-2005. Análisis mediante el uso de los balances energéticos desde una perspectiva input-output”, *Documento de Trabajo*, Universidad Autónoma de Barcelona.
- SECRETARÍA DE ESTADO DE ENERGÍA (2009). La Energía en España 2008.
- STERN, N. (2006): *Stern review: The economics of Climate Change*. Cambridge University Press, New York.
- TUDINI, A.; VETRELLA, G. (2004): “Italian NAMEA: 1990-2000 Air Emission Accounts”. ISTAT Final Report. Roma: ISTAT (Istituto Nacional de Estadística Italiano).