

XVI ENCUENTRO DE ECONOMÍA APLICADA

Granada, 6 y 7 de junio de 2013

Factores determinantes de la inversión en I+D de las empresas energéticas

(Versión preliminar. No citar, por favor, sin permiso de los autores)

Costa-Campi, M.T, Departamento de Economía Pública, Cátedra de Sostenibilidad Energética y Ambiental e Instituto de Economía de Barcelona, Universidad de Barcelona
E-mail: mtcosta@ub.edu

Duch-Brown, N. Departamento de Economía Pública, Cátedra de Sostenibilidad Energética y Ambiental e Instituto de Economía de Barcelona, Universidad de Barcelona
E-mail: nduch@ub.edu

García-Quevedo, J. Departamento de Economía Pública, Cátedra de Sostenibilidad Energética y Ambiental e Instituto de Economía de Barcelona, Universidad de Barcelona
E-mail: jgarciaq@ub.edu

Resumen

El objetivo de este trabajo es examinar los factores explicativos de la inversión en I+D de las empresas energéticas. En particular, se analiza si los distintos objetivos que persiguen las empresas en sus actividades innovadoras influyen en el esfuerzo en I+D. La base de datos utilizada es el Panel de innovación tecnológica (PITEC) para el período 2003-2010. El análisis aplicado se realiza para las empresas energéticas en comparación con las empresas manufactureras y las estimaciones distinguen entre la decisión de innovar y la posterior intensidad en la inversión en I+D.

Palabras clave: I+D, innovación, energía, regulación

Clasificación JEL: Q40, O31

Agradecimientos: Los autores agradecen los comentarios y colaboración de Pere Arqué, Leticia Blázquez y Elisa Trujillo. José García-Quevedo agradece el apoyo del Ministerio de Ciencia y Educación de España (ECO2010-16934) y de la Generalitat de Catalunya (2009SGR102)

1. INTRODUCCIÓN

El sector energético se enfrenta a retos tecnológicos de gran envergadura en la mayor parte de sus actividades y segmentos. Diversos factores dan razón del escenario futuro, de rasgos muy diferentes a los que definen el modelo actual. Los cambios que debe realizar el sector atañen tanto a la oferta como a la demanda. Desde el lado de la oferta, las innovaciones afectan verticalmente a todo el proceso industrial. Las tecnologías de generación se enfrentan a una necesaria incorporación de innovaciones por razones de eficiencia, competencia y regulación. La caída de la demanda eléctrica en buena parte de los países desarrollados debido a la crisis económica y, en el caso español además por un excesivo número de plantas, obliga a flexibilizar la tecnología de los ciclos combinados para que con la mitad del número de horas activos respecto a los valores previstos para su rentabilidad puedan evitar pérdidas, las energías renovables están incorporando innovaciones tecnológicas para reducir el coste del Mw.h, y gestionar su evacuación a la red a fin de poder competir en condiciones de mercado y dotarse de la mayor flexibilidad de acuerdo con las necesidades del sistema y, por último, todo el mix de tecnologías de generación de régimen convencional, especialmente las plantas de carbón, tienen que desarrollar tecnologías de reducción y captura de emisiones de gases de efecto invernadero.

En las actividades de transporte y, muy especialmente, de distribución eléctrica, el cambio tecnológico pendiente es si cabe aún más significativo ya que supone un nuevo modelo de funcionamiento del sistema energético en su conjunto. Las nuevas redes de transporte de largo recorrido con mayor capacidad y menores pérdidas, las *smarts grids* y los contadores inteligentes crean un nuevo modelo en el que la microgeneración puede pasar a tener un papel muy relevante, en detrimento del mapa actual de plantas convencionales. Igualmente, la operación del sistema, si bien ya ha realizado avances tecnológicos muy relevantes –destacando por su mayor desarrollo tecnológico frente al resto el TSO español, Red Eléctrica de España–, debe seguir adecuando su gestión al peso cada vez mayor de las energías renovables en el *mix* de generación. Los cambios tecnológicos en el sistema de redes involucran al propio diseño de la generación y al papel que debe tener el consumidor en la gestión de la demanda. Suponen, sin duda, cambios de gran calado que exigen inversiones en investigación y desarrollo tecnológico.

La actividad de comercialización se enfrenta a la necesidad de ofrecer nuevos productos. Los servicios complementarios al tradicional servicio de suministro al cliente jugarán un papel muy relevante en la captación de cuota de mercado. La liberalización del mercado minorista no ha alcanzado hasta el momento los resultados esperados, planteándose la necesidad de incorporar tecnologías de la información y servicios complejos asociados a nuevas ofertas complementarias. Y todo ello, en un contexto de presión para adaptar el sector energético a una economía baja en CO₂, que no solo afecta al mix de generación, como ya se ha señalado, sino al transporte, distribución e incluso a la comercialización.

Por el lado de la demanda, la regulación, las empresas energéticas y el sector industrial deberán también jugar un papel fundamental en la potenciación de la eficiencia energética, a través del desarrollo de productos que permitan a los consumidores ser actores activos en la gestión del sistema. En todas estas actividades, el papel del desarrollo tecnológico y la innovación es crucial.

Nadie cuestiona estos acuciantes retos, que configuran la hoja de ruta de reguladores y empresas. Sin embargo, sorprendentemente no se han visto acompañados en los últimos años por un incremento acorde en los esfuerzos que las empresas energéticas dedican a los proyectos de I+D. Antes bien, la literatura demuestra que la tendencia ha sido significativamente decreciente y además generalizada en la mayoría de los países desarrollados. Esto es aún más preocupante si cabe si tenemos en cuenta que el sector eléctrico tradicionalmente ha dedicado una menor cantidad relativa de recursos a tareas de innovación que el resto de sectores manufactureros. La escasa literatura existente hasta este momento dedicada al análisis del esfuerzo tecnológico en el sector energético se ha limitado al estudio del sector eléctrico y el espectro de países analizado es ciertamente reducido, con un peso destacado del mercado estadounidense. Hay cierta unanimidad en señalar a los efectos de los procesos de liberalización y privatización del sector, acaecidos desde la década de los noventa en la mayor parte de los países desarrollados, como una de las razones que explicarían esta reducción. El aumento de las presiones competitivas para reducir costes, con la consiguiente reducción de la inversión en aquellas actividades de I+D más orientadas hacia objetivos de largo plazo, la disminución del tamaño de las empresas, la socialización de los beneficios de la innovación y la incertidumbre regulatoria que ha acompañado a estos procesos están entre estos efectos (Jamash y Pollit, 2008; Sterlacchini, 2012). No debe

tampoco dejarse de considerar, a su vez, que en la medida en que el proceso de liberalización se ha acompañado de un cambio tecnológico radical como fue la incorporación del ciclo combinado en la última década del siglo XX, que provocó un cambio rotundo en los parámetros de eficiencia en la generación, su difusión y consolidación como tecnología madura en el sector pudiera haber llevado a un cierto detenimiento en nuevos procesos de innovación, habida cuenta que los progresos tecnológicos en las tecnologías de generación de energía renovable se pueden haber contabilizado en el sector industrial. Por otro lado, la tecnología nuclear, que requiere gran esfuerzo en inversiones tecnológicas, comienza a disminuir a finales de esa década el proceso de expansión que registró años antes. Cambios tecnológicos que bien pudieran ayudar a interpretar el comportamiento inversor en I+D. Otros aspectos cabría también considerar relativos al rigor de los datos en un marco totalmente regulado y retribuido, cuestión que ha sido tratada por la literatura para el caso español (Gómez Mendoza et al., 2007).

En España, los programas de reformas han implicado una completa reorganización de la industria con el propósito de introducir competencia en el sector. La separación de la propiedad de los diferentes segmentos de la actividad, donde España fue pionera al separar la propiedad del transporte, la creación de mercados mayoristas, la garantía del acceso de terceros a las redes, la eliminación de las barreras a la entrada en la generación, el desarrollo de nuevos esquemas de retribución de las actividades reguladas (transporte y distribución), la desaparición de la tarifa integral, la integración de los mercados español y portugués (MIBEL), la separación de la distribución y la comercialización, describen, entre otras muchas medidas, el tránsito del monopolio al mercado. Este proceso de liberalización arranca con vigor a partir de la Ley del Sector Eléctrico 54/1997 de 27 de noviembre y la Ley 34/1998 de Hidrocarburos. A partir de este marco normativo la regulación ha avanzado, no sin momentos guadiánicos, hacia un modelo en competencia, por supuesto mejorable y con grandes temas todavía por resolver. La tardía transposición de las últimas Directivas Europeas –las de 2003 no fueron incorporadas al Derecho español hasta 2007 y el llamado Tercer Paquete aprobado por el Parlamento y Consejo europeos en 2009, que sin duda constituye uno de los programas más ambiciosos y bien resueltos de la política energética europea ha tenido una transposición discutible jurídicamente y técnicamente incompleta– ha restado capacidad al sistema para incorporar mejoras regulatorias acordes con el objetivo de

liberalización y de eficiencia. Esta incertidumbre regulatoria puede haber incidido negativamente en las decisiones de inversión.

En este contexto, el objetivo de este trabajo es contribuir a la escasa literatura referida al esfuerzo tecnológico en el sector energético, analizando los factores explicativos de las actividades de I+D de las empresas energéticas en España, distinguiendo por un lado aquéllos factores que influyen en la decisión de innovar o no, y por otro, los que afectan a la cantidad relativa de recursos que se dedican al proceso innovador. Adicionalmente, se compararán estos determinantes del esfuerzo tecnológico con los del sector manufacturero y, en particular, con los de los sectores de alto contenido tecnológico, definidos según la propuesta de clasificación de la OCDE. El propósito es analizar en qué sentido las peculiaridades del sector energético pueden estar influyendo en su dinámica innovadora. El análisis abarcará el periodo 2003-2010; por lo tanto, el objetivo de este trabajo no será tanto medir los efectos de los cambios regulatorios sino el desarrollo de la I+D en el marco de un sector energético plenamente liberalizado. Hasta este momento, el sector energético español no ha sido objeto de estudio desde el punto de vista del esfuerzo tecnológico. Y una de las razones argüidas en algunos de los trabajos existentes es la falta de datos sobre gasto en I+D en la información legal publicada por las empresas españolas. Sin embargo, esta limitación puede ser suplida por la información al respecto contenida en la “Community Innovation Survey” (CIS), que para España recoge el Panel de Innovación Tecnológica (PITEC). Utilizando esta encuesta, el análisis se llevará a cabo aplicando el modelo estructural propuesto por Crepon et al. (1998) para examinar las relaciones entre esfuerzo en I+D, innovación y productividad y, en particular, las primeras dos ecuaciones referidas a la decisión de innovar o no y a la intensidad innovadora por lo que las estimaciones requieren la utilización de los procedimientos adecuados para el tratamiento de datos de panel con selección muestral.

Tras esta introducción, el artículo se organiza de la manera siguiente. En el siguiente apartado se presenta el modelo utilizado, se describe la base datos y se explican las variables utilizadas. Asimismo se proporciona información sobre las diferencias en los objetivos de la innovación de las empresas energéticas frente a las empresas manufactureras. En el tercer apartado se explica la estimación econométrica y se presentan los resultados de las estimaciones. El trabajo finaliza con un apartado de

conclusiones donde se presentan también algunas limitaciones y futuras líneas de investigación.

2. DATOS Y ESPECIFICACIÓN DEL MODELO

El análisis del esfuerzo tecnológico realizado por las empresas energéticas y su comparación con el llevado a cabo por el conjunto de empresas manufactureras y para las manufactureras de alta tecnología, se realiza utilizando la base de datos del Panel de Innovación Tecnológica (PITEC) para el período disponible 2003-2010. Esta base de datos utiliza la información de la Encuesta de Innovación Tecnológica que elabora anualmente el Instituto Nacional de Estadística (INE) de modo armonizado con la Community Innovation Survey (CIS). El PITEC permite disponer de una amplia y detallada información sobre las características de las empresas y de sus modos y actividades innovadoras y su estructura de panel resulta altamente ventajosa desde el punto de vista del análisis econométrico. No obstante, no está exenta de limitaciones, como el nivel de desagregación sectorial utilizado, que imposibilita identificar con precisión la actividad específica de las empresas energéticas, ya que la información disponible en la base de datos utilizada se encuentra a un nivel de desagregación de dos dígitos. En nuestro caso, la submuestra de empresas energéticas incluirá también a las de agua¹.

Para acotar en cierta medida el análisis y mejorar la precisión de los resultados, se han eliminado del panel aquellas empresas que mayoritariamente eran de propiedad pública, restringiendo el análisis al sector energético privado. En esta depuración, la mayor parte de las empresas dedicadas al suministro de agua han sido eliminadas de la muestra, de modo que las empresas analizadas son mayoritariamente eléctricas y gasistas. Tras este proceso de filtrado se dispone de 462 observaciones para las empresas de energía y de prácticamente 50.000 observaciones para las empresas

¹ La clasificación sectorial utilizada en el PITEC se corresponde con la CNAE-93 para el periodo 2003-2008 y con la CNAE-2009 para los años 2009 y 2010. En el primer caso, se encuentran agrupados bajo la denominación *Producción y Distribución de Electricidad, Gas y Agua* los antiguos sectores 40 y 41. Para los años más recientes, la base de datos ofrece información del sector *Energía y Agua*, categoría que incluye los actuales códigos 35 y 36. El enlace de las series se ha hecho con las tablas de equivalencias del INE.

manufactureras para el conjunto del período, conformando en ambos casos un panel no equilibrado para el periodo 2003-2010².

El modelo utilizado para la estimación de los determinantes del esfuerzo en I+D de las empresas energéticas se basa en el modelo estructural propuesto por Crepon et al. (1998) y que, conocido como CDM ha sido utilizado en numerosos análisis empíricos (Griffith et al., 2006; Artés, 2009). En concreto, se utilizan las dos primeras ecuaciones del modelo CDM donde se modelizan las decisiones de las empresas en relación a las actividades de I+D. La primera ecuación se refiere a la decisión dicotómica de la empresa i de incurrir o no en gastos internos³ de I+D (RD_{it}) mientras que la segunda corresponde a la intensidad del esfuerzo en I+D o función de inversión en I+D, medida como el logaritmo del ratio del gasto interno en I+D sobre las ventas totales de la empresas. En consecuencia, la intensidad del esfuerzo en I+D únicamente es observable si la empresa ha invertido en I+D. Formalmente:

$$D_{it} = \begin{cases} 1 & \text{si } \beta Z_{it} + \alpha_{1i} + d_t + \varepsilon_{1it} > 0 \\ 0 & \text{si } \beta Z_{it} + \alpha_{1i} + d_t + \varepsilon_{1it} < 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$RD_{it} = \begin{cases} \beta X_{it} + \alpha_{2i} + d_t + \varepsilon_{2it} & \text{si } D_{it} = 1 \\ 0 & \text{si } D_{it} = 0 \end{cases} \quad (2)$$

La ecuación de selección (1) modeliza la decisión de gastar internamente en I+D o no en función de un conjunto de variables explicativas (Z_{it}). Teniendo en cuenta la disponibilidad de los datos y la dimensión muestral y, siguiendo la literatura en I+D, las variables explicativas consideradas en la especificación del modelo serían las que a continuación se detallan. En este sentido cabe señalar que no existe un consenso generalizado sobre cómo medir ambas decisiones pero se considera que la ecuación de selección (1) corresponde a una decisión estratégica, más a largo plazo, de ser o no una empresa innovadora, mientras que la segunda está más centrada en el corto plazo, en la

² En promedio, para el sector de la energía se cuenta con información para alrededor de 60 empresas, con variaciones temporales notables, pasando por ejemplo de 46 empresas en el año 2003 a 75 en el año 2008.

³ El PITEC ofrece información sobre otros gastos en innovación como, por ejemplo, la adquisición de maquinaria destinada a la producción de productos nuevos. A partir de estos gastos se puede disponer del conjunto de gastos en innovación. Sin embargo, se considera preferible utilizar un indicador más tradicional y establecido en la literatura como son los gastos estrictamente en I+D y que permite comparar los resultados con los existentes en la literatura internacional.

fijación anual o plurianual del presupuesto que se va destinar a proyectos de I+D (Artés, 2009; García-Quevedo et al, 2011).

En primer lugar, el tamaño de la empresa es una variable clave en cualquier análisis sobre los determinantes de la inversión en I+D o de la innovación en general (Schumpeter, 1942; Cohen, 2010). En este trabajo, el tamaño es medido por el número total de empleados y el signo esperado de esta variable es positivo, dado que según la literatura existente para el sector, las empresas más grandes siguen siendo las que con mayor probabilidad e intensidad invierten en I+D (Jamasp y Pollit, 2008; Salies, 2009), a pesar de las presiones competitivas que la liberalización del mercado haya introducido y que relajarían en gran medida las hipótesis Shumpeterianas.

En segundo lugar, se ha considerado la edad de la empresa como variable explicativa. Su inclusión en los modelos de determinantes de I+D es relativamente reciente, aunque la literatura ha destacado la importancia de los nuevos entrantes en la innovación y en el crecimiento económico (Baumol et al., 2007). La razón de su no inclusión es la frecuente falta de información sobre la edad en las encuestas de innovación, que sin embargo el PITEC sí ofrece. En este caso, dos motivos justifican una cierta ambigüedad en los resultados esperados. Por una parte, al no existir muchos estudios que se hayan centrado en analizar esta variable y sus efectos sobre la actividad tecnológica de las empresas, no se dispone de información a priori para formar una expectativa razonable. En segundo lugar, porque la escasa literatura sobre la cuestión alerta que algunas características de mercado como la elevada concentración sectorial afecta más especialmente a las empresas maduras, mientras que variables de tipo “demand-pull” –como pueden ser la necesidad de reducir el impacto medioambiental o el cumplimiento de normativas- son las que inciden más en las actividades tecnológicas de las empresas jóvenes.

En tercer lugar, numerosos estudios han examinado los efectos de las subvenciones sobre las decisiones de I+D de las empresas y, en particular, sobre el posible efecto adicional o de sustitución de las ayudas públicas en el gasto privado en I+D (David et al., 2004). Algunos análisis (Callejón y García-Quevedo, 2005) muestran que la reacción de los sectores a la obtención de ayudas en I+D no es uniforme y que mientras en algunos casos tiene lugar una notable adicionalidad, en otros el efecto es muy limitado. Se incluye en el análisis las ayudas recibidas por las empresas de la Administración regional, central o de la Unión Europea.

En la ecuación principal (2) se han incluido también las variables correspondientes a los objetivos de la innovación. En la encuesta del INE se solicita a las empresas que declaren haber innovado que señalen la pertinencia y grado de importancia de determinados objetivos de innovación. En concreto, se consideran objetivos orientados a la innovación de producto que se refiere a aquellos proyectos con los propósitos, entre otros, de ampliar la gama de bienes y servicios o de lograr una mayor cuota de mercado; mientras que los orientados a procesos pretenden aumentar la capacidad de producir o reducir los costes por unidad de producto. Existen también otro tipo de proyectos que para el sector energético pueden tener una importancia superior que para otras industrias, son aquellos dirigidos a reducir el impacto medioambiental de la actividad. Esto afectaría especialmente a las empresas generadoras de electricidad. Por último, se contemplan aquellos objetivos de innovaciones destinadas a cumplir con ciertos requisitos normativos medioambientales, de salud y seguridad. En la especificación de la ecuación (2) se distinguen estas cuatro posibilidades. La forma que adoptan estos factores en el modelo es la de variables categóricas, de tal manera que las empresas valoran el grado de importancia que otorgan a cada uno de estos cuatro objetivos (no pertinente, reducido, intermedio o elevado).⁴

Además de estas variables explicativas⁵, en ambas ecuaciones se tienen en cuenta las características específicas no observables e invariantes en el tiempo de cada empresa, con la introducción de dummies que recogen estos efectos fijos (α_i). Asimismo, se han incluido efectos temporales (d_t) con el objetivo de controlar posibles shocks derivados de los cambios en el inestable ciclo económico abarcado en el análisis así como cambios regulatorios acontecidos en el sector y que puedan haber tenido efectos particularmente relevantes sobre el comportamiento en I+D de las empresas energéticas. Finalmente se incluyen sendos términos de error (ε_{1it} y ε_{2it}), que siguen una distribución normal, siendo además independientes de las correspondientes variables independientes, Z_{it} y X_{it} .

La Tabla 1 muestra la definición de las variables incluidas en el modelo y sus principales descriptivos para el conjunto de empresas energéticas. Como se aprecia, la

⁴ Aunque el modo de formular la pregunta ha experimentado variaciones en el período disponible de la encuesta, se puede disponer de una información homogénea para un número elevado de posibles objetivos de innovación. En concreto, se dispone, siguiendo la distinción que realiza la encuesta, entre objetivos orientados a productos, objetivos orientados a procesos y otros objetivos. En estos últimos se incluyen separadamente, entre otros, el menor impacto medioambiental y el cumplimiento de normas.

⁵ Otras variables que frecuentemente se incluyen en las estimaciones como, por ejemplo, la presencia de capital extranjero o la pertenencia a un grupo presentan cambios escasos en el período considerado.

media del esfuerzo innovador es del 1,5%, aunque con una variabilidad notable y especialmente una elevada concentración en los valores más próximos a cero, ya que la mediana se sitúa en el 0,02. Para poder hacer comparaciones entre los diferentes sectores, la Tabla 2 ofrece las medias de las variables referidas a las actividades tecnológicas, así como a aquellas que resumen algunas características de las empresas. En primer lugar, de esta tabla destaca el menor esfuerzo en I+D promedio de las empresas energéticas en relación a las empresas manufactureras y, especialmente, aquellas de los sectores de mayor intensidad tecnológica. Sin embargo, la evolución de esta variable señala comportamientos interesantes, tal y como pone de manifiesto el Gráfico 1. En él se aprecia que al inicio del periodo considerado, el esfuerzo medio en I+D de las empresas de energía no distaba mucho de la media del sector manufacturero. Sin embargo, los años siguientes registran una caída significativa del esfuerzo medio en I+D del sector, mientras que en el caso de las manufacturas la caída es menos pronunciada, manteniendo desde 2006 una brecha de alrededor de 1 punto porcentual. Ambos casos contrastan con el sector de manufacturas de alta tecnología, cuya media de esfuerzo en I+D muestra una suave tendencia creciente en el tiempo, incluso durante los años de crisis económica.

[Insertar Tabla 1]

[Insertar Tabla 2]

En segundo lugar, también se registran diferencias notables en cuanto a la proporción de empresas que realizan actividades de I+D. En este caso, en promedio, más de la mitad de las empresas energéticas (55%) declaran realizar actividades de I+D, proporción menor aunque no muy distante de la media del sector manufacturero (58%) y, como en el caso anterior, ambos casos se sitúan lejos de los registros de las empresas de alta tecnología (80%). La evolución de esta variable también muestra un comportamiento de interés para la investigación, ya que presenta una tendencia claramente decreciente en todos los casos, caída que se hace evidente incluso antes del inicio de la crisis económica.⁶ En este caso, a diferencia del anterior, el punto de partida

⁶ Una posible explicación de este fenómeno puede derivarse de las modificaciones de las empresas que entran y salen del panel, así como por el hecho de ampliar la base de empresas que se encuestan año tras año.

entre las empresas energéticas y las manufactureras es notablemente dispar, pero termina siendo muy parecido (Gráfico 2). En resumen, en relación a las dos variables dependientes de nuestro trabajo, podemos decir que la disminución de la proporción de empresas de energía que realizan actividades de I+D ha sido menos que proporcional de lo que se ha registrado en los otros sectores analizados, pero que el esfuerzo medio dedicado a dichas actividades tecnológicas si se ha visto reducido significativamente. Una de las razones que pueden explicar este menor esfuerzo de las empresas energéticas es el elevado tiempo que conlleva la fase de demostración en el sector energético y que no se produce en otros sectores. En el sector energético hay que demostrar que las innovaciones de I+D funcionan a gran escala, con lo que es muy complicado que las innovaciones entren en funcionamiento tempranamente. Adicionalmente, en un sector tan intensivo en capital la recuperación de las inversiones requiere un tiempo muy elevado, por lo que las empresas son muy conservadoras a la hora de emprender nuevos proyectos antes de haber amortizado los anteriormente desarrollados. Por último hay que señalar que un gran número de innovaciones que se producen dentro del sector no se desarrollan dentro del mismo, sino que corren a cargo de las empresas de equipo electrónico, que posteriormente proveen a las empresas energéticas de productos innovadores que ellas aplican a sus propios equipos.

[Insertar Gráfico 1]

[Insertar Gráfico 2]

La Tabla 2 también ofrece información sobre el tamaño, la edad y la financiación pública de las actividades de I+D. Los datos indican que las empresas energéticas son bastante más grandes en términos medios respecto a las empresas manufactureras y el sub-conjunto de éstas en sectores de alta tecnología. Con un tamaño medio de 612 trabajadores, frente a 185 y 157 respectivamente, las empresas energéticas son en promedio más de tres veces más grandes que las demás. Este dato se refuerza si se analiza también la mediana de esta variable por sectores, que alcanza un valor de 270 trabajadores en el caso de la energía mientras que no alcanza los 50 trabajadores en el resto de sectores considerados. Asimismo, las empresas de energía son las que en promedio más tiempo llevan operando en el mercado, con una media de edad de 33

años, frente a los 26 de las manufacturas y los 24 de las de alta tecnología. Finalmente, el 41% de las empresas energéticas ha recibido financiación pública para la realización de actividades de I+D, frente al 32% de las manufactureras y el 45% de las manufacturas altamente tecnológicas.

Atendiendo a los objetivos de la innovación, los resultados medios de las respuestas (Tabla 3) de las empresas para el período 2003-2010 muestran diferencias notables de las empresas energéticas frente al conjunto de empresas manufactureras y manufactureras de alta tecnología, en dos aspectos que los que incide el cuestionario. Por un lado, la consideración de si el objetivo en cuestión es relevante o no por parte de la empresa se recoge con una variable dicotómica (0/1). Por otro, aquellas empresas que lo declaran relevante, también deben indicar su importancia dentro de los objetivos de la innovación, información que se recoge en una variable categórica (poca importancia, media y alta). Mientras que para las empresas manufactureras destaca la importancia de los objetivos orientados a productos (gama más amplia, mayor cuota de mercado y mayor calidad), en el caso de las empresas energéticas destacan el aumento de la capacidad de producción, como objetivo de proceso, y los objetivos vinculados a la reducción del impacto medioambiental y al cumplimiento de los requisitos normativos.

Estas diferencias en los objetivos podrían tener su origen en diferentes factores. En primer lugar, la liberalización ha convertido a los productos energéticos en *commodities*, con lo que la diferenciación de producto es más compleja que en el caso de otro tipo de bienes. En este sentido, este menor interés por la innovación de producto es una muestra del retraso y, en cierta medida, del fracaso de la liberalización del sector minorista. Las innovaciones de producto más frecuentes que se ofrecen en el sector son el suministro conjunto de fuentes energéticas, normalmente gas y electricidad, y una serie de servicios técnicos asociados. Más allá de esto, las innovaciones de producto de mayor calado como los servicios complementarios, las *smart grids* o los nuevos sistemas de metraje están sufriendo considerables retrasos en su adaptación, debido principalmente a la incertidumbre regulatoria que enfrentan las empresas al respecto, en particular sobre la propiedad de los datos de consumo que recogerán estas nuevas tecnologías. En segundo lugar, la regulación es mucho más compleja y extensa para el sector energético que para el resto de sectores. Y además el riesgo regulatorio al que se han enfrentado las empresas energéticas españolas en el periodo de análisis ha sido muy elevado, con una normativa altamente cambiante y en muchos casos tremendamente

contradictoria. En este contexto de incertidumbre, la seguridad y calidad del suministro, así como la consecución otros objetivos sociales, como los medioambientales, deben ser garantizados, al mismo tiempo que se logra por parte de las empresas la rentabilidad necesaria para asegurar su supervivencia. Esto hace que las empresas centren sus objetivos de innovación en mejorar sus procesos productivos para mejorar su eficiencia y mantener sus márgenes. Estos procesos productivos están en permanente desarrollo, de tal modo que algunas tecnologías deben abordar cambios tecnológicos muy importantes y costosos, además de los regulatorios que afectan a sus márgenes, si quieren permanecer en el *mix* energético (carbón), otras fueron concebidas en un marco regulatorio y tecnológico distinto al actual y deben adaptarse logrando mayor flexibilidad (ciclos combinados), otras deben lograr ser rentables en breve plazo sin incentivos, como son las primas a las energías renovables y otras van a experimentar un intenso cambio tecnológico en los próximos años (redes).

[Insertar Tabla 3]

3. ESTIMACIÓN Y RESULTADOS

La estimación econométrica del modelo descrito en el apartado anterior permite, como se ha comentado antes, analizar los resultados derivados de la decisión estratégica de largo plazo de la empresa basada en la realización o no de actividades de I+D, junto con la decisión de corto plazo de dedicar un determinado volumen de recursos a dicha actividad (Artés, 2009). La ecuación de selección es requerida para controlar el sesgo de selección de considerar en la segunda ecuación solo las empresas que efectivamente realizan gastos en I+D. En otras palabras, una estimación por MCO exclusivamente de la ecuación de intensidad (2) arrojaría estimaciones sesgadas e inconsistentes debido a la presencia de un problema de variables omitidas. A pesar de estimar las dos ecuaciones, aún podrían existir problemas en la estimación de los parámetros si los errores de ambas ecuaciones estuviesen correlacionados. El procedimiento de Heckman (1979) precisamente tiene en cuenta esta cuestión y asume que los errores tienen una distribución normal bivariada, con medias igual a cero pero con un coeficiente de correlación ρ . Así, la estimación conjunta de ambas ecuaciones será más eficiente cuando los errores estén efectivamente distribuidos conjuntamente.

La estimación de este modelo requiere dos precisiones adicionales. En primer lugar, en caso que exista sesgo de selección habrá heteroscedasticidad en el modelo por lo que los errores estándar tendrán que corregirse. Técnicamente, el modelo de Heckman está identificado cuando el mismo número de variables independientes en la ecuación de selección aparecen en la ecuación de intensidad. No obstante, la identificación ocurre solamente mediante supuestos sobre la distribución de los residuos y no debido a la variación en las variables explicativas. En general, esto debería tomarse en cuenta ya que si la ecuación de selección no es muy efectiva para determinar la selección, se obtendrán estimaciones imprecisas en la ecuación de intensidad derivadas de una alta multicolinealidad y de errores estándar grandes. En segundo lugar, la naturaleza de panel de los datos permite controlar por los efectos individuales no observados, lo que sin duda permite aislar con mayor precisión los efectos de las variables explicativas sobre las dependientes.

Las tablas 4 y 5 presentan los resultados de las estimaciones teniendo en cuenta la inclusión o no de los efectos temporales para controlar los shocks del ciclo económico. Los resultados de la ecuación de selección (tabla 4) muestran los determinantes de la decisión de realizar actividades de I+D en el periodo 2003-2010, para las empresas energéticas, manufactureras y manufactureras de alta tecnología. En general, los resultados muestran efectos consistentes entre las dos especificaciones, por lo que se consideran relativamente robustos. Como ya se argumentó en el apartado anterior, el tamaño es una variable determinante para la realización de tareas de I+D. En este caso, esta variable es positiva y altamente significativa, indicando que las empresas más grandes son las que realizarán con mayor probabilidad actividades de I+D. Este resultado es uniforme entre sectores, por lo que las únicas diferencias vendrían dadas por la propia distribución por tamaños en cada caso. Así, si las empresas energéticas son de bastante mayor dimensión que el resto, es posible que el tamaño mínimo necesario para poder llevar a cabo actividades de esta naturaleza sea evidentemente mucho más grande que en las actividades manufactureras y de alta tecnología. La variable edad es negativa y significativa en el caso de las empresas energéticas y las manufactureras, mientras que no es significativa en el caso de las manufacturas de alta tecnología. De lo anterior se desprende que las empresas energéticas jóvenes, junto con las manufactureras, presentan una mayor probabilidad de realizar más actividades de I+D que aquellas que llevan más tiempo operando en el mercado. Por su parte, la edad no es

relevante para explicar la realización de actividades de I+D en el caso de las empresas manufactureras de alta tecnología. Finalmente, y aunque no es posible considerarlas como relaciones causales dada la posible endogeneidad de las ayudas públicas, los resultados muestran la existencia de una relación positiva entre la financiación pública y la probabilidad de que las empresas analizadas se decidan a realizar actividades de I+D.

[Insertar Tabla 4]

Los resultados de la ecuación de intensidad se presentan en la tabla 5. En ella se observa que, como en el caso anterior, los resultados son consistentes con independencia de la introducción o no de variables que controlan los efectos fijos temporales. A diferencia de lo que ocurría en la ecuación de selección, en esta ocasión la variable tamaño es negativa y significativa, señalando que, una vez son innovadoras, las empresas más pequeñas son las que dedican recursos a las actividades tecnológicas con mayor intensidad. En la determinación de la intensidad de las actividades tecnológicas, la edad no es una variable determinante en el caso de las empresas energéticas, como si lo es en el caso de las empresas manufactureras y de alta tecnología. Así, en estos dos sectores son las empresas más jóvenes las que dedican mayor proporción de recursos a la I+D. La experiencia de las empresas más antiguas, junto con la posibilidad de haber acumulado más conocimiento y capital tecnológico que les exija determinados niveles de gasto en I+D puede estar contrarrestando el efecto del dinamismo de las más jóvenes en el sector energético. La financiación pública, una vez más, es una variable positiva y significativa, poniendo de manifiesto que son precisamente aquellas que reciben estos fondos públicos quienes dedican una proporción más elevada de recursos a las actividades de I+D.

[Insertar Tabla 5]

Finalmente, la tabla 5 también incluye los resultados de las variables referidas a los objetivos que las empresas declaran para sus actividades de innovación. Como se puede apreciar, existen diferencias notables entre los efectos que tiene considerar relevantes determinados objetivos sobre la intensidad en I+D. Para las empresas manufactureras, incluidas las de alta tecnología, existe una relación positiva entre la importancia otorgada a la innovación en productos y el esfuerzo en I+D. En cambio,

para las empresas energéticas, no existe relación entre la relevancia otorgada a este objetivo y la intensidad en I+D, resultado coherente con las explicaciones presentadas en el apartado precedente.

Por el contrario, las empresas energéticas que declaran que la innovación de proceso es la que presenta una gran importancia son aquellas que dedican recursos a las actividades tecnológicas con mayor intensidad. Así, las estimaciones confirman las hipótesis iniciales sobre la innovación más orientada a procesos de las empresas energéticas, derivadas de los retos técnicos y económicos que está enfrentando el sector, con efectos relevantes sobre la intensidad del esfuerzo en I+D. Para el resto de los objetivos, los resultados muestran, en primer lugar, que no existe una relación positiva entre considerar muy relevante el objetivo medioambiental y la intensidad en I+D.

En segundo lugar, aunque las empresas energéticas otorgan más relevancia en sus objetivos de innovación al cumplimiento de las normas que las empresas manufactureras, las estimaciones muestran que aquellas empresas energéticas que consideran particularmente importante la innovación orientada al cumplimiento de las normas presentan unos niveles más reducidos de inversión en I+D, en relación a sus ventas. Este objetivo, en la encuesta del INE, incluye el cumplimiento de requisitos normativos tanto medioambientales como de salud y seguridad por lo que no resulta fácil precisar la relación existente entre la relevancia otorgada a la innovación orientada al cumplimiento de estos requisitos y sus efectos sobre el esfuerzo empresarial en I+D. Al margen de la información sobre la importancia otorgada a los objetivos de innovación sería necesaria una información detallada sobre la tipología de los proyectos de I+D de las empresas para poder examinar de modo más preciso los efectos del cumplimiento de las normas sobre las decisiones y esfuerzo inversor en I+D de las empresas energéticas.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se han examinado los factores determinantes de la inversión en I+D de las empresas energéticas. En un contexto, como el actual, en que el sector energético se enfrenta a retos tecnológicos considerables, el conocimiento sobre las razones que explican sus actividades en I+D resulta particularmente relevante. Sin

embargo, y en gran medida debido a las limitaciones de información, la literatura internacional sobre esta cuestión es escasa. En este trabajo se ha utilizado el panel de datos de empresas innovadoras españolas correspondiente a la base de datos PITEC para el período 2003-2010. El análisis de las características de las empresas energéticas que influyen en sus decisiones de I+D se ha realizado en comparación con el conjunto de empresas manufactureras y con el grupo específico de manufacturas de alta tecnología. En las estimaciones se distingue, tal y como proponen los modelos más consistentes para examinar la actividad empresarial en I+D, entre la decisión de innovar o no y la intensidad del esfuerzo en I+D. En consecuencia, se utilizan los procedimientos econométricos que requiere la existencia de datos de panel con selección muestral y se aprovechan las ventajas que la disponibilidad de datos de panel tiene para controlar por los efectos individuales no observados.

Los resultados del análisis descriptivo confirman, en primer lugar, el menor esfuerzo en I+D de las empresas energéticas en comparación con las empresas manufactureras. Además, del mismo modo que apuntan análisis recientes para Estados Unidos y para los países europeos, se detecta una cierta tendencia de reducción en el esfuerzo en I+D, particularmente en los primeros años, 2003-2006, del período analizado. En segundo lugar, existen diferencias significativas en la relevancia que las empresas energéticas otorgan a los distintos objetivos de innovación en comparación con las empresas manufactureras. Las empresas energéticas consideran más relevantes los objetivos orientados a la innovación de procesos, medioambientales y de cumplimiento de requisitos normativos mientras que las empresas manufactureras conceden una mayor importancia a los objetivos orientados a la innovación de producto.

Por su parte, los resultados de las estimaciones permiten mostrar las características de las empresas energéticas relacionadas con las actividades de I+D. En concreto, el tamaño influye en la decisión de llevar a cabo actividades de I+D aunque una vez ya se es una empresa innovadora, la relación entre tamaño y esfuerzo en I+D es negativa. En segundo lugar, las estimaciones también muestran que las empresas jóvenes del sector de la energía presentan una probabilidad más elevada de realizar actividades de I+D aunque la edad no tiene efectos sobre el esfuerzo en I+D. En tercer lugar, existe una relación positiva y significativa entre la obtención de ayudas públicas y la realización y esfuerzo de actividades de I+D. En general, estos resultados son similares a los obtenidos para las empresas manufactureras y de alta tecnología a

excepción de algunas diferencias en los efectos de la edad. Diferencias más notables se obtienen en la relación entre la relevancia otorgada a determinados objetivos de innovación y el esfuerzo en I+D. Mientras que para las empresas energéticas se obtiene una relación positiva para los objetivos orientados a la innovación de procesos, en el caso de las empresas manufactureras esta relación positiva corresponde a los objetivos orientados a producto.

Aunque el análisis realizado ha permitido mejorar el conocimiento sobre las actividades de I+D de las empresas energéticas, no está exento de limitaciones. La base de datos utilizada ofrece información de gran utilidad para el conocimiento de los procesos innovadores pero no permite examinar los efectos de otras posibles variables relevantes en el esfuerzo en I+D de las empresas, como son su características financieras o el comportamiento de la demanda. Por otra parte, sería conveniente incluir en el análisis las innovaciones que realizan empresas cuya actividad no se define como energética pero que se utilizan o son impulsadas por este sector para tener así una visión más global de las actividades de I+D relacionadas con la energía.

Referencias

- Artés, J., 2009. Long-run versus short-run decisions, R&D and market structure in Spanish firms. *Research Policy*, 38, 120-132.
- Baumol, W. J., Litan R. E., Schramm, C. J., 2007. *Good Capitalism, Bad Capitalism*. New Haven: Yale University Press.
- Callejon, M., García-Quevedo, J., 2005. Public Subsidies to Business R&D: Do they Stimulate Private Expenditures? *Environment and Planning C: Government and Policy* 23, 279-293.
- Cohen, W. 2010. Fifty years of empirical studies of innovative activity and performance, en Hall, B., y Rosenberg, N. *Handbook of the Economics of Innovation*, Elsevier.
- Crepon, B., Duguet, E., Mairesse, J., 1998. Research, innovation and productivity: an econometric analysis at the firm level. *Economics of Innovation and New Technology* 7, 115-158.
- David, P., Hall, B., Toole, A., 2000. Is public R&D a complement or substitute for private R&D? A review of the econometric evidence. *Research Policy* 29, 497-529.
- García-Quevedo, J., Pellegrino, G., y Vivarelli, M. 2011. *The determinants of YIC's R&D activity*, IEB Working Paper 2011/31.
- Gómez Mendoza, A., Sudrià, C., y Pueyo; J. 2007. *Electra y el Estado*. Ed. Thomson Civitas.
- Griffith, R., Huergo, E., Mairesse, J., y Peters, B. 2006. Innovation and productivity across four European Countries, *Oxford Review of Economic Policy* 22, 4
- Heckman, J. 1979. Sample selection bias as a specification error. *Econometrica* 47, 153-161.
- Jamasb, T., y Pollit, M. 2008. Liberalisation and R&D in network industries: The case of electricity industry, *Research Policy* 37, 995-1008.
- Salies, E. 2009. A test of the Schumpeterian hypothesis in a panel of European Electric Utilities”, Working Paper OFCE N° 2009-19.
- Schumpeter, J.A., 1942. *Capitalism, Socialism and Democracy*. Harper and Brothers, New York.
- Sterlacchini, A. 2012. Energy R&D in private and state-owned utilities: An analysis of the major world electric companies. *Energy Policy* 41, 494-506.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de las empresas energéticas

Variable	N	Media	Desv. Est.	Min	Max
Esfuerzo en I+D	462	1.5	6.9	0	84.9
Realización I+D	462	0.55	0.50	0	1
Tamaño	462	612	1091	1	7900
Edad	109	33	33	5	110
Financiación pública	416	0.413	0.493	0	1
Innovación Productos	334	1.608	0.977	0	3
Innovación Procesos	334	1.787	0.842	0	3
Impacto medioambiental	334	1.787	1.193	0	3
Cumplimiento normas	334	1.689	1.159	0	3

Nota: **Esfuerzo en I+D** es el ratio, medido en porcentaje, del gasto en actividades de I+D respecto a la cifra de negocios. **Realización de I+D** es una variable dicotómica que adopta el valor 1 cuando la empresa realiza actividades tecnológicas y 0 en caso contrario. **Tamaño** es el número de trabajadores. **Edad** indica el número de años que la empresa ha estado operando en los mercados. **Financiación pública** es una variable dicotómica igual a 1 si la empresa ha recibido financiación pública de alguna administración (regional, nacional o europea) y 0 en caso contrario. Las variables referidas a los objetivos de la innovación (**innovación de productos, de procesos, impacto medioambiental y cumplimiento de normas**) son variables categóricas que adoptan el valor 0 si la empresa no las considera relevantes y, en caso de hacerlo, adopta el valor 1 si la importancia es baja, 2 en el caso de importancia media y 3 si es alta.

Fuente: elaboración propia con datos de PITEC

Tabla 2. Medias de las variables de I+D y características de las empresas

	Energía	Manufacturas	Alta Tecnología
Esfuerzo I+D	1.5	2.1	7.3
Realización I+D	0.55	0.58	0.81
Tamaño	612	185	157
Edad	33	26	24
Financiación	0.413	0.324	0.450

Fuente: elaboración propia con datos de PITEC

Tabla 3. Medias de las variables objetivos de la innovación

	Energía		Manufacturas		Alta Tecnología	
	Relevancia	Importancia	Relevancia	Importancia	Relevancia	Importancia
Innov. Productos	0.832	1.93	0.915	2.33	0.948	2.45
Innov. Procesos	0.934	1.91	0.892	2.01	0.879	2.04
Impacto medioambiental	0.754	2.37	0.663	2.04	0.669	1.98
Cumplimiento normas	0.746	2.27	0.668	2.15	0.704	2.22

Fuente: elaboración propia con datos de PITEC

Tabla 4. Resultados de la ecuación de selección (realización de I+D)

	Energía		Manufacturas		Alta Tecnología	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Tamaño	0.329** (0.165)	0.345* (0.191)	0.168*** (0.0152)	0.160*** (0.0155)	0.155*** (0.0546)	0.163*** (0.0599)
Edad	-0.0204** (0.00858)	-0.0185** (0.00755)	-0.00568*** (0.00111)	-0.00294*** (0.00107)	-0.00486 (0.00460)	-0.00403 (0.00467)
Financiación	2.298*** (0.561)	2.689*** (0.852)	1.217*** (0.0342)	1.146*** (0.0351)	1.830*** (0.167)	1.904*** (0.173)
Constante	-1.871*** (0.688)	-2.389** (0.967)	-0.562*** (0.0623)	-0.700*** (0.0680)	0.00770 (0.228)	-0.293 (0.286)
D temporales	No	Si	No	Si	No	Si
N	462		44,980		3,534	

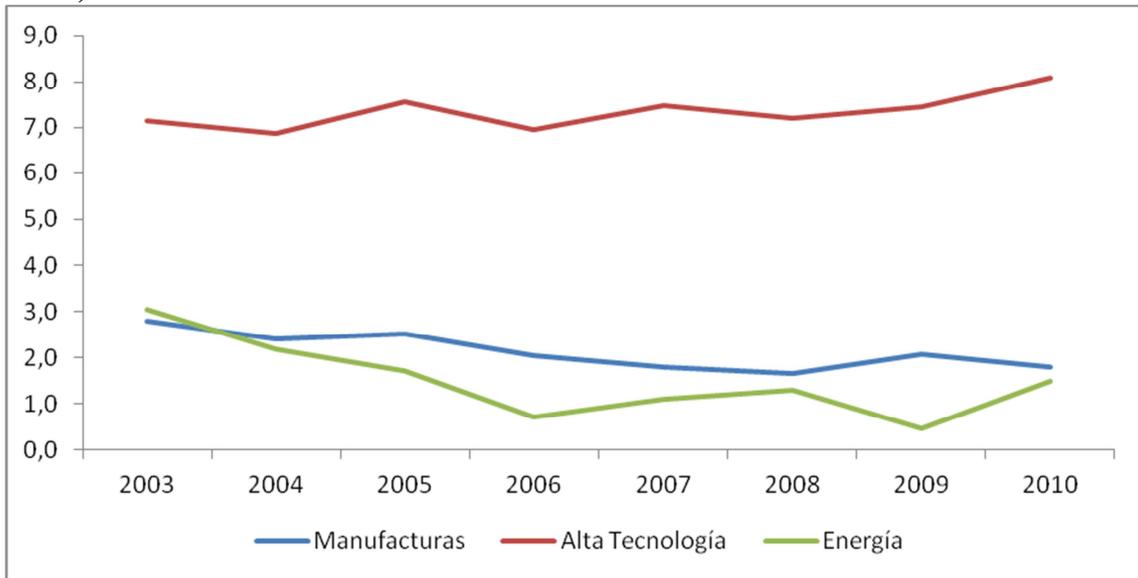
Para la definición de las variables véase la nota en la tabla 1. Errores estándar entre paréntesis. *, ** y *** indican significatividad estadística al 10, 5 y 1%, respectivamente.

Tabla 5. Resultados de la ecuación de intensidad de I+D

	Energía		Manufacturas		Alta Tecnología	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Tamaño	-0.506*** (0.175)	-0.585*** (0.167)	-0.625*** (0.0143)	-0.618*** (0.0140)	-0.521*** (0.0405)	-0.520*** (0.0423)
Edad	-0.0119 (0.0126)	-0.00865 (0.0104)	-0.00502*** (0.000974)	-0.00592*** (0.000967)	-0.0111*** (0.00279)	-0.0112*** (0.00281)
Financiación	1.663* (0.979)	1.142* (0.616)	0.399*** (0.0295)	0.418*** (0.0290)	0.529*** (0.0940)	0.524*** (0.0947)
Productos	0.247 (0.243)	0.187 (0.250)	0.132*** (0.0169)	0.131*** (0.0168)	0.262*** (0.0562)	0.264*** (0.0569)
Procesos	0.802*** (0.240)	0.916*** (0.230)	0.0155 (0.0161)	0.00886 (0.0160)	-0.0695 (0.0479)	-0.0699 (0.0481)
Medioambiente	0.113 (0.232)	-0.0909 (0.229)	-0.0243 (0.0164)	-0.0301* (0.0164)	0.0567 (0.0537)	0.0550 (0.0547)
Normas	-0.493* (0.262)	-0.524** (0.258)	0.0291* (0.0153)	0.0281* (0.0153)	0.0385 (0.0455)	0.0418 (0.0456)
Constante	-0.282 (1.678)	1.535 (1.247)	2.873*** (0.0758)	2.951*** (0.0785)	3.450*** (0.244)	3.432*** (0.258)
D temporales	No	Si	No	Si	No	Si
Observaciones	250		23,414		2,841	

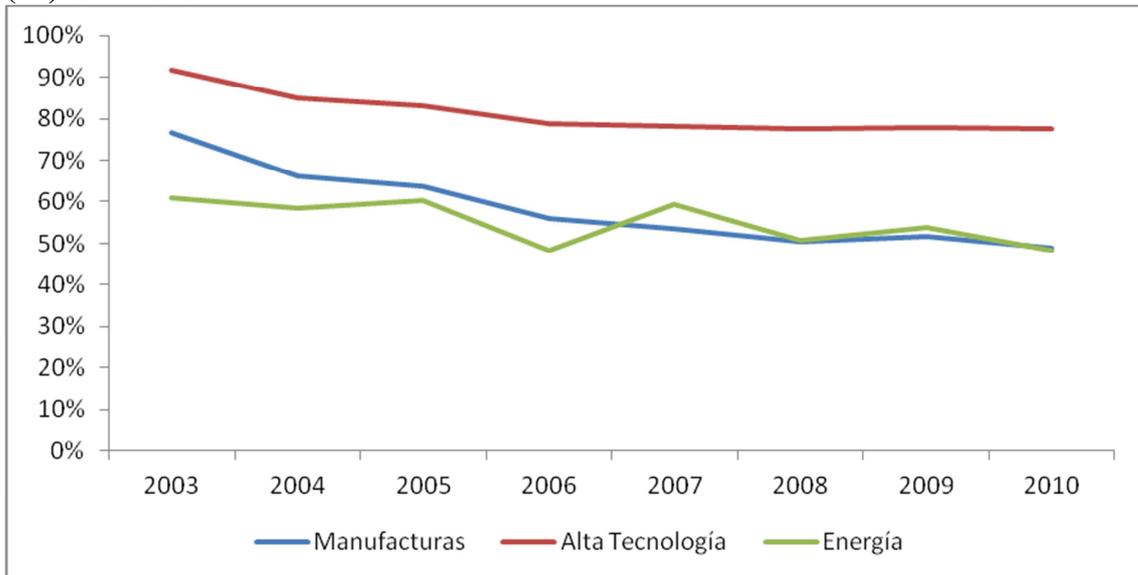
Para la definición de las variables véase la nota en la tabla 1. Errores estándar entre paréntesis. *, ** y *** indican significatividad estadística al 10, 5 y 1%, respectivamente.

Gráfico 1. Evolución del esfuerzo en I+D por sectores (Gasto en I+D sobre ventas, en %). 2003-2010.



Fuente: elaboración propia con datos PITEC.

Gráfico 2. Evolución de la proporción de empresas que realizan I+D por sectores (%). 2003-2010.



Fuente: elaboración propia con datos PITEC.