

ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL GASTO EN I+D SOBRE LA ACTIVIDAD: UN ENFOQUE
AGREGADO

Este artículo ha sido elaborado por José Manuel Montero, de la Dirección General del Servicio de Estudios.

Introducción¹

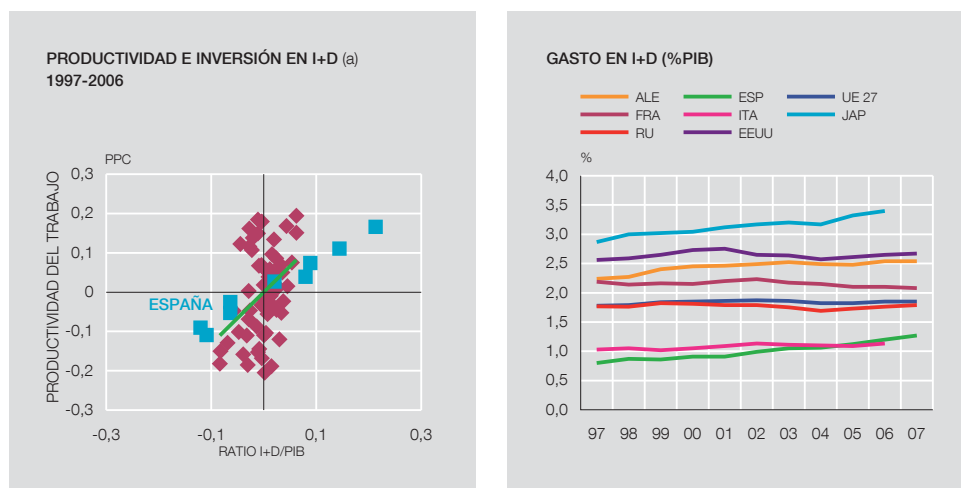
La productividad es una variable crucial para el crecimiento a largo plazo de la economía. Dada su importancia, la investigación económica ha tratado de profundizar en el análisis de sus determinantes, mostrando que la evolución de esta variable depende de múltiples factores, como, por ejemplo, el nivel educativo de la población, la intensidad de capitalización de la economía, la red de infraestructuras, el desarrollo del sistema financiero, la calidad de las instituciones del mercado de trabajo o el grado de competencia de los mercados de productos.

Asimismo, el progreso tecnológico es uno de los principales determinantes de la productividad a largo plazo. Por su parte, como es sabido, el desarrollo tecnológico es el resultado de la innovación, que consiste, esencialmente, en la introducción de nuevos productos o procesos productivos (o que mejoren significativamente los anteriores) que permitan reducir los costes de producción o incrementar la calidad de los productos². El principal ingrediente de la innovación es la inversión en investigación y desarrollo experimental (I+D³), aunque existen otras actividades innovadoras que también son relevantes, como la adquisición de tecnología (patentes) o de maquinaria que incorpore tecnología nueva, la acumulación de *know-how* o el aprendizaje práctico (lo que también se conoce por *learning by doing*). Esta relación positiva entre innovación (aproximada por la ratio de I+D como porcentaje del PIB) y productividad (medida como la productividad aparente del trabajo) se ilustra en el panel izquierdo del gráfico 1.

La importancia de la innovación para el desarrollo económico ha motivado un creciente interés por parte de las instituciones públicas por fomentar la inversión en esta materia. De hecho, en el ámbito de la UE, la Estrategia de Lisboa que se acordó en marzo de 2000 para impulsar la sociedad del conocimiento con el fin de mejorar el crecimiento de la productividad y el bienestar estableció varios objetivos relacionados con la innovación que se deberían alcanzar en 2010 (el 3% para la ratio de gasto en I+D sobre PIB; el 66% para el porcentaje de gasto en I+D que debe ser financiado por el sector privado, y el 7% para el gasto en tecnologías de la información y las comunicaciones en relación con el PIB). Para la economía española, estos objetivos se fijaron en el 2% del PIB para el gasto total en I+D y el 55% para el porcentaje que financia el sector privado, pues el punto de partida era más desfavorable. Desde entonces, la posición relativa de la economía española ha mejorado solo ligeramente, como se ilustra para el caso del gasto en I+D en el panel derecho del gráfico 1.

Este artículo pretende profundizar en el estudio de los efectos del gasto en innovación sobre la actividad económica desde una perspectiva agregada⁴ y comparada de España y las seis principales economías desarrolladas. Para ello, como se explica con detalle en el Documento

1. Este artículo es un resumen del Documento de Trabajo n.º 0925, *R&D investment and endogenous growth: A SVAR approach*, elaborado por Ángel Estrada y José Manuel Montero. 2. *El Manual de Oslo* (2005) introdujo dos nuevos tipos de innovación a los que la literatura económica no ha prestado tanta atención: la innovación organizativa, que se refiere a las mejoras en los métodos de organización empresarial, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores, y la innovación en los métodos de comercialización (diseño, fijación de precios, marcas). 3. La I+D, por su parte, recoge el conjunto de actividades creativas desarrolladas de forma sistemática para aumentar el volumen de conocimientos, así como la utilización de dicho conocimiento para concebir nuevas aplicaciones prácticas. 4. El enfoque agregado adoptado presenta una serie de ventajas frente a un enfoque más microeconómico [véase Estrada y Montero (2009)]. Estas ventajas están relacionadas, principalmente, con su capacidad para englobar los múltiples efectos directos e indirectos derivados de la innovación que se han encontrado en la literatura y que, en ocasiones, actúan en sentidos contrapuestos.



FUENTES: Eurostat y Banco de España.

a. Datos en desviaciones respecto a la media para ESP, EEUU, JAP, ALE, FRA, ITA y RU.

de Trabajo mencionado en la nota 1, se aproximarán las actividades innovadoras mediante el gasto en I+D, puesto que no existen estadísticas adecuadas sobre el gasto en innovación y, como se ha mencionado más arriba, la I+D es su principal componente. Además, este es el indicador empleado con más frecuencia en la literatura, aunque no está exento de problemas. Por ejemplo, el nivel de gasto en I+D mide una parte de los recursos que se dedican a la innovación, pero no la capacidad para convertir ese esfuerzo en productos o procesos novedosos. Este éxito innovador también depende de otros factores que no se encuentran incluidos en el concepto de gasto en I+D, y que pueden afectar a la eficiencia con que se emplean los recursos, como los cambios en la organización y condiciones de trabajo o la cualificación del capital humano, entre otros.

El resto del artículo se organiza de la siguiente forma. En la sección segunda se describe el marco conceptual empleado y se desarrolla la metodología empírica utilizada, así como los principales resultados del ejercicio de estimación. Asimismo, se analiza el diferente impacto de la inversión en I+D del sector público frente a la I+D privada. Por último, la tercera sección resume las principales conclusiones.

El efecto de la I+D sobre la actividad

MARCO TEÓRICO
DE REFERENCIA

Este artículo analiza los efectos de la inversión en I+D sobre la actividad económica a partir de la aplicación de un modelo VAR estructural. En el modelo considerado, la tasa de crecimiento a largo plazo de la economía está determinada por la interacción entre dos sectores: el sector productor de bienes y servicios finales y el sector investigador, que realiza la I+D. Además, este último sector puede importar «ideas» procedentes del acervo de conocimiento acumulado a nivel internacional, lo que puede generar *spillovers* positivos sobre la productividad de la economía doméstica, como han demostrado numerosos trabajos⁵. Bajo este marco teórico, por tanto, el conocimiento acumulado se puede emplear directamente en la producción de bienes finales, junto con el resto de factores productivos usuales, mientras que el conocimiento importado contribuye indirectamente a la producción a través de su impacto en la generación de innovaciones en la economía doméstica.

5. Para una referencia reciente, véase Coe, Helpman y Hoffmaister (2008).

Este marco conceptual permite identificar, siguiendo la metodología de Blanchard y Quah (1989), tres perturbaciones estructurales en la economía⁶, una de demanda y dos de oferta; la primera de estas últimas es relativa a la inversión en I+D (la denominamos «*shock* tecnológico»), y la segunda afecta de forma general a la eficiencia en el uso de los factores productivos en el sector de bienes finales (la denominamos «*shock* de oferta tradicional»). En este contexto, el *shock* tecnológico recogería avances científicos o tecnológicos inesperados y exógenos, esto es, que van más allá de lo que cabría esperar de los proyectos de investigación en marcha y que dan lugar a la aparición de nuevos productos o procesos de producción⁷.

La metodología anterior presenta algunas limitaciones que obligan a interpretar los resultados que a continuación se presentan con las debidas cautelas. En particular, bajo esta metodología los resultados dependen, entre otros factores, de la validez del modelo teórico y de los supuestos utilizados para identificar las perturbaciones estructurales o de la posible exclusión de alguna variable relevante para el análisis, mientras que no siempre es sencillo interpretar económicamente las perturbaciones derivadas del modelo.

PRINCIPALES RESULTADOS

Se ha aplicado la metodología de los modelos VAR estructurales descrita con anterioridad a los datos trimestrales del PIB, su deflactor y el gasto total en I+D⁸ de España y de las seis principales economías desarrolladas —Estados Unidos, Japón, Alemania, el Reino Unido, Francia e Italia— para el período 1970-2006. Asimismo, para aproximar los *spillovers* internacionales (que son exógenos en este ejercicio) se ha construido una variable que recoge los flujos internacionales de I+D como la suma ponderada de los flujos individuales de I+D de los países analizados, empleando como pesos la participación de las importaciones de cada economía.

En el cuadro 1 se presentan los resultados de la estimación de los multiplicadores de largo plazo, que captan el impacto acumulado de una perturbación estructural sobre las variables endógenas (gasto en I+D, PIB y precios)⁹. En relación con el *shock* tecnológico, se obtiene que la respuesta de la inversión en I+D a esta perturbación es positiva en todas las economías analizadas y de magnitud similar, si bien en España e Italia (las economías que se encuentran menos avanzadas tecnológicamente dentro de este grupo de países) la elasticidad es superior. El impacto de esta perturbación sobre el PIB también es positivo y significativo en todos los casos, aunque de nuevo se aprecian algunas diferencias en el valor del multiplicador, que es superior y próximo al 1% en Japón, Alemania, Reino Unido y España, e inferior en el resto. Según este resultado, el «rendimiento» de la I+D en España se encontraría en un nivel similar al de las economías más dinámicas, de forma que el reducido nivel del gasto en I+D en España no puede explicarse, de acuerdo con este resultado, por la existencia de un problema de «rentabilidad», al menos en términos de su impacto sobre el PIB. Por último, el efecto del *shock* tecnológico sobre los precios es, por lo general, negativo, como cabría esperar de una perturbación de oferta, con la salvedad de Estados Unidos, donde es positivo

6. El esquema de identificación implica una serie de restricciones en el comportamiento a largo plazo del modelo VAR que están acordes con la teoría económica, como que los *shocks* de demanda no tienen un impacto permanente sobre la actividad, pero sí sobre los precios, o que tanto el *shock* de oferta tradicional como el tecnológico afectan a ambas variables de forma duradera. Además, las perturbaciones tecnológicas son las únicas que tienen un efecto persistente sobre la generación de conocimiento. 7. Por ejemplo, el desarrollo del satélite inicialmente tuvo fines puramente militares, pero, posteriormente, permitió generar una serie de nuevos servicios que han revolucionado algunas actividades, entre otras, los servicios de transporte. 8. Los datos primarios de I+D tienen periodicidad anual, así que han sido interpolados a frecuencia trimestral usando el método de Denton (1971). Para más detalles, véase Estrada y Montero (2009). 9. En el caso de la perturbación tecnológica, por ejemplo, el multiplicador recogería la respuesta de la variable endógena en cuestión ante un incremento exógeno del gasto en I+D motivado por un avance científico o tecnológico inesperado que da lugar al desarrollo de un nuevo producto o proceso productivo.

Impulso sobre:	Respuesta de:	España	EEUU	Japón	Alemania	Francia	Reino Unido	Italia
PERTURBACIÓN TECNOLÓGICA	I+D	0,04* (0,002)	0,02* (0,001)	0,02* (0,001)	0,02* (0,001)	0,02* (0,001)	0,02* (0,001)	0,04* (0,002)
	PIB	0,007* (0,001)	0,003* (0,001)	0,008* (0,001)	0,007* (0,001)	0,003* (0,001)	0,007* (0,001)	0,002* (0,001)
	Precios	-0,003 (0,002)	0,004* (0,001)	-0,01* (0,001)	-0,005* (0,001)	-0,01* (0,002)	-0,002 (0,002)	-0,005** (0,002)
PERTURBACIÓN TRADICIONAL DE OFERTA	PIB	0,01* (0,001)	0,01* (0,001)	0,01* (0,001)	0,01* (0,001)	0,01* (0,001)	0,01* (0,001)	0,01* (0,001)
	Precios	-0,01* (0,002)	-0,01* (0,001)	-0,005* (0,001)	-0,001** (0,0005)	-0,01* (0,002)	-0,02* (0,002)	-0,01* (0,002)
PERTURBACIÓN DE DEMANDA	Precios	0,02* (0,001)	0,01* (0,001)	0,02* (0,001)	0,007* (0,0004)	0,02* (0,001)	0,02* (0,001)	0,02* (0,001)

FUENTE: Banco de España.

a. Desviación estándar entre paréntesis. Los símbolos *, ** y *** denotan significatividad estadística al 1%, 5% y 10%, respectivamente.

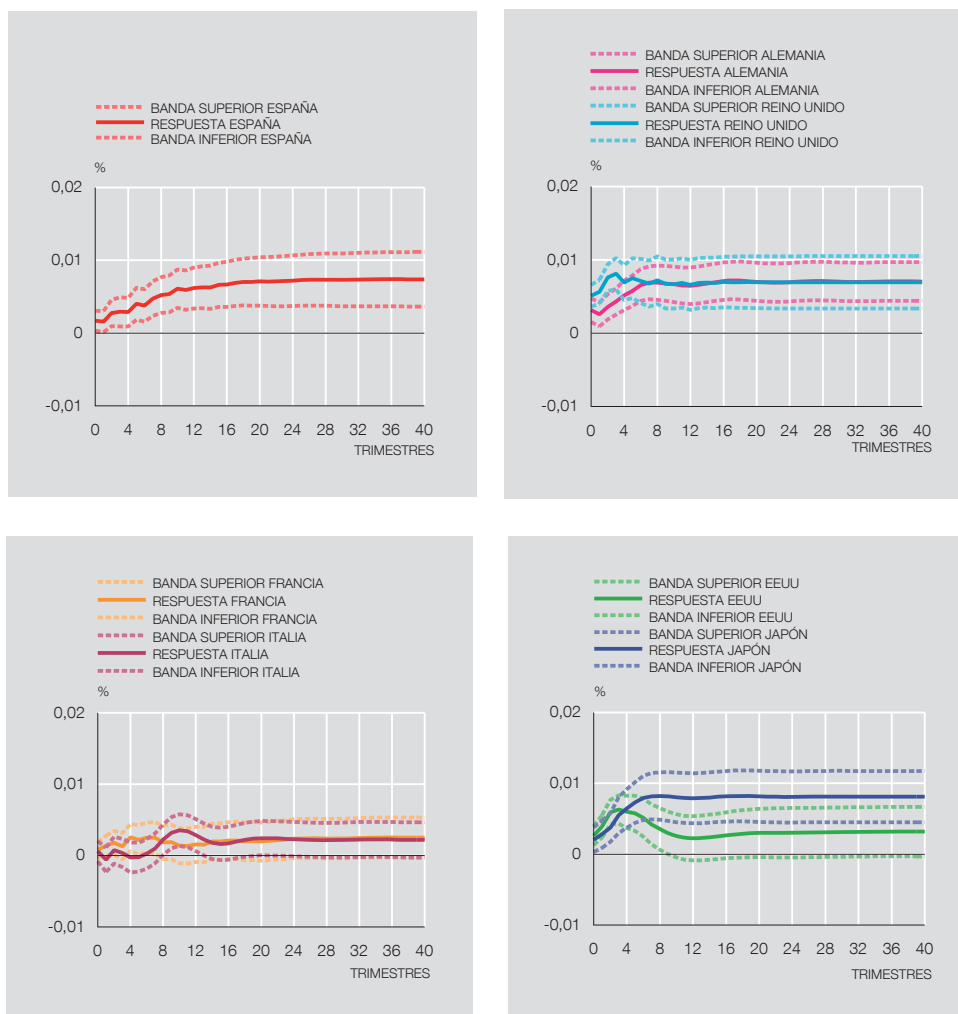
y significativo¹⁰. En España, por su parte, el coeficiente es negativo pero no estadísticamente significativo, por lo que la perturbación tecnológica tendría un impacto neutro sobre los precios.

En cuanto a los efectos de largo plazo de una perturbación de oferta «tradicional», la elasticidad del PIB es positiva y muy similar en todas las economías, y la de los precios, negativa en todos los casos, como cabría esperar. Por último, la perturbación de demanda solo afecta al nivel de precios a largo plazo, con unos coeficientes positivos que se sitúan entre el 1% y el 2%.

Por otra parte, la respuesta dinámica a corto y medio plazo de las variables endógenas ante las distintas perturbaciones estructurales se puede analizar a partir de las funciones impulso-respuesta (FIR) acumuladas. El gráfico 2 recoge la respuesta de la actividad ante un *shock* tecnológico en los distintos países. Como se puede apreciar, dicha respuesta tiende a ser positiva y significativa tanto a corto como a medio plazo en todas las economías. Además, hay que destacar la intensidad de la velocidad de transmisión de la perturbación, cuyo máximo impacto se alcanzaría entre el primer y segundo año en la mayoría de los países, con la excepción de España, donde la transmisión sería más lenta y tardaría más de cuatro años en alcanzar el impacto de largo plazo. Este resultado resulta coherente con una de las características del sistema español de innovación como es la dificultad en transformar el conocimiento generado en usos productivos [COTEC (2004)].

El gráfico 3, por su parte, muestra la respuesta de los precios ante una perturbación tecnológica. De forma similar a lo que ocurriría en el largo plazo, la respuesta tiende a ser negativa y relativamente rápida (salvo en el caso de Francia), aunque en esta ocasión se

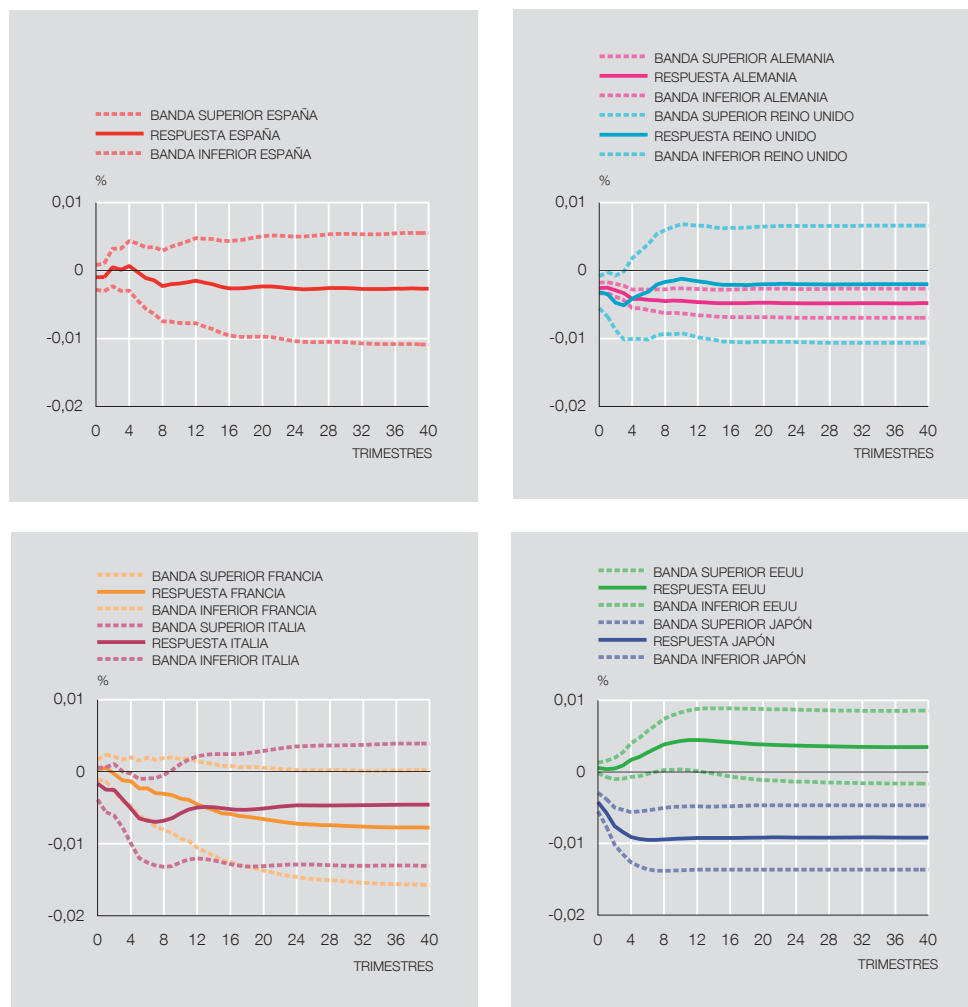
¹⁰. Este resultado se podría interpretar como que las innovaciones en esta economía tienden a otorgar cierto poder de mercado a las empresas —lo cual sería consistente con la existencia de un sistema de protección de los derechos de propiedad eficiente—, que se traduciría en unos mayores márgenes y, por tanto, en precios más elevados a largo plazo.



FUENTE: Banco de España.

estima con menor precisión. En España, la reacción de los precios a corto y medio plazo vuelve a ser estadísticamente no significativa, y, en el caso de Estados Unidos, donde la respuesta de los precios es positiva, a medio plazo tiende a hacerse no significativa.

Por último, resulta interesante analizar la respuesta de la inversión en I+D a los estímulos de la demanda, para determinar su mayor o menor grado de prociclicidad (véase gráfico 4). Existen argumentos teóricos que justifican el carácter contracíclico de la inversión en I+D y que ponen el énfasis en el papel de las recesiones como catalizadoras de la destrucción creativa. En concreto, esta teoría enfatiza que el rendimiento de las actividades «directamente» productivas es más bajo en las recesiones debido a la menor demanda, por lo que el coste de oportunidad que se puede derivar de actividades destinadas a «mejorar» la eficiencia, como el gasto en I+D, en términos de beneficios perdidos de corto plazo, es también menor, lo que justificaría un incremento de este tipo de actividades durante las recesiones. En sentido contrario, existen argumentos teóricos que justifican el comportamiento procíclico de la inversión en I+D a partir de la presencia de imperfecciones en los mercados de capitales [Aghion et ál. (2008)], de manera que, durante las recesiones, las empresas perderían el acceso al crédito debido al deterioro percibido en su solvencia, lo que perjudicaría sus actividades reorganizativas y de innovación. Si se interpreta que las perturbaciones de demanda captan



FUENTE: Banco de España.

adecuadamente la situación cíclica de los distintos países, en el gráfico 4 se observa un comportamiento contracíclico de la inversión en I+D en Estados Unidos, Reino Unido, Francia e Italia, frente a un comportamiento procíclico de esta misma variable en España, Reino Unido y Japón.

No obstante, para extraer conclusiones más firmes sobre esta cuestión, es importante tener en cuenta que una parte significativa de la inversión en I+D es de carácter público, por lo que una evolución procíclica de esta variable podría ser el resultado del comportamiento procíclico observado para el conjunto del gasto público en numerosos países desarrollados. Esto reflejaría la mayor disponibilidad de los Gobiernos para financiar incrementos del gasto en situaciones económicas favorables, que se han de ajustar en las recesiones para evitar un deterioro excesivo de la situación presupuestaria.

En este sentido, es interesante notar que, siguiendo esta misma metodología, si se descompone la I+D en su componente público y privado, se observa que, en general, el gasto en I+D privado tiende a reaccionar negativamente ante una perturbación de demanda, es decir, se comporta de forma contracíclica, mientras que no existe un patrón común en la respuesta de la inversión pública, que, en el caso español, sería procíclica, según esta misma aproximación.



FUENTE: Banco de España.

El papel de la inversión en I+D realizada por el sector público

El impacto macroeconómico de la inversión en I+D que realiza el sector público¹¹ puede ser distinto del que surge de la inversión en innovación del sector privado, debido, entre otras razones, a su distinta naturaleza. En concreto, aquella se concentra, sobre todo, en la investigación básica, que es la que lleva más tiempo introducir en los procesos productivos, mientras que la inversión privada se centra esencialmente en la investigación aplicada. Más específicamente, se puede considerar que la investigación pública tiene un impacto indirecto sobre la actividad, que se produce a través de su efecto sobre la generación de conocimiento aplicado en el sector privado, mientras que la inversión privada sí tendría un impacto directo sobre la producción de bienes finales. Bajo estos supuestos se puede separar la perturbación tecnológica derivada de nuestro modelo en dos componentes, una perturbación asociada al gasto en I+D pública y otra vinculada a la innovación privada.

Además del distinto impacto potencial de la I+D pública y privada mencionado con anterioridad, también debe tenerse en cuenta que la I+D pública podría generar un efecto expulsión

¹¹. Aquí se incluye tanto la realizada por centros públicos de investigación como la de las instituciones de enseñanza superior, en línea con la literatura, puesto que las AAPP controlan buena parte del presupuesto —y de la agenda de investigación— de estas instituciones.

Impulso sobre:	Respuesta de:	España	EEUU	Japón	Alemania	Francia	Reino Unido	Italia
PERTURBACIÓN DE I+D PÚBLICA	I+D pública	0,04* (0,002)	0,03* (0,002)	0,05* (0,003)	0,06* (0,004)	0,02* (0,001)	0,02* (0,001)	0,05* (0,003)
	I+D privada	0,02* (0,005)	-0,002 (0,002)	-0,01* (0,002)	-0,02* (0,003)	0,004*** (0,002)	-0,004*** (0,002)	0,02* (0,003)
	PIB	0,01* (0,001)	0,003** (0,001)	0,002 (0,001)	0,001 (0,001)	-0,001 (0,001)	-0,002*** (0,001)	0,000 (0,001)
	Precios	-0,01* (0,002)	-0,01* (0,004)	-0,002 (0,001)	0,002* (0,001)	0,02* (0,002)	0,01* (0,002)	-0,01* (0,002)
PERTURBACIÓN DE I+D PRIVADA	I+D privada	0,06* (0,003)	0,03* (0,002)	0,03* (0,002)	0,03* (0,002)	0,03* (0,002)	0,03* (0,001)	0,03* (0,002)
	PIB	0,002*** (0,001)	0,002*** (0,001)	0,01* (0,001)	0,01* (0,001)	0,002* (0,001)	0,01* (0,001)	0,004* (0,001)
	Precios	0,01* (0,002)	0,02* (0,004)	-0,01* (0,001)	-0,01* (0,001)	-0,02* (0,002)	-0,003 (0,002)	0,001 (0,002)

FUENTE: Banco de España.

a. Desviación estándar entre paréntesis. Los símbolos *, ** y *** denotan significatividad estadística al 1%, 5% y 10%, respectivamente.

(*crowding-out*) sobre la I+D privada, lo que se justificaría por la existencia de cuellos de botella en el sector de la investigación, como consecuencia de que tanto el sector público como el privado compiten por un recurso escaso: el capital humano cualificado. En este caso, un impulso a la demanda de inversión en I+D por parte del sector público puede traducirse en un incremento del coste de los factores dedicados a esta tarea, lo que podría desplazar la demanda de investigación del sector privado.

El cuadro 2 presenta los multiplicadores de largo plazo para las perturbaciones tecnológicas asociadas a la I+D pública y a la privada derivadas de nuestro modelo. Cuando se evalúa el impacto de una perturbación de I+D pública sobre la inversión en I+D privada, se observa que no existe una respuesta homogénea, si bien los resultados parecen sugerir que en las economías con un mayor peso de la investigación (Alemania, Japón y Reino Unido) tiende a predominar el efecto expulsión. Esta característica permitiría concluir que la intervención pública en el ámbito de la innovación puede tener un efecto positivo en economías con niveles reducidos de gasto de I+D, pero que, una vez que este supera un cierto umbral, incrementos adicionales del gasto público en esta materia solo sustituyen al gasto privado¹².

Por otro lado, el impacto a largo plazo de la perturbación de la I+D pública sobre la actividad se estima de forma un tanto imprecisa, aunque tiende a ser positivo, pero inferior a la elasticidad que se estima para la I+D privada, lo que corroboraría el hecho de que la inversión privada en I+D está más orientada hacia las actividades productivas. Por su parte, el multiplicador de ambos tipos de perturbaciones sobre los precios es más heterogéneo. En el caso de la economía española, hay que destacar que, mientras que la perturbación de la I+D pública tiende a reducir los precios, la de la I+D privada tiende a elevarlos. En cualquier caso, los coeficientes

12. Este patrón no se observa, sin embargo, en Estados Unidos, donde, a pesar de tener un sector investigador muy potente, el gasto público en I+D no parece expulsar al privado. Una explicación del resultado para la economía estadounidense podría encontrarse en el efecto denominado «brain drain» que esta economía ejerce sobre el resto del mundo, por la capacidad de su sistema de innovación para atraer a científicos de otros países y, así, escapar a los cuellos de botella mencionados.

son muy similares y de signo contrario, lo que explicaría que, en agregado, el impacto de las perturbaciones de I+D sobre los precios sea neutro.

Conclusiones

En este artículo se ha estudiado el impacto de la inversión en innovación sobre la actividad económica empleando la metodología de los VAR estructurales. Pese a las cautelas con que hay que interpretar el producto de un ejercicio empírico basado en esta metodología, los resultados presentados en este artículo parecen mostrar que la inversión en I+D tiene un impacto a largo plazo positivo sobre el PIB de la economía española, de magnitud similar al de otras economías desarrolladas, lo que confirmaría la importancia de este tipo de gasto para aumentar el crecimiento potencial. Sin embargo, la dinámica de transmisión de las perturbaciones tecnológicas sobre la actividad a corto y medio plazo parece ser más lenta en España que en otros países, lo que confirmaría la presencia de problemas de transferencia tecnológica desde el sector de investigación hacia los sectores productores de bienes y servicios finales.

Por otra parte, la inversión en I+D pública parece generar un efecto arrastre sobre la I+D privada, y, además, la inversión total en I+D parece tener un cierto carácter pro-cíclico en España, que se concentraría, sobre todo, en su componente público, de forma que esta partida compartiría la dinámica observada en otros componentes del gasto público. Este reflejaría la mayor disponibilidad para financiar incrementos del gasto en situaciones económicas favorables, que se han de ajustar en las recesiones para evitar un deterioro excesivo de la situación presupuestaria.

19.11.2009.

BIBLIOGRAFÍA

- AGHION, P., P. ASKENAZY, N. BERMAN, G. CETTE y L. EYMARD (2008). *Credit constraints and the cyclicity of R&D investment: Evidence from France*, Documents de Travail n.º 198, Banque de France.
- BLANCHARD, O., y D. QUAH (1989). «The dynamic effects of aggregate demand and supply disturbances», *American Economic Review*, 79, pp. 655-673.
- COE, D., E. HELPMAN y A. HOFFMAISTER (2008). *International R&D spillovers and institutions*, IMF Working Paper, n.º 08/104.
- COTEC (2004). *El sistema español de innovación. Situación en 2004*, Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica.
- DENTON, F. T. (1971). «Adjustment of monthly or quarterly series to annual totals: an approach based on quadratic minimization», *Journal of the American Statistical Society*, vol. 66, n.º 333, pp. 99-102.
- ESTRADA, Á., y J. M. MONTERO (2009). *R&D investment and endogenous growth: a SVAR approach*, Documentos de Trabajo, n.º 0925, Banco de España.