

**IMPACTO DE LOS CRÉDITOS BLANDOS EN EL GASTO
EN I+D EMPRESARIAL:
La empresa española y el apoyo del CDTI
a la I+D+i**

**Elena Huergo, Mayte Trenado y Andrés Ubierna
Universidad Complutense y CDTI**

Octubre, 2009



Centro para el Desarrollo
Tecnológico Industrial

**Impacto de los créditos blandos en el gasto
en I+D empresarial
La empresa española y el apoyo del CDTI
a la I+D+i**

El CDTI, al publicar esta serie, pretende facilitar la difusión de estudios de interés que contribuyan al mejor conocimiento de la investigación, el desarrollo y la innovación.

Los análisis, opiniones y conclusiones de estas investigaciones representan las ideas de los autores, con las que no necesariamente coincide el CDTI.

El CDTI difunde algunos de sus informes más importantes a través de
INTERNET.

<http://www.cdti.es>

Impacto de los créditos blandos en el gasto en I+D empresarial: La empresa española y el apoyo del CDTI a la I+D+i

Elena Huergo, Mayte Trenado y Andrés Ubierna
Universidad Complutense y CDTI

Resumen

El objetivo de este trabajo es determinar el efecto de los créditos del CDTI para proyectos de I+D sobre la decisión de gasto en I+D empresarial. Para ello, se tiene en cuenta que la participación en este sistema de créditos depende probablemente de las mismas características de las empresas españolas que determinan su comportamiento inversor. Adicionalmente, también se considera que la decisión de gasto puede estar sujeta a una cierta persistencia, es decir, que las empresas con gasto positivo en un año tienen una mayor probabilidad de seguir gastando en el siguiente. Los resultados de las estimaciones proporcionan evidencia de un impacto positivo y significativo de los créditos del CDTI, confirmando la efectividad de este sistema de ayudas. En concreto, las empresas receptoras de créditos muestran una probabilidad de invertir en I+D con fondos propios en torno a 25 puntos porcentuales superior al resto de empresas. Este efecto es especialmente importante si se tiene en cuenta que las empresas que invierten en un año tienen un 53,2% más de probabilidad de volver a hacerlo en el periodo siguiente, lo que sugiere que es posible inducir persistentemente a las empresas a llevar a cabo actividades de I+D mediante este instrumento de ayuda pública.

Clasificación JEL: H81, L2, O3.

Palabras clave: *Créditos blandos, ayuda pública a la I+D+i, análisis de impacto.*

Los autores agradecen los comentarios recibidos por los miembros del Departamento de Estudios del CDTI para la elaboración de este documento.

The impact of soft credits on business R&D expenditures: Spanish firms and CDTI loans for R&D projects

**Elena Huergo, Mayte Trenado and Andrés Ubierna
Universidad Complutense and CDTI**

Abstract

The objective of this paper is to estimate the effect of CDTI loans for R&D projects on business R&D decisions. To do so, we take into account that the participation of Spanish firms on this public programme probably depends on the same characteristics that determine their investment decisions. In addition, we also consider the possibility of persistence in R&D expenditures over time. The estimations show the existence of a significant and positive impact of CDTI loans, providing evidence of their effectiveness. More precisely, participants have approximately 25 percentage points higher probability to self-finance their R&D investments than non-supported firms. The effect is quite relevant if we consider that firms with positive R&D expenditures in a year show a 53,2% higher probability of having positive R&D expenditures in the next period. This result suggests that firms can be induced persistently to perform R&D activities by means of CDTI loans.

JEL Classification: H81, L2, O3.

Key words: *Soft credits, public aid for R&D, impact analysis.*

The authors are grateful to the CDTI Impact Analysis Department for useful comments and suggestions.

IMPACTO DE LOS CRÉDITOS BLANDOS EN EL GASTO EN I+D EMPRESARIAL: LA EMPRESA ESPAÑOLA Y EL APOYO DEL CDTI A LA I+D+i

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, constituye una idea generalmente aceptada el hecho de que el apoyo público a la I+D+i se encuentra justificado ex-ante por los fallos de mercado que caracterizan a este tipo de actividades, que hacen que la inversión privada sea inferior a la socialmente deseable (Arrow, 1962). Sin embargo, paralelamente a la generalización de este convencimiento, a medida que ha ido creciendo el volumen de recursos públicos dedicados por los países a incentivar la I+D+i privada, se ha ido haciendo cada vez más necesario evaluar el impacto efectivo de estas ayudas en las decisiones y resultados empresariales.

De este modo han ido proliferando los trabajos empíricos que tratan de medir el impacto de los programas públicos de apoyo a la I+D, utilizando datos de diversos países y un amplio abanico de metodologías. Como no podía ser de otro modo, esta variedad de enfoques ha tenido como resultado la falta de consenso acerca de la complementariedad o sustituibilidad del gasto público y privado en I+D. En la actualidad, la evidencia econométrica acerca de la relación que existe entre la financiación pública de la I+D empresarial y el gasto privado en I+D es ambigua (García-Quevedo, 2004). Entre las razones que se encuentran detrás de esta multiplicidad de resultados se encuentran las siguientes: En primer lugar, no existe un modelo microeconómico generalmente aceptado que sirva de base a la hora de construir hipótesis contrastables econométricamente (David et al., 2000). En segundo lugar, la ausencia de bases de datos estadísticos accesibles públicamente hace que la información disponible para las investigaciones no sea homogénea. Los programas analizados a menudo son muy diferentes en sus objetivos, instrumentos de actuación, etc., por lo que es lógico que la evaluación de ayudas distintas dé lugar a diferentes resultados (Blanes y Busom, 2004). Por último, la disponibilidad de un número no despreciable de metodologías que sirven para aproximarse a este problema de estudio (véase Aerts et al., 2007, para una revisión de las mismas), tiene asimismo como consecuencia la obtención de resultados diversos.

El presente trabajo pretende ser una contribución más que sirva para avanzar en el conocimiento de la relación que existe entre gasto en I+D+i público y privado. En concreto, nuestro objetivo es analizar el efecto que tiene la participación en los sistemas de créditos blandos del CDTI sobre la decisión de las empresas de llevar a cabo gastos internos en I+D, utilizando fondos propios como fuente de financiación. Del conjunto de programas de ayuda que gestionaba entre 2003 y 2005 el CDTI (CÉNIT, Neotec, Programa Nacional de Espacio, etc.), el estudio que se resume a continuación se centra básicamente en analizar el impacto de tres en concreto: los Proyectos de Desarrollo Tecnológico (PDT), los de Innovación Tecnológica (PIT) y los de Investigación Industrial Concertada (PIIC). A través de estos programas, el CDTI proporcionaba financiación a las empresas para sus proyectos de I+D+i en forma de créditos blandos, que podían alcanzar hasta el 60% del presupuesto total del proyecto.

Si bien existen en la literatura numerosos trabajos sobre el impacto de las subvenciones para proyectos de I+D+i, son muy pocos los referidos a programas instrumentados a través de créditos. A pesar de que éstos suponen en la práctica una subvención encubierta, en la medida en que se produce un ahorro en los costes de financiación del proyecto de I+D+i, sus efectos sobre las decisiones empresariales no tienen por qué ser exactamente iguales que los de las ayudas no reembolsables debido a tres motivos fundamentales: 1) los créditos blandos son plenamente compatibles con las desgravaciones fiscales, por lo que constituyen una alternativa a las subvenciones que puede ser preferida por determinadas empresas; 2) el porcentaje del presupuesto financiado suele ser mayor a la vez que la obtención de este tipo de créditos puede facilitar la obtención de financiación privada ajena a la empresa; 3) el compromiso de devolución del principal del préstamo impone una disciplina a las empresas beneficiarias que no existe en el caso de otros tipos de ayudas. En este sentido, es de esperar que los créditos generen una mayor adicionalidad que una subvención equivalente, o al menos limiten en cierta medida el efecto expulsión que ésta pueda tener.

Para realizar este análisis se tiene en cuenta que la participación en el sistema de créditos del CDTI depende probablemente de las mismas características que afectan al resto de decisiones de la empresa, lo cual podría sesgar las estimaciones del impacto al alza si, por ejemplo, el CDTI hubiera seleccionado para conceder los créditos prioritariamente

a empresas con mayores potencialidades (mayor probabilidad de realizar proyectos de I+D con fondos propios). Entre las metodologías existentes para corregir este sesgo, la que se emplea en este trabajo se basa en una estimación en dos etapas: en primer lugar, se estima la ecuación de participación en los programas del CDTI (ecuación de selección), con el fin de conocer las características específicas de los perceptores de ayudas y obtener unos valores predichos para la variable participación; en segundo lugar se estima la decisión de la empresa de destinar fondos propios a gasto en I+D (ecuación de impacto), utilizando como variable explicativa la participación predicha en la primera etapa. La comparación de los resultados obtenidos utilizando la participación predicha versus la participación observada no sólo permite proporcionar una medida del impacto del sistema de créditos, sino también ofrecer una aproximación a la importancia que el sesgo de selección tiene en la realización de esta clase de análisis.

Adicionalmente, en el análisis de impacto también se tiene en cuenta que la decisión de gasto en I+D puede estar sujeta a una cierta persistencia, es decir, que las empresas con gasto en un año probablemente serán más proclives a seguir gastando en el siguiente. Si no se tiene en cuenta este fenómeno, de nuevo, se podría estar obteniendo una estimación sesgada del impacto de la ayuda pública.

Los resultados de las estimaciones permiten confirmar la existencia de un impacto significativo de los créditos del CDTI sobre la decisión de gasto en I+D financiado con fondos propios, incluso cuando se descuenta de este impacto el efecto derivado de la persistencia, confirmando la efectividad de este sistema de ayudas.

El trabajo consta de cinco partes. Tras esta introducción, en el segundo apartado, se resume la evidencia empírica. En el tercer apartado se describe la metodología empírica empleada y se presentan las principales variables incluidas en la base de datos, tratando de obtener una guía de los aspectos relacionados con la participación, que servirán de factores explicativos en el análisis econométrico. En el cuarto apartado se muestran los resultados de las estimaciones de la ecuación de selección y de la ecuación de impacto, haciendo hincapié en los rasgos que diferencian ambas decisiones entre empresas pequeñas y grandes, por un lado, y entre manufacturas y servicios, por otro. Finalmente, el quinto apartado recoge las principales conclusiones.

II. EVIDENCIA EMPÍRICA PREVIA

Desde un punto de vista empírico, la evidencia existente acerca del impacto de las ayudas públicas sobre la I+D empresarial es cada vez más abundante y se refiere mayoritariamente a programas de subvenciones para proyectos de I+D+i. Ejemplos en esta línea son los trabajos de Wallsten (2000) aplicado a empresas estadounidenses, Lach (2002) para empresas israelíes, Busom (2000) y González et al. (2005) para España, Czarnitzki y Licht (2005) realizado con datos de empresas innovadoras alemanas, Duguet (2004) referido a empresas francesas con gastos en I+D, Clausen (2007) para Noruega y Takalo et al. (2008) aplicado a empresas finlandesas.

La mayoría de estos estudios coincide en preguntarse cuál habría sido el comportamiento (gasto en I+D) de las empresas apoyadas en ausencia de la ayuda. Como se ha mencionado con anterioridad, para dar respuesta a esta cuestión el problema principal a superar es el denominado “problema de selección”, derivado del hecho de que cada empresa sólo puede ser observada recibiendo o no la ayuda, es decir, no podemos captar directamente el efecto adicional. Si las ayudas se repartieran de forma aleatoria, se podría estimar su efecto como la diferencia en el resultado medio de las empresas receptoras y el de las no receptoras. No obstante, las agencias suelen tener sus propios criterios a la hora de otorgar ayudas, entre los que se encuentran el apoyo a aquellas empresas o proyectos con una mayor probabilidad de éxito (“picking-the-winners” strategy), a determinados sectores de actividad con fuertes externalidades o a grupos concretos de empresas sujetas a mayores restricciones financieras (en especial, pequeñas y medianas empresas). En consecuencia, para medir el impacto de las ayudas públicas es preciso estimar o aproximar el contrafactual, es decir, hay que tener en cuenta que la participación en el sistema de ayudas depende probablemente de las mismas características de las empresas que determinan su comportamiento y resultados. La dificultad para definir un grupo de control que permita tener esto en cuenta puede ocasionar que se sobreestime el impacto de las ayudas.

Un segundo problema muy relacionado con el anterior es el de la endogeneidad de la financiación pública. Y es que en ocasiones la obtención de financiación pública y/o privada puede depender de un conjunto similar de variables (de nuevo por una “adecuada” selección por parte

de las agencias, o por otras variables que son determinantes en la concesión de ayudas). Las empresas que reciben una mayor financiación pública son precisamente aquellas que más invierten en I+D, de manera que el efecto estimado de la obtención de financiación pública incorpora, además del propio efecto del incremento de fondos derivado de la obtención de una subvención, otros efectos de variables que no se han incluido y que también afectan al gasto en I+D.

Por otro lado, la existencia de externalidades derivadas de la propia actividad innovadora puede provocar que el comportamiento de las empresas que no reciben ayudas dependa de la existencia de empresas que sí las reciben. Por último, en algunos casos los beneficios económicos de los proyectos de investigación pueden tener una distribución muy asimétrica, con un rendimiento medio no demasiado alto y unos pocos proyectos que generan un gran beneficio.

De entre los trabajos en el ámbito internacional que tienen en cuenta estos problemas (fundamentalmente los dos primeros) cabe destacar el de Wallsten (2000), aplicado a empresas estadounidenses participantes en el Small Business Innovation Research Program entre 1990 y 1992. En este estudio, se considera un modelo de ecuaciones simultáneas, con el gasto y las subvenciones como variables a explicar. El autor concluye que, cuando se controla por la endogeneidad de las subvenciones, no se detecta ningún efecto de las mismas sobre el esfuerzo innovador de las empresas. Además, existe una sustitución completa de fondos privados por fondos públicos.

Otro trabajo relevante es el estudio de Lach (2002) para empresas israelíes, en el que se estima empleando datos de panel el incremento de los gastos en I+D de las empresas subvencionadas frente al incremento de las no subvencionadas, en el año de recepción de la subvención y los siguientes. En este caso se encuentra un efecto positivo dinámico (que necesita tiempo para completarse) particularmente claro en empresas de menor tamaño.

Un estudio reciente es el de Clausen (2007), cuya principal aportación reside en diferenciar entre los programas de subvenciones que permiten financiar proyectos “alejados del mercado” y los programas que subsidian proyectos con menos incertidumbre “próximos al mercado”. Además, analiza el impacto de estos programas no sólo sobre el gasto en

I+D interna, sino también sobre los distintos componentes de los gastos en innovación. También se preocupa por el impacto en la calidad de la I+D. La disponibilidad de información le permite eliminar del análisis aquellas empresas que hacen I+D sólo si son subvencionadas (el análisis se restringe a empresas con presupuesto positivo de gasto en I+D interna). Los resultados obtenidos utilizando el método de variables instrumentales le permiten afirmar que los subsidios a proyectos “alejados del mercado” tienen un impacto positivo y significativo sobre el gasto privado en I+D, incentivando especialmente los gastos en actividades de innovación. Además, este tipo de ayudas afectan positivamente la calidad de la I+D empresarial. Por el contrario, las subvenciones a proyectos “próximos al mercado” substituyen el gasto en I+D privado, fundamentalmente reduciendo la cuantía gastada en actividades de desarrollo. En concreto, la elasticidad estimada del gasto en I+D interna a las subvenciones a proyectos “alejados del mercado” es de 0,36, mientras que la elasticidad respecto a los subsidios a proyectos “próximos al mercado” es de -0,66.

Entre los estudios que se han realizado para España cabe destacar los de Busom (2000) y González, Jaumandreu y Pazó (2004). En el trabajo de Busom (2000) se emplean datos de empresas receptoras de ayudas del CDTI en 1988, junto con los de otras empresas innovadoras que no las recibieron¹. Además de información tecnológica y económica de las empresas, la autora dispone de información relacionada con la actitud estratégica y el comportamiento de cada empresa en el mercado de producto. Sin embargo, no conoce la magnitud de la subvención que recibe la empresa, de modo que, a la hora de evaluar si existe adicionalidad o sustitución de los fondos, sólo puede contrastar la existencia de una sustitución completa (no puede contrastar la hipótesis de sustitución parcial). Las dos decisiones que se analizan son la participación en el programa de ayudas (que a su vez es el resultado de la decisión de solicitud por parte de la empresa y la decisión de concesión de la ayuda por parte del CDTI) y el esfuerzo innovador. Del análisis realizado se deriva, por una parte, que las empresas pequeñas tienen una mayor probabilidad de participar en los programas (solicitan más ayudas y tienen más probabilidad de que les sean concedidas) y, por otra,

¹ En un trabajo complementario, Blanes y Busom (2004) estudian los factores que determinan la participación de las empresas en los programas regionales y nacionales de subvenciones públicas, aunque sin llegar a analizar el impacto de esa participación.

que en general la ayuda pública incrementa el esfuerzo privado. No obstante, para el 30% de las empresas no se puede rechazar que se produzca una sustitución total del gasto privado por fondos públicos.

En la misma línea se encuentra el trabajo de González, Jaumandreu y Pazó (2004), que utilizan datos de empresas manufactureras de la ESEE entre 1990 y 1999. En un contexto de producto diferenciado, su modelo considera a cada competidor capaz de elevar la demanda de los productos elevando la calidad de éstos a través de inversión en I+D. Las características de la demanda, las oportunidades tecnológicas y los costes de arranque de las actividades de I+D interaccionan para determinar los correspondientes resultados de la innovación y un umbral mínimo de rentabilidad. Por debajo de ese umbral, los costes no son totalmente recuperables mediante los incrementos de las ventas y por tanto las empresas no llevarán a cabo I+D, si bien esta decisión puede cambiar si el subsidio esperado reduce el coste de la I+D. Este marco conduce a una modelización tobit mediante la que se analizan los determinantes de la decisión de llevar a cabo actividades tecnológicas y la intensidad del esfuerzo una vez que esa decisión se ha tomado. Al disponer de información sobre la cuantía de la subvención, los autores pueden estimar previamente la subvención esperada ex-ante teniendo en cuenta los problemas de selectividad y endogeneidad, y emplear esa subvención esperada como variable explicativa del esfuerzo inversor. Las conclusiones fundamentales a las que llegan son: a) con subvenciones del 10% de los gastos en I+D se podría lograr que casi la mitad de las empresas grandes que no realizan actividades de I+D pasaran a realizarlas; b) para conseguir que un 30% de las empresas pequeñas que no realizan I+D comiencen a invertir, sería necesario considerar subvenciones del 40%; c) un 3% de las empresas de mayor tamaño, que actualmente realizan actividades de I+D, dejarían de hacerla si se retirasen las subvenciones; y d) un 14% de las empresas pequeñas dejarían de hacer I+D si se retiran las subvenciones actuales. Por tanto, las subvenciones aparecen como potencialmente efectivas en la inducción de empresas a realizar actividades de I+D. Sin embargo, la mayoría de las subvenciones están destinadas a empresas que en cualquier caso hubiesen llevado a cabo los proyectos, lo que puede verse como el resultado de una “selección adecuada” de los solicitantes por parte de agencias aversas al riesgo.

En los últimos años, numerosos trabajos internacionales han empleado como metodología alternativa los estimadores “matching”. Esta metodología se basa en la comparación de los resultados obtenidos por los participantes en un determinado programa de ayudas (grupo “tratado”) con los logrados por un grupo de control “comparable” de no participantes. Bajo determinados supuestos², la diferencia entre los resultados de ambos grupos puede ser atribuible a la subvención (“tratamiento”). La ventaja de este método es que no requiere la especificación de una determinada forma funcional para la relación entre subvenciones y gasto en I+D, mientras que su dificultad estriba en la elección apropiada del grupo de empresas con “similares características”. Los trabajos de Almus y Czarnitzki (2003) y Czarnitzki y Licht (2005), realizados con datos de empresas innovadoras alemanas, y de Duguet (2004), para empresas francesas con gastos en I+D, son ejemplos de este tipo de aproximación. Todos ellos contradicen la existencia de efecto reemplazamiento completo entre el gasto público y el privado, aunque sólo el de Duguet, al disponer de información de la cuantía de las subvenciones, permite también rechazar la sustitución parcial³.

Dos trabajos existentes en esta línea para España son los de Herrera y Heijs (2007) y González y Pazó (2008), ambos realizados con datos de empresas manufactureras de la ESEE. Herrera y Heijs (2007) utilizan la información de las empresas que efectuaron gastos en I+D durante el periodo 1998-2000 y proponen tres grupos de variables como potenciales determinantes del proceso de distribución de las ayudas: las asociadas con características de la empresa (tamaño, actividad, edad, región donde se localiza, estructura de propiedad, grado de diversificación y dificultad para obtener financiación), las relacionadas con la presión del mercado (evolución, capacidad de inversión, propensión exportadora e importadora) y los indicadores tecnológicos (formalización de la I+D, actitud cooperativa, exportación y/o importación de tecnología). Sus resultados apuntan hacia una ausencia de efecto reemplazamiento de los fondos públicos sobre los privados, siendo en

² Por una parte, es preciso que, condicionado en algunas características, la asignación de la subvención sea aleatoria. Por otra, para cada conjunto de empresas subvencionadas (no subvencionadas) con unas determinadas características, debe existir un grupo “similar” de empresas no subvencionadas (subvencionadas) con las que compararlo.

³ Aerts y Schmidt (2008) también rechazan la hipótesis de reemplazamiento completo para Flandes y Alemania y utilizando tanto el estimador “matching” como el CDIDRCS (Conditional difference-in-differences estimator with repeated cross-sections).

promedio las empresas receptoras de las ayudas un 1,85% más intensas en I+D frente a las que no las reciben.

El artículo de González y Pazó (2008) se refiere a un periodo más amplio, el comprendido entre 1990 y 1999. Esta accesibilidad a información continuada a lo largo del tiempo para el mismo conjunto de empresas, permite tener en cuenta durante el análisis la persistencia en la actividad innovadora. Los principales resultados indican la ausencia de efecto reemplazamiento, ya sea parcial o total, reforzando la evidencia internacional obtenida en los trabajos con la misma metodología. En media, las empresas subvencionadas realizan un esfuerzo 0,35 puntos porcentuales superior al de las empresas no receptoras de similares características, lo que no es despreciable si se tiene en cuenta que el esfuerzo medio de estas últimas es de 2,1%. Además, se obtiene que la financiación pública es más efectiva en las empresas de menor tamaño que operan en sectores de baja tecnología, probablemente por su capacidad para inducir la realización de proyectos de I+D en este conjunto de empresas.

Frente a los trabajos que se acaban de describir, el realizado por Takalo et al. (2008) es de los pocos que incluyen un modelo formal para reflejar las distintas decisiones de los agentes que participan en el proceso. En particular, estos autores plantean un modelo estructural de tratamiento óptimo continuo con heterogeneidad de resultados, donde el tratamiento (subvención) depende de la inversión del solicitante. El modelo tiene en cuenta la existencia de costes de solicitud heterogéneos. Al estimarlo con datos de proyectos de I+D finlandeses encuentran que la tasa de rendimiento de los subsidios para la agencia es de entre el 30 y el 50%.

Finalmente, cabe destacar el trabajo de Arque (2009), que se centra en analizar el impacto de los subsidios a la I+D en presencia de persistencia en la actividad innovadora. Trabajos recientes sugieren que las actividades innovadoras exhiben lo que se ha dado en llamar “verdadera dependencia del estado” (true state dependence), es decir, que el hecho de innovar en un periodo tiene un efecto causal positivo en la probabilidad de innovar en los periodos siguientes (Raymond et al., 2006, Peters, 2009). Para Arque (2009) ello implica que los subsidios encaminados a inducir a las empresas a hacer I+D podrían ser particularmente efectivos, dado que un mero cambio en el estatus de la empresa

supondría un estímulo para realizar actividades innovadoras en los periodos siguientes. Esta idea se desarrolla formalmente mediante la modelización de la decisión de realizar I+D en un contexto dinámico en el que cabe esperar cierto apoyo público. El análisis empírico se implementa mediante la estimación de diversos modelos de datos de panel dinámicos discretos y lineales utilizando un panel de empresas manufactureras españolas para el periodo 1990-2002. Los resultados muestran que existe verdadera dependencia del estado y que el 9,16% de las empresas de la muestra pueden ser inducidas permanentemente a realizar actividades de I+D mediante subsidios puntuales.

III. MODELO EMPÍRICO Y FUENTES DE DATOS

La mayoría de los estudios descritos en la sección anterior coincide en tener en cuenta para el análisis de impacto tanto el problema de selección como el de la endogeneidad de la financiación pública. David, Hall y Toole (2000), Klette, Moen y Griliches (2000) y, más recientemente, Aerts, Czarnitzki y Fier (2006) realizan una revisión de los principales trabajos empíricos realizados para evaluar el impacto de las subvenciones públicas sobre el gasto en I+D empresarial, así como un análisis de los diferentes métodos empleados para eliminar los problemas derivados de esta estimación. Entre las alternativas más utilizadas está el modelo de selección de Heckman (1978), que es la que vamos a seguir en este trabajo. Esta metodología implica estimar una ecuación para los determinantes de la participación (la denominada ecuación de selección) y permite resolver el problema de selección en presencia de inobservables, es decir, cuando existen características idiosincrásicas de las empresas que no pueden ser observadas por el analista, pero que están correlacionadas con su participación en el sistema de ayudas⁴. Al igual que las subvenciones, los créditos blandos o préstamos preferenciales (con un tipo de interés inferior al de mercado entre otras condiciones favorables), no tienen un carácter horizontal, sino que se destinan a aquellos proyectos que a juicio de la agencia encargada de su concesión, son mejores teniendo en cuenta cuestiones científico-tecnológicas o criterios de bienestar social.

Formalmente, el modelo consta de dos ecuaciones. La primera se refiere a la participación en el sistema de créditos blandos del CDTI. La segunda ecuación describe la decisión de la empresa de invertir en I+D, financiando el gasto con fondos propios. Los detalles técnicos del modelo y de su estimación se presentan en el Anexo 1.

A continuación se describe la muestra de empresas que servirá de base para el análisis econométrico y las variables que se introducirán como determinantes en las dos ecuaciones mencionadas. La selección de las variables explicativas a incluir en cada una de las ecuaciones viene

⁴ De no controlar la existencia de estas características inobservables, la estimación del impacto de la ayuda sería inconsistente. Otras alternativas metodológicas, como por ejemplo el estimador "matching", parten de suponer que todos los inobservables relevantes están adecuadamente recogidos por las variables observables que el econométra tiene a su disposición (Heckman, Urzua y Vytlacil, 2006).

guiada por la evidencia empírica previa referida a otros programas de ayudas que se ha descrito en la sección anterior y por la información existente en la base de datos disponible para el análisis.

La base de datos

En el trabajo han sido utilizados datos procedentes de tres fuentes estadísticas para el periodo comprendido entre los años 2002 y 2005: la base de datos del CDTI, la Encuesta de Innovación Tecnológica (EIT) del INE y el Panel de Innovación Tecnológica (PITEC) construido por el INE a partir de la EIT bajo el patrocinio de FECYT y Cotec. El CDTI lleva a cabo el mantenimiento y gestión de la información relativa a la participación de las empresas españolas en sus programas de financiación. En particular, durante el periodo analizado financió mediante sistemas de créditos de bajo interés los siguientes tipos de proyectos: Proyectos de Desarrollo Tecnológico (PDT), Proyectos de Innovación Tecnológica (PIT), Proyectos de Investigación Industrial Concertada (PIIC), Proyectos Neotec de apoyo a nuevas empresas de base tecnológica y Proyectos de Promoción Tecnológica (PPT). En el Cuadro 1 se muestran el número de proyectos por tipología y año

Cuadro 1:
Número de proyectos financiados por tipología y año

	2002	2003	2004	2005	Total
Desarrollo Tecnológico	189	240	271	273	973
Innovación Tecnológica	12	9	52	69	142
Investigación Industrial Concertada	37	33	61	51	182
Neotec	16	18	21	26	81
Promoción Tecnológica	21	14	15	19	69
Total	275	314	420	438	1.447

Esta información ha sido integrada con la procedente de la Encuesta de Innovación Tecnológica del INE entre 2002 y 2005. Adicionalmente, el INE nos ha proporcionado una muestra de control de empresas no participantes en las ayudas. La información proporcionada por el INE ha

sido sometida a un proceso de “anonimización” de una serie de variables, de manera que las empresas de la muestra de control no puedan ser identificadas. Este proceso introduce dos modificaciones fundamentales: a) reemplaza las observaciones individuales de 6 variables cuantitativas (Cifra de negocios, Exportaciones, Inversión Bruta en bienes materiales, Número de empleados, Gastos totales en innovación y Personal total en I+D) por datos generados mediante un proceso de disimulación de los valores originales; y b) reemplaza las observaciones individuales del resto de variables cuantitativas por porcentajes referidos al valor agregado (por ejemplo, la cifra de Gastos internos en I+D se reemplaza por el porcentaje que los gastos de I+D representan como proporción de los gastos totales en innovación). Finalmente, se ha utilizado la información disponible en el PITEC para la construcción de indicadores sobre las valoraciones que asignan las empresas a determinados elementos que pueden dificultar sus actividades de innovación⁵. Debido al proceso de anonimización de la muestra de control, la información del PITEC sólo ha podido ser empleada para la elaboración de indicadores sectoriales, que han sido asignados a cada empresa a través de su código de actividad.

Tras la fusión de las bases de datos, la muestra analizada está formada por 5.689 observaciones, 2.429 empresas y 499 proyectos aprobados, que representan el 8,7% de la muestra. Por razones de homogeneidad, se han seleccionado para el análisis posterior únicamente los proyectos correspondientes a las tipologías PIT, PDT y PIIC⁶.

Las variables

La selección de variables para el análisis se ha apoyado en la revisión de la literatura y ha venido condicionada por la disponibilidad de información en las bases de datos.

⁵ El PITEC se inició en 2003 a partir de dos conjuntos de empresas: una muestra compuesta por las empresas de 200 ó más trabajadores, cuya representatividad se evaluó, con el DIRCE, en un 73% del total, y otra por empresas con gasto en I+D interna. En el año 2004 se incluyó también una muestra de las empresas con menos de 200 trabajadores que tienen gastos por compra de servicios de I+D pero que no realizan I+D interna y una submuestra representativa de empresas con menos de 200 trabajadores sin gastos en innovación. Véase información más detallada sobre esta base de datos en la dirección <http://sise.fecyt.es/sise-public-web/mostrarCarpetaEstudiosInformes.do>.

⁶ No obstante, en el Anexo 4 se ofrecen estimaciones complementarias de las ecuaciones planteadas, que incorporan también en la muestra las solicitudes correspondientes a los Proyectos de Promoción Tecnológica y los Neotec.

Por lo que se refiere a la participación en sistemas de ayudas públicas, la literatura empírica sobre impacto de la I+D destaca una serie de características de la empresa que pueden estimular la solicitud de ayudas y/o la selección de proyectos por parte de las agencias gubernamentales (Blanes y Busom, 2004, González et al., 2005, Heijs, 2005, Czarnitzki y Licht, 2005, Clausen, 2007, Takalo et al., 2008).

En primer lugar, es habitual el uso de indicadores del perfil tecnológico e investigador de la empresa, bajo la hipótesis de que la solicitud de ayudas será más probable cuanto mayor sea su propensión a realizar proyectos de I+D. Dada la información disponible en nuestra base de datos, para captar este efecto utilizamos por una parte la inversión en I+D interna por empleado realizada por la empresa y, por otra, un indicador que refleja si la empresa mantiene acuerdos de cooperación tecnológica⁷, que puede ser una estrategia complementaria al gasto en I+D interna (Cassiman y Veugelers, 2002). Adicionalmente se ha considerado el hecho de que la empresa haya solicitado patentes que, si bien constituye una medida de output tecnológico, refleja indirectamente la actividad innovadora de la empresa. Por otra parte, si el objetivo de la agencia pública fuese el estímulo de los “campeones nacionales”, tenderá a financiar aquellos proyectos de I+D que tengan una mayor probabilidad de éxito tecnológico y comercial, y el hecho de haber solicitado patentes puede ser una señal en favor de dicha probabilidad. Como puede observarse en el Cuadro 2, en nuestra muestra todos estos indicadores toman valores medios superiores en el grupo de participantes respecto a los que no obtuvieron financiación del CDTI.

También suelen considerarse variables que reflejen la situación financiera de la empresa, en particular si está sometida a restricciones financieras. Como es bien sabido, las actividades de I+D suelen implicar un grado elevado de riesgo técnico y comercial. No hay certeza de lograr los objetivos tecnológicos, e incluso si el proyecto se finaliza con éxito, no es seguro que los resultados puedan convertirse en beneficios económicos debido a la falta de demanda o por la reacción de los competidores en términos de nuevas invenciones. Por tanto, aquellas empresas con una buena situación financiera estarían en mejor situación para acometer grandes inversiones en actividades de I+D. En este sentido, Hall et al. (1999) encuentran para EEUU que la I+D en los

⁷ Ambas variables se introducen con un desfase para evitar la simultaneidad.

sectores de alta tecnología es sensible al cash flow durante el periodo 1978–1989, mientras que los resultados no son tan claros en Francia y Japón. Por su parte, Bond et al. (2003) señalan que, en el caso de las empresas británicas, el cash flow tiene un impacto sobre la decisión de realizar actividades de I+D más que sobre las cuantías de gasto en sí mismas. No obstante, la ayuda financiera recibida por los participantes en el sistema público de créditos podría implicar un incentivo significativo para las empresas con restricciones financieras, incrementando su probabilidad de llevar a cabo actividades tecnológicas y, por tanto, de solicitar dichos créditos.

Por otra parte, la existencia de dificultades de financiación puede ser también un elemento importante a tener en cuenta por las agencias que conceden las ayudas. Como es bien sabido, la existencia de fallos de mercado es la justificación fundamental para la intervención pública en los mercados de I+D. Estos fallos de mercado pueden relacionarse con la apropiabilidad incompleta de los rendimientos de la I+D debido a las externalidades de conocimiento, dado el carácter de bien público de éste, pero también a la existencia de una brecha entre la tasa de rendimiento privada y el coste del capital cuando el inversor y el financiador de la innovación son entidades diferentes. Hall (2002) señala que este tipo de fallos de mercado afectan especialmente a empresas pequeñas restringidas financieramente y a start-ups en industrias intensivas en tecnología. Si esto es así, esperaríamos un efecto negativo del grado de liquidez, el tamaño empresarial y la edad sobre la probabilidad de concesión de la ayuda. Por todo ello, el efecto esperado de las restricciones financieras sobre la solicitud de ayudas es ambiguo.

En nuestra base de datos no disponemos de información individual acerca de las condiciones financieras de las empresas. Sin embargo, a partir de la información del PITEC hemos construido un indicador sectorial del grado de importancia que las empresas asignan en el año a la falta de fondos dentro de la empresa o grupo, la falta de financiación externa a la empresa o los elevados costes de innovación como factores que dificultan sus actividades de innovación. Se calcula como media simple en cada sector 2-dígitos CNAE de los valores asignados por cada empresa del PITEC en ese año y sector (entre 1=no relevante y 4=alta). Como puede verse en el Cuadro 2, el indicador de dificultades de financiación es algo mayor en el grupo de empresas participantes.

Adicionalmente, se han considerado otros dos indicadores sectoriales relacionados con las dificultades de las empresas para la realización de actividades de innovación. La primera hace referencia a lo complicado que puede resultar el conseguir el equipo y el conocimiento adecuado para llevar adelante el proyecto. La segunda trata de reflejar las dificultades que se perciben para que los resultados del proyecto puedan llegar al mercado y tener éxito en el mismo. También en este caso los valores de ambos indicadores son superiores entre los participantes, aunque las diferencias con los no participantes son muy reducidas.

Cuadro 2:
Estadísticos descriptivos

	No participantes		Participantes	
Capital extranjero (%)	17,3	(37,9)	16,0	(36,7)
Cooperación tecnológica (%)	38,4	(48,7)	67,5	(46,9)
Dificultades para la innovación				
Dificultades de financiación	1,43	(0,28)	1,61	(0,17)
Dificultades de conocimiento	1,07	(0,18)	1,18	(0,13)
Dificultades de mercado	1,10	(0,12)	1,16	(0,08)
Empleo (nº empleados)	416,6	(1.175,6)	293,76	(801,3)
Experiencia en financiación por el CDTI (%)	17,1	(37,6)	73,7	(44,1)
Experiencia en financiación por otros organismos (%)	26,9	(44,3)	48,3	(50,0)
Exportaciones (logs.) (t-1)	7,1	(7,5)	11,9	(6,8)
Gasto interno en I+D por empleado (logs.) (t-1)	3,6	(4,0)	6,7	(3,3)
Inversión en I+D con fondos propios (%)	44,0	(49,7)	83,6	(37,1)
Nueva creación (%)	3,2	(17,7)	4,0	(19,6)
Solicitud de patentes (%)	21,9	(41,4)	43,3	(49,6)
Pertenencia a un grupo (%)	41,8	(49,3)	50,3	(50,1)

Nota: Medias de las variables en las muestras indicadas. (%) indica que se muestra el porcentaje de casos en los que las empresas presentan ese rasgo. Desviaciones estándar entre paréntesis. Las variables relativas a las dificultades para la innovación reflejan la percepción de la empresa, pudiendo tomar valores de 1 a 4.

Con relación a la dimensión sectorial, nótese que otro posible objetivo de las agencias puede ser la actualización tecnológica de empresas en sectores en declive o industrias tradicionales (Blanes y Busom, 2004), para incrementar su probabilidad de supervivencia y evitar pérdidas de empleo. Las empresas en las industrias tradicionales tienden a ser de mayor edad y tamaño y, en el caso español, se concentran básicamente en los sectores de manufacturas. En este caso, se esperaría que las empresas en estas industrias tuvieran una mayor probabilidad de ser financiadas.

En general, el tamaño de la empresa es una característica presente en la mayoría de los trabajos sobre impacto de las ayudas públicas, aunque su efecto esperado sobre la participación no está claro: las empresas grandes suelen disponer de mayores recursos para acometer proyectos de I+D y para preparar las solicitudes de ayuda pública, pero las pequeñas y medianas empresas (PYME) tienden a estar más afectadas por los fallos de mercado asociados a las inversiones tecnológicas, por lo que podrían beneficiarse más del apoyo público. Los estadísticos del Cuadro 2 señalan que tanto los participantes como los no participantes en el sistema de créditos del CDTI son, en media, grandes empresas, aunque los participantes muestran un menor tamaño, lo que sería consistente con la hipótesis de que las PYME tienen una mayor probabilidad de recibir un crédito.

El efecto esperado de la edad de la empresa también es ambiguo. Las empresas más antiguas (con mayor experiencia) son más proclives a conocer y usar las ayudas públicas. Además, suelen tener mejores alternativas financieras, dado que los inversores externos pueden confiar más en su trayectoria que en la de las empresas de reciente creación (Czarnitzki y Licht, 2005). Sin embargo, como se ha comentado con anterioridad, las empresas jóvenes tienden a estar más restringidas financieramente, por lo que podrían solicitar y recibir ayudas públicas con mayor frecuencia. Aunque la información disponible en la base de datos no incluye el año de constitución de la empresa, sí nos permite conocer si ésta ha sido creada en los tres últimos años. En el Cuadro 2 podemos ver que el porcentaje de nuevas empresas es algo mayor entre los participantes que entre los no participantes, aunque en ninguno de los casos supera el 4%.

Otro aspecto a tener en cuenta es la posición competitiva de la empresa en el mercado de referencia, y que puede reflejarse, por ejemplo, en su cuota de mercado, la evolución de las ventas o la actividad exportadora. La pregunta a responder en este caso sería si cabe esperar que las empresas con mayor poder de mercado participen más en los programas de ayudas públicas. Por lo que se refiere a la competencia internacional, tiende a suponerse que los exportadores participarán más por al menos dos razones. Por una parte, su posición en los mercados internacionales puede ser una señal de su capacidad para transformar las actividades de innovación en productos exitosos (Czarnitzki y Licht, 2005). Por otra, podrían tener menores costes para preparar las solici-

tudes debido a la mayor experiencia en el trato con la burocracia gubernamental respecto a los no exportadores (Takalo et al., 2008). En nuestra muestra, la presencia de empresas con actividad exterior es sustancialmente mayor entre los participantes.

El efecto del aprendizaje es otro aspecto recogido en varios estudios mediante indicadores de la participación previa de la empresa en el mismo programa de ayuda o programas similares. La gestión de la información sobre las diferentes alternativas de apoyo público y sobre la preparación de la solicitud conllevan un alto grado de formalización administrativa y tareas operativas que las empresas experimentadas pueden haber incorporado en sus rutinas (por ejemplo, mediante la contratación de personal experto o llevando a cabo un seguimiento sistemático de las ayudas). En general, suele suponerse que la experiencia previa en el sistema público reduce los costes de solicitud. En su evaluación del impacto de las subvenciones a la I+D en Finlandia, Takalo et al. (2008) encuentran que el número de solicitudes pasadas tiene un efecto no lineal, primero decreciente y luego creciente, sobre los costes de solicitud, sugiriendo que se está produciendo “learning by doing”.

Para captar el impacto de la experiencia previa en el sistema de ayudas públicas a la I+D+i, en este trabajo utilizamos dos medidas. Ambas son variables dicotómicas que toman valor 1 cuando la empresa en el año anterior: 1) recibió un crédito del CDTI; 2) recibió financiación de otros organismos. Como puede verse en el Cuadro 2, la proporción de empresas en la muestra con experiencia en el sistema del CDTI es claramente mayor en los participantes (73,7) que entre los no participantes (17,1). También las empresas que obtuvieron financiación de otros organismos son más frecuentes entre los primeros, si bien las diferencias no son tan significativas.

Por último, en el análisis se consideran otras variables adicionales de control: la inclusión de las variables ficticias temporales permite considerar el efecto de cambios en el ciclo económico o en el presupuesto anual del CDTI. Como indicador de la facilidad de acceso a los mercados externos de capital, y posiblemente de un mejor conocimiento del sistema de ayudas públicas a la I+D, incorporamos en el modelo una variable binaria que representa la presencia de capital extranjero entre el accionariado. Por la misma razón se incluye un indicador de la pertenencia a un grupo de empresas.

Por lo que se refiere a la ecuación de inversión en I+D, los trabajos teóricos (Arvanitis y Hollenstein, 1994, Klepper, 1996,...) sugieren incluir como determinantes de esta decisión variables relacionadas básicamente con el entorno tecnológico, las condiciones del mercado, las restricciones financieras, la capacidad para apropiarse de los beneficios de las inversiones tecnológicas, y el tamaño (para captar la existencia de economías de escala en I+D). En este caso, la variable a explicar es una variable dicotómica que indica si la empresa durante el año decidió invertir una cantidad positiva en I+D interna financiándolo con fondos propios. Se deja para trabajos posteriores el análisis de impacto sobre la cuantía de dicho gasto⁸.

Como en la ecuación de participación, junto a las variables de control habituales (conjuntos de variables ficticias de tamaño, sector de alta tecnología, año, titularidad de la empresa, pertenencia a un grupo y capital extranjero), en esta ecuación se introduce el indicador de nueva creación, que trata de captar diferencias en el comportamiento inversor de las empresas de acuerdo a su tiempo de permanencia en el mercado. En este sentido, la evidencia sugiere que las empresas entrantes suelen encontrarse entre las más innovadoras y que la probabilidad de supervivencia y la tasa de crecimiento posterior a la entrada depende especialmente de su comportamiento innovador (Audretsch, 1995, Huergo y Jaumandreu, 2004).

Con el objetivo de representar las características del entorno, también se incluye en la especificación una variable que refleja si la empresa era exportadora al comienzo del año, ya que las empresas que operan en mercados competitivos internacionales tienen un mayor incentivo a innovar y, por tanto, a invertir en I+D.

Dado el objetivo último de este trabajo, se presta especial atención en este caso a la participación de la empresa en el sistema de créditos del CDTI, bajo la hipótesis de que, como mecanismo que permite reducir las restricciones financieras de la empresa, incrementa las posibilidades de llevar a cabo sus proyectos de I+D. Como puede observarse en el Cuadro 2, tanto en el año corriente como en el previo, la proporción

⁸ Recuérdese que en este caso la ayuda pública no constituye una subvención directa, sino un crédito. Para estudiar el impacto sobre la cuantía es preciso previamente calcular la subvención equivalente que se derivaría del ahorro de intereses asociado al crédito del CDTI. Por otra parte, el sistema de créditos no sólo lleva implícita la devolución del principal, sino una co-financiación del proyecto por parte de la empresa (aunque no obligatoriamente con fondos propios).

de empresas con inversión en I+D financiados con fondos propios es casi el doble entre los participantes respecto a los no-participantes. En el modelo a estimar, la variable de participación se introduce bajo dos formas alternativas: en términos de la participación observada en el periodo y obtenida como predicción a partir del modelo estimado en la primera etapa. Esta segunda alternativa permite tener en cuenta que las mismas características de las empresas españolas pueden estar influyendo tanto sobre la participación en este sistema de créditos como en su comportamiento inversor.

Un problema añadido cuando la variable a explicar es la decisión de gasto en I+D es que las actividades de I+D+i suelen ser persistentes (Geroski et al., 1997). Es decir, llevar a cabo gastos en I+D en un periodo suele incrementar la probabilidad de llevarlos a cabo también en el siguiente. En esta situación, si no se tiene en cuenta la existencia de persistencia, de nuevo se podría estar estimando con error el impacto de las ayudas. Tal como se ha señalado con anterioridad, en presencia de este fenómeno los subsidios a las actividades de I+D podrían ser particularmente efectivos. Si mediante el subsidio se induce a la empresa a cambiar de estatus (pasando de no realizar esas actividades a realizarlas), ello supondría un estímulo para llevar a cabo actividades innovadoras también en los periodos siguientes (Arque, 2009).

En el caso de las actividades de I+D+i esta persistencia puede deberse a varios motivos. Por un lado, podría surgir por la existencia de costes irre recuperables para el inicio de las actividades (Manez-Castillejo et al., 2009), o el proceso de aprendizaje en las mismas. En este caso, diríamos que la persistencia se asocia a una “verdadera” dependencia del estado. La realización de gasto en un periodo “causa” una mayor probabilidad de gasto en el siguiente. Por otro lado, la persistencia podría deberse a heterogeneidad entre empresas, observable o inobservable. Las empresas podrían tener ciertas características (tamaño, actividad, oportunidades tecnológicas, actitud frente al riesgo...) que las hacen más susceptibles de incurrir en gasto. Si estas características son persistentes en el tiempo, inducirán a que la decisión de gasto también lo sea. Si las características son observables para el econométra, pueden introducirse como variables de control en las estimaciones. Sin embargo, si son inobservables (como podría ocurrir, por ejemplo, con la actitud frente al riesgo o la capacidad empresarial), su omisión podría sesgar los resultados. En esta situación diríamos que la dependencia del estado es “espuria”.

Para corregir el problema ocasionado por la existencia de persistencia, en este trabajo seguimos la propuesta de Wooldridge (2005). En este caso, en la ecuación de decisión de gasto en I+D se introducirían como variables explicativas la decisión de gasto en el año anterior, algunas características observables y características inobservables específicas de empresas que se suponen constantes en el tiempo⁹. Siguiendo esta metodología, la obtención de un coeficiente estadísticamente positivo para la variable de decisión de gasto en el año previo confirmaría la hipótesis de persistencia debida a verdadera dependencia del estado. Adicionalmente, el parámetro correspondiente a la participación en el sistema de créditos recogería ahora el impacto de la ayuda pública, una vez descontado el efecto de la persistencia.

En el Anexo 2 se encuentra una descripción más detallada de la definición de las variables.

⁹ La modelización detallada de estas características inobservables se recoge en el Anexo 1. Esta metodología ya ha sido empleada en estudios sobre empresas innovadoras (Peters, 2009).

IV. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de la estimación del modelo en términos de las dos decisiones mencionadas. Los cuadros resumen los resultados de las estimaciones de las decisiones, mostrando los efectos marginales de las variables consideradas como determinantes. Por simplicidad, sólo se muestran los efectos cuando éstos son estadísticamente distintos de cero. Los resultados detallados se encuentran en el Anexo 3.

Cabe señalar que la mayoría de las variables explicativas son dicotómicas, tomando valor 1 cuando el factor (o característica) está presente en la empresa y 0 en caso contrario. Por tanto, el efecto marginal indica la variación (expresada en puntos porcentuales) en la probabilidad de participar en el sistema de créditos (o, en su caso, de invertir en I+D) cuando se pasa de no tener ese rasgo a tenerlo.

El Cuadro 3 muestra los resultados de la estimación de la ecuación de participación para el total de empresas, así como para las submuestras de PYME (más de 10 y menos de 200 trabajadores), empresas grandes (más de 200 trabajadores), manufacturas y servicios¹⁰. El primer hecho que cabe destacar es el efecto positivo de un mayor perfil tecnológico sobre la probabilidad de participar. Tanto el gasto en I+D como el mantener acuerdos de colaboración tecnológica el año anterior tienen un impacto estadísticamente significativo en la muestra total de empresas. Por tramos de tamaño, el efecto del gasto interno es positivo sólo en el caso de las empresas grandes, lo que sugiere que estas empresas están en una posición más ventajosa para acometer los proyectos de I+D que requieren fuertes inversiones. Por el contrario, la cooperación tecnológica afecta a la propensión a participar de las PYME, pero no de las empresas de mayor tamaño. Ello es coherente con la idea de que estas empresas encuentran en los acuerdos con otros agentes recursos adicionales (financieros, informacionales, humanos...) que les capacitan para emprender aquellos proyectos que quizás no podrían afrontar únicamente con sus propios medios. En particular, para las PYME, el haber llevado a cabo este tipo de acuerdos en el año anterior incrementa su probabilidad de obtener la ayuda en torno a 2 puntos porcentuales.

¹⁰ En la muestra total también se incluyen microempresas (que no pertenecen ni al grupo de PYME ni al de grandes) y empresas pertenecientes a ramas no incluidas entre las manufacturas y la selección de servicios empleada (agricultura, construcción, servicios públicos, etc.).

Cuadro 3:
Efectos sobre la participación de la empresa

	Efecto (en %) sobre la probabilidad de participar				
	Todas las empresas	PYME	Empresas grandes	Manufacturas	Servicios
Gasto interno I+D por empleado (t-1)	0,2 ***	-	0,3 ***	0,4 **	0,1 *
Cooperación (t-1)	1,1 **	1,9 *	-	2,0 *	-
Solicitud de patentes	-	-	-	-	-
Dificultades para la innovación					
Dificultades de financiación	5,6 **	12,2 **	-	15,0 **	-
Dificultades de conocimiento	-	-	8,1 ***	-	-
Dificultades de mercado	-6,8 *	-	-	-	-
Rama de actividad de la empresa					
Manufacturas de media-alta tecnología	1,8 ***	4,4 ***	-	3,0 **	-
Servicios de alta tecnología	-	-	-	-	-
Tamaño de la empresa (log nº de empleados)	3,8 ***	17,1 ***	-	6,1 ***	1,1 **
Cuadrado del tamaño de la empresa	-0,3 ***	-1,8 **	-	-0,5 **	-0,1 **
Nueva creación	-	-	-	-	-
Exportaciones (logs.) (t-1)	0,1 ***	0,2 **	-	0,2 **	-
Experiencia en financiación por el CDTI	12,8 ***	12,3 ***	13,5 ***	17,5 ***	8,9 ***
Experiencia en financiación por otros organismos	2,0 ***	3,3 ***	-	3,5 ***	1,0 *
Año 2004	1,8 ***	-	1,9 ***	3,9 **	-
Año 2005	2,4 ***	2,1 *	2,6 ***	6,4 ***	-
Capital extranjero	-	-	-	-2,7 **	-
Pertenencia a un grupo	-	-	-	-	-
Número de observaciones	5.689	2.739	2.511	3.017	2.253

"-" indica que se ha incluido la variable pero el efecto marginal no es estadísticamente distinto de cero. Coeficientes significativos al: 1%***, 5%***, 10%*. Sólo se presentan los efectos de aquellas variables que son significativas en alguna de las ecuaciones. Los resultados detallados se muestran en los Cuadros A.2, A.3 y A.4 del Anexo 3.

Con relación a las dificultades de financiación, el indicador sectorial empleado hace referencia tanto a la falta de fondos internos como externos a la empresa, así como a la presencia de unos costes de innovación elevados. El impacto fuertemente positivo de este indicador sobre la probabilidad de participación puede explicarse por dos factores: por una parte, las empresas afectadas por problemas financieros tratan de solventarlos solicitando en mayor medida ayudas públicas; por otra, el CDTI cumple una importante función financiando a aquellas empresas que pertenecen a sectores afectados por los fallos de mercado que impiden que el volumen de inversiones en I+D+i alcance el óptimo social, que

son precisamente aquellos sectores que sufren mayores restricciones financieras. Como muestran los resultados, este efecto parece ser especialmente relevante para las PYME y empresas manufactureras.

El segundo indicador sectorial relacionado con los obstáculos para la innovación es el que representa las dificultades de conocimiento sectoriales, que se refieren al grado de dificultad para la realización de I+D+i, expresado por las empresas del sector, derivado de la falta de personal cualificado y de información sobre tecnología. Como puede observarse, el efecto de esta variable sólo es estadísticamente distinto de cero en la submuestra de empresas grandes, lo que indicaría que para este grupo de empresas las dificultades de conocimiento son un mayor incentivo a participar que las de financiación.

Por el contrario, las dificultades sectoriales relacionadas con el mercado afectan negativamente al conjunto de empresas. Este resultado parece indicar que en general las empresas en sectores donde falta información sobre los mercados, las empresas establecidas tienen una posición dominante, no se demandan innovaciones o la demanda de bienes y servicios innovadores es incierta, tienen una menor probabilidad de obtener un crédito preferencial. Probablemente, ello se deba a un menor incentivo a realizar proyectos de I+D+i en estos sectores, que hace menos necesario solicitar ayuda pública para los mismos.

Otro resultado interesante que se deduce de la observación del Cuadro 3 es la existencia de un efecto no lineal del tamaño: cuanto mayores son las empresas, más posibilidades tienen de participar en las ayudas del CDTI; sin embargo, a medida que se trata de empresas más grandes, el incremento de tamaño afecta marginalmente menos a la probabilidad de obtener los créditos blandos. Este efecto viene a confirmar la existencia de costes de entrada en la solicitud de las ayudas públicas en el caso de la I+D. La cumplimentación de los trámites que exige la presentación de una propuesta al CDTI tiene un coste en términos de tiempo, búsqueda de información, etc., por lo que las empresas de mayor tamaño presentan una probabilidad más elevada de participación, sin embargo, a medida que se alcanza una cierta masa crítica de recursos el efecto del tamaño se hace más leve. En consecuencia, al separar la muestra entre empresas pequeñas y grandes, el efecto sólo se mantiene en el caso de las PYME, mientras que deja de ser significativo para las empresas de más de 200 trabajadores. Por el contrario,

este resultado se mantiene tanto para la submuestra de manufacturas como para la de servicios.

Mención aparte merece el indicador de nueva creación, que parece no tener efecto en ninguna de las muestras analizadas. Como ya se expuso con anterioridad, el efecto esperado de esta variable es ambiguo, pues si bien las empresas con mayor experiencia son más proclives a conocer este tipo de ayudas, las más jóvenes suelen estar más restringidas financieramente, por lo que tendrían más incentivos a solicitar la ayuda pública. En ese sentido, cabe señalar que en este análisis no se incluyen las empresas financiadas mediante el programa Neotec del CDTI, que específicamente está diseñado para facilitar la financiación de los proyectos de las nuevas empresas de base tecnológica.

La posición competitiva de la empresa en los mercados de exportación también es un elemento relevante para la participación en el sistema de créditos del CDTI. En concreto, un mayor volumen de exportaciones incrementa la probabilidad de recibir un crédito, especialmente en el caso de las PYME y las empresas de manufacturas. Por el contrario, el carácter exportador no parece ser importante en el caso de las empresas grandes y de servicios. En este sentido, cabe señalar que para las empresas grandes españolas el hecho de ser exportadora no es un elemento diferenciador, mientras que para las PYME este hecho se ve influenciado por las características individuales de la empresa de un modo más evidente. En el caso de las empresas de servicios, la distribución entre empresas que exportan y que no lo hacen es claramente favorable a estas últimas, que representan aproximadamente el 75% de las observaciones.

El efecto de la experiencia previa en los programas de ayudas públicas, tanto del CDTI como de otros organismos, es muy claro en todas las estimaciones. Como era de esperar, la experiencia en financiación por el CDTI incrementa sustancialmente la probabilidad de volver a recibir un préstamo de la institución. El efecto es de 12,8 puntos porcentuales en el conjunto de empresas y alcanza su máximo valor en el caso de las manufacturas (17,5 puntos). La experiencia en financiación por otras instituciones también incrementa la probabilidad de recibir un crédito del CDTI, aunque lo hace en menor medida (2 puntos porcentuales). Como es lógico, la reducción esperable en los costes de solicitud asociada al aprendizaje es mayor cuando se trata del mismo sistema de ayudas.

Finalmente, por lo que se refiere a las variables de control, las variables ficticias temporales reflejan el incremento producido en la probabilidad de participación en los créditos blandos del CDTI a partir del año 2004, lo que se debe al espectacular crecimiento que ha experimentado este centro desde entonces. Dicho incremento de fondos parece haber favorecido relativamente más a las empresas manufactureras, mientras que las de servicios no presentan una probabilidad de participación significativamente mayor en 2004 y 2005 que en 2003. Este último efecto puede constatarse por el hecho de que la pertenencia a sectores de manufacturas de alta tecnología incrementa la probabilidad de participación en 1,8 puntos porcentuales (4,4 puntos en el caso de las PYME). Por lo que respecta a la composición del capital de la empresa, la presencia de capital extranjero tiene un efecto negativo para las manufacturas, que desaparece cuando se dividen las empresas por tamaño. La pertenencia a un grupo, por su parte, no presenta un efecto significativamente distinto de cero en ninguno de los casos considerados.

Una vez completada la primera etapa, en una segunda etapa se procede a estimar la ecuación de decisión de inversión en I+D con fondos propios. Los Cuadros 4, 5 y 6 muestran las estimaciones para el total de la muestra y distinguiendo por tamaños y sectores, respectivamente. En cada cuadro, la columna (1) corresponde a la especificación donde se introduce como variable explicativa la participación observada en el sistema de créditos del CDTI, mientras que la columna (2) recoge los resultados correspondientes al modelo en el que alternativamente se incluye la predicción de la participación estimada a partir de los resultados de la primera etapa. La comparación entre los coeficientes de estas dos columnas permite establecer la relevancia del sesgo por selección y simultaneidad. Finalmente, la columna (3) ofrece los resultados correspondientes a la estimación de la ecuación que permite tener en cuenta la existencia de persistencia en la decisión de gasto de la empresa.

De la observación de las dos primeras columnas del Cuadro 4 se extraen dos conclusiones fundamentales: en primer lugar, que la obtención de un crédito blando del CDTI incrementa sustancialmente la probabilidad de llevar a cabo actividades de I+D utilizando fondos propios, tanto si se emplea como variable de participación la observada o la predicción del modelo cuya estimación se mostraba anteriormente; en segundo lugar, la estimación utilizando la especificación (1) da lugar a un sesgo negativo, que es corregido cuando se lleva a cabo la estimación en dos etapas. Es

decir, cuando no se tiene en cuenta el problema de la selección, se infraestima el impacto de la participación en el sistema de créditos.

Cuadro 4:
Efectos sobre la decisión de gasto en I+D

	Efecto (en %)		
	(1)	(2)	(3)
Participación observada	43,1 ***		
Participación predicha		78,9 ***	24,9 ***
Decisión de gasto en I+D en t-1			53,2 ***
Año 2004	-14,5 ***	-25,8 ***	-7,3 ***
Año 2005	-22,3 ***	-39,8 ***	-10,4 ***
Tamaño			
10-49 empleados	-20,4 ***	-49,2 ***	-22,0 ***
50-99 empleados	-15,6 *	-42,2 ***	-23,5 ***
100-199 empleados	-22,4 ***	-41,0 ***	-23,6 ***
200-499 empleados	-38,3 ***	-60,4 ***	-20,8 ***
> 500 empleados	-37,3 ***	-47,2 ***	-20,0 ***
Manufacturas de alta tecnología	65,2 ***	09,7 *	6,5 **
Servicios de alta tecnología	61,4 ***	34,8 ***	14,6 ***
Actividad exportadora (t-1)	57,3 ***	22,8 ***	7,6 ***
Nueva creación	37,4 ***	-	-
Capital extranjero	-26,8 ***	-	-
Pertenencia a un grupo	19,7 ***	7,7 *	4,1 *
Decisión de gasto en 2002			21,8 ***
Número de observaciones (empresas)	5.689 (2.429)		

"-" indica que se ha incluido la variable pero el efecto marginal no es estadísticamente distinto de cero. Coeficientes significativos al: 1%***, 5%***, 10%*. Sólo se presentan los efectos de aquellas variables que son significativas en alguna de las ecuaciones. Los resultados detallados se muestran en el Cuadro A.3 del Anexo IV.

Otro rasgo interesante que se deriva de la segunda columna del Cuadro 4 es el efecto de la presencia de la empresa en los mercados internacionales: las empresas que llevaron a cabo actividades exportadoras en el año anterior presentan una probabilidad 22,8 puntos porcentuales mayor de pasar a realizar gasto interno en I+D con cargo a fondos propios. Este resultado muestra la complementariedad que existe entre las estrategias de internacionalización y de inversión en I+D de las empresas.

Por otra parte, el hecho de que la empresa sea de reciente creación, que parece tener un impacto positivo en la estimación de la columna (1), pierde su significatividad cuando se tiene en cuenta el problema de la selección.

Cuadro 5:
Efectos sobre la decisión de gasto en I+D según el tamaño

	Efecto (en %)					
	PYME			Empresas grandes		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
Participación observada	34,1 ***			51,4 ***		
Participación predicha		74,6 ***	26,8 ***		61,5 ***	21,7 ***
Decisión de gasto en I+D en t-1			51,9 ***			48,3 ***
Año 2004	-20,2 ***	-27,0 ***	-5,7 *	-	-18,9 ***	-
Año 2005	-23,2 ***	-35,0 ***	-	-	-28,6 ***	-12,2 ***
Tamaño						
50-99 empleados	-	-25,4 ***	-			
100-199 empleados	-	-28,0 ***	-			
> 500 empleados				-	-	-
Manufacturas de media-alta tecnología	50,0 ***	4,4 *	2,0 *	82,9 ***	39,6 ***	16,8 ***
Servicios de alta tecnología	50,4 ***	43,0 ***	21,8 ***	49,7 **	-	-
Actividad exportadora (t-1)	55,0 ***	31,8 ***	10,9 ***	48,6 ***	-	-
Nueva creación	27,2 *	14,6 **	-	-	-	-
Capital extranjero	-	7,4 *	-	-22,2 ***	-9,1 *	-7,1 **
Pertenencia a un grupo	17,4 ***	-	-	14,5 ***	10,8 ***	7,3 **
Decisión de gasto en I+D en 2002			18,6 ***			31,7 ***
Número de observaciones (empresas)	2.739 (1.337)			2.511 (976)		

"-" indica que se ha incluido la variable pero el efecto marginal no es estadísticamente distinto de cero. Coeficientes significativos al: 1%***, 5%***, 10%*. Sólo se presentan los efectos de aquellas variables que son significativas en alguna de las ecuaciones. Los resultados detallados se muestran en los Cuadros A.6 y A.7 del Anexo 3.

Por lo que respecta a las estimaciones por tamaños (Cuadro 5), el sesgo de selección resulta negativo tanto para las PYME como para las empresas grandes, aunque es de mayor cuantía en las primeras: la participación en los créditos blandos del CDTI incrementa en 74,6 puntos porcentuales la probabilidad de gasto interno en I+D financiado con fondos propios para las PYME y en 61,5 puntos para las empresas grandes, frente a los 78,9 puntos que se obtenían para el total de la muestra¹¹.

¹¹ Nótese que en la muestra total también se incluyen las microempresas (con menos de 10 empleados).

De hecho, en términos de la participación observada, el efecto obtenido es más elevado en el caso de las empresas grandes, mientras que cuando se corrige el sesgo de selección la relación se invierte, reflejando un mayor impacto para las PYME. El Cuadro 9 muestra los resultados obtenidos a partir de la estimación del modelo cuya variable dependiente es la probabilidad de concesión de la ayuda solicitada. Dado el escaso número de empresas con observaciones consecutivas, la información ha sido tratada como un *pool*, formado por 1.797 solicitudes de financiación para proyectos de I+D+i (propuestas) recibidas durante el periodo 2002-2005.

Cuadro 6:
Efectos sobre la concesión de la ayuda

	Efecto (en %)					
	Manufacturas			Servicios		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
Participación observada	19,5 ***			40,9 ***		
Participación predicha		75,0 ***	29,5 ***		16,9 ***	9,6 ***
Decisión de gasto en I+D en t-1			49,2 ***			47,8 ***
Año 2004	-7,5 **	-23,0 ***	-5,9 *	-5,1 ***	-5,9 ***	-4,6 *
Año 2005	-12,1 ***	-41,4 ***	-11,8 ***	-9,4 ***	-8,8 ***	-4,7 *
Tamaño						
10-49 empleados	-16,0 *	-49,6 ***	-20,7 ***	-4,8 **	-12,9 ***	-9,7 ***
50-99 empleados	-	-68,6 ***	-24,3 ***	-	-6,4 ***	-
100-199 empleados	-	-53,5 ***	-14,7 *	-6,5 ***	-8,2 ***	-15,3 ***
200-499 empleados	-	-55,3 ***	-	-16,6 ***	-26,1 ***	-15,3 ***
> 500 empleados	-	-62,6 ***	-16,3 *	-10,8 ***	-16,5 ***	-11,8 ***
Manufacturas de media-alta tecnología	36,1 ***	12,0 **	6,5 **			
Servicios de alta tecnología				62,3 ***	21,1 ***	10,6 ***
Actividad exportadora (t-1)	47,3 ***	22,9 ***	8,7 **	16,9 ***	14,2 ***	5,0 **
Nueva creación	-	-	-	32,5 ***	-	-
Capital extranjero	-19,6 **	-	-	-7,3 ***	-5,2 **	-5,4 *
Pertenencia a un grupo	9,7 *	-	-	6,2 ***	5,8 ***	4,9 **
Decisión de gasto en I+D en 2002			26,5 ***			13,2 ***
Número de observaciones (empresas)	3.017 (1.273)			2.253 (1.002)		

"-" indica que se ha incluido la variable pero el efecto marginal no es estadísticamente distinto de cero. Coeficientes significativos al: 1%***, 5%***, 10%*. Sólo se presentan los efectos de aquellas variables que son significativas en alguna de las ecuaciones. Los resultados detallados se muestran en los Cuadros A.8 y A.9 del Anexo 3.

El sesgo de selección también es negativo en el caso de las empresas manufactureras (Cuadro 6). Si no se llevara a cabo la corrección se concluiría un menor efecto estímulo de los créditos del CDTI. La estimación en dos etapas muestra que las empresas manufactureras incrementan su probabilidad de gasto en I+D en 75 puntos porcentuales en caso de haber recibido la ayuda (muy por encima de los 19,5 que se inferirían utilizando la participación observada). Sin embargo, en el caso de las empresas de servicios el sesgo se produce en sentido contrario. Cuando no se tiene en cuenta la selección, se sobreestima el impacto de la ayuda, que se reduce a 16,9 puntos porcentuales al tener en cuenta este sesgo. Cabe señalar que el aparente mayor efecto obtenido en términos de la participación observada para los servicios en comparación con las manufacturas, se invierte al eliminar el sesgo de selección.

La columna (3) de los Cuadros 4, 5 y 6 corresponde a las estimaciones de la ecuación de decisión de gasto en I+D cuando se considera la posibilidad de persistencia en el mismo. Para ello, se introduce como variable explicativa el indicador de decisión de gasto en el año previo. Como puede observarse, en todas las estimaciones el coeficiente de esta variable es positivo, confirmando la existencia de dependencia verdadera del estado. En concreto, las empresas que invierten en un año tienen entorno a un 50% más de probabilidad de volver a hacerlo en el periodo siguiente. Además, el impacto del crédito se mantiene estadísticamente significativo, aunque es de menor cuantía en todos los casos. En el conjunto total de empresas, las empresas receptoras de créditos tienen 24,9 puntos porcentuales más de probabilidad de invertir en I+D con fondos propios. Cuando se distingue por el tamaño de la empresa, se observa un mayor efecto para las PYME (26,8) que para las empresas grandes (21,7). Por sectores de actividad, el impacto sigue siendo mayor para las manufacturas, mientras que en las empresas de servicios el efecto se reduce a 9,6 puntos porcentuales. Aunque los impactos contemporáneos de los créditos que se captan en presencia de persistencia sean de menor cuantía, su efecto sigue siendo muy relevante por su capacidad de inducir de forma continuada a las empresas a llevar a cabo actividades de I+D.

V. CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo es determinar el efecto que tiene sobre la decisión de gasto en I+D empresarial la participación española en el sistema de créditos del CDTI para proyectos de I+D. El análisis tiene en cuenta, por una parte, que la participación en este sistema de créditos depende probablemente de las mismas características de las empresas españolas que determinan su comportamiento inversor. Para ello, se procede a la estimación econométrica de dos ecuaciones. La primera describe la participación de las empresas españolas en el sistema de créditos blandos del CDTI. La segunda ecuación analiza los determinantes de la decisión de la empresa de invertir en I+D, financiando el gasto con fondos propios.

Adicionalmente, también se considera que esta decisión de gasto pueda estar sujeta a una cierta persistencia, es decir, que las empresas con gasto positivo en un año tengan una mayor probabilidad de seguir gastando en el siguiente. Ello podría deberse, por un lado, a la existencia de costes irrecuperables para el inicio de las actividades de I+D, o el proceso de aprendizaje en las mismas. En este caso, diríamos que la persistencia se asocia a una “verdadera” dependencia del estado. La realización de gasto en un periodo “causa” una mayor probabilidad de gasto en el siguiente. Por otro lado, la persistencia podría deberse a determinadas características de las empresas (tamaño, actividad, oportunidades tecnológicas, actitud frente al riesgo...) que las hacen más susceptibles de incurrir en gasto. Si estas características son persistentes en el tiempo, inducirán a que la decisión de gasto también lo sea. En esta situación diríamos que la dependencia del estado es “espuria”. Para corregir el problema ocasionado por la existencia de persistencia, en este trabajo seguimos la propuesta de Wooldridge (2005).

Para el análisis se han utilizado datos procedentes de tres fuentes estadísticas para el periodo comprendido entre los años 2002 y 2005: la base de datos del CDTI, la Encuesta de Innovación Tecnológica (EIT) del INE y el Panel de Innovación Tecnológica (PITEC) construido por el INE a partir de la EIT bajo el patrocinio de FECYT y Cotec. Tras la fusión de las bases de datos, la muestra analizada está formada por 5.689 observaciones, 2.429 empresas y 499 proyectos aprobados en las tipologías de Desarrollo Tecnológico, Innovación Tecnológica y de Investigación Industrial Concertada.

Teniendo en cuenta la estructura de panel de los datos y el carácter binario de las variables dependientes, la estimación de cada ecuación se lleva a cabo utilizando modelos probit de efectos aleatorios. Por lo que se refiere a la primera ecuación, el análisis muestra, en primer lugar, que un mayor perfil tecnológico de la empresa incrementa su probabilidad de participar en el sistema de créditos del CDTI. Otras variables que afectan positivamente a esta probabilidad son las dificultades sectoriales de financiación (bien sea por la falta de fondos internos y/o externos, o por unos costes de innovación elevados), la presencia de la empresa en los mercados de exportación y su experiencia previa en los programas de ayudas públicas, especialmente del CDTI. Las dificultades sectoriales relacionadas con la falta de información sobre los mercados, la existencia de empresas establecidas con posición dominante y la carencia o incertidumbre de la demanda de innovaciones reducen la propensión a participar, probablemente por ser sectores donde hay menores incentivos a realizar (y financiar) actividades de I+D. Por último, el tamaño de la empresa afecta de forma positiva, aunque decreciente, a la obtención de créditos, señalando la existencia de costes de entrada en la solicitud de ayudas públicas para la realización de proyectos de I+D.

Por lo que respecta a la decisión de inversión en I+D, las estimaciones realizadas muestran evidencia de un impacto positivo y significativo de los créditos del CDTI, confirmando la efectividad de este sistema de ayudas. Adicionalmente, se observa que, cuando no se tiene en cuenta el problema de la selección, se infraestima el impacto de la participación en el sistema de créditos. Una vez corregido este sesgo, se obtiene un efecto estímulo del crédito superior para las PYME que para las empresas grandes y mayor en el caso de las manufacturas que en los servicios.

Finalmente, los resultados de las estimaciones proporcionan evidencia de persistencia en la decisión de gasto en I+D, reflejando una dependencia verdadera del estado. En concreto, las empresas que invierten en un año tienen entorno a un 50% más de probabilidad de volver a hacerlo en el periodo siguiente. El impacto del crédito oscila entre los 20 y los 30 puntos porcentuales dependiendo de la muestra analizada, con la excepción de las empresas de servicios, donde se reduce a 9,6 puntos porcentuales. Este efecto es especialmente importante si se tiene en cuenta la existencia de persistencia en el gasto, sugiriendo que es posible inducir de forma continuada a las empresas a llevar a cabo actividades de I+D mediante la concesión de créditos puntuales.

ANEXO I: MODELO ECONOMÉTRICO

El modelo econométrico consta de dos ecuaciones. La primera describe la participación en el sistema de créditos blandos del CDTI de la empresa i ($i = 1, \dots, N$) en el año t ($t = 1, \dots, T$). La ecuación toma la forma:

$$y_{it} = \begin{cases} 1 & \text{si } y_{it}^* = x_{1it} \beta_1 + u_{it} > 0 \quad u_{it} \approx iid N(0, \sigma_u^2) \\ 0 & \text{resto de casos} \end{cases} \quad (1)$$

donde y_{it}^* es una variable dependiente latente, x_{1it} es el conjunto de variables explicativas, β_1 es el vector de coeficientes y u_{it} es el término de error. La empresa i participa en el sistema de créditos blandos del CDTI si y_{it}^* es positiva¹².

Con el objeto de medir el efecto estímulo del sistema de ayudas sobre la I+D privada, la segunda ecuación refleja la decisión de la empresa de destinar fondos propios a gasto en I+D. De nuevo, esta decisión se formaliza en términos de un modelo binario:

$$z_{it} = \begin{cases} 1 & \text{si } z_{it}^* = \alpha \hat{y}_{it} + x_{2it} \beta_2 + e_{it} > 0 \quad e_{it} \approx iid N(0, \sigma_e^2) \\ 0 & \text{resto de casos} \end{cases} \quad (2)$$

donde z_{it}^* es la variable latente, \hat{y}_{it} denota la participación en el sistema de créditos, α es el parámetro que reflejaría el impacto de la ayuda pública, x_{2it} representa otras variables de control (supuestamente exógenas o predeterminadas), y e_{it} es el término de error. La empresa i decide destinar fondos propios a gasto en I+D si z_{it}^* es positiva. Podemos interpretar esta variable latente como el beneficio neto esperado del proyecto de I+D.

¹² Una estimación más rigurosa de la probabilidad de participar debería tener en cuenta que ésta es el resultado de dos decisiones: la decisión de solicitar el crédito por parte de la empresa y la decisión de concederla por parte de la agencia. Un ejemplo de estimación de este tipo se encuentra en Huerdo y Trenado (2008) para el mismo sistema de créditos que el que se analiza en este trabajo. No se ha podido aplicar la misma metodología aquí por la imposibilidad de cruzar la información de la base de datos del CDTI sobre solicitudes rechazadas, necesaria para estimar la probabilidad de solicitud de la ayuda, con la proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística, precisa para la estimación del impacto sobre la decisión de gasto en I+D.

Nótese que lo que se incluye como variable explicativa en esta segunda etapa no es la participación observada y_{it}^* , sino la predicción de la variable latente de la primera etapa \hat{y}_{it}^* . Esto se hace para tener en cuenta el problema de selección (y de simultaneidad) y porque cabe suponer que la variable latente de la primera ecuación puede interpretarse como un indicador de la calidad del proyecto de I+D evaluada por la agencia, así como de su adecuación a los objetivos del programa de ayudas.

Adicionalmente, se estima también la ecuación de impacto utilizando como variable explicativa la participación observada. De este modo, mediante la comparación de los resultados obtenidos a partir de las dos estimaciones alternativas (utilizando la participación predicha o la participación observada), se pretende ofrecer una aproximación a la importancia que el sesgo de selección tiene en la realización de esta clase de análisis. Dado que las variables dependientes son binarias y la estructura de los datos es de panel, ambas serán estimadas por máxima verosimilitud como modelos probit de efectos aleatorios.

Para corregir el problema ocasionado por la existencia de persistencia, en este trabajo seguimos la metodología propuesta por Wooldridge (2005) para estimar un modelo probit dinámico de efectos aleatorios. En este caso, la ecuación (2) pasaría a ser:

$$z_{it} = \begin{cases} 1 & \text{si } z_{it}^* = \gamma z_{it-1} + \alpha \hat{y}_{it}^* + x_{2it} \beta_2 + \mu_i + \theta_{it} > 0 \\ 0 & \text{resto de casos} \end{cases} \quad (2')$$

donde la decisión de gasto en I+D depende de la decisión de gasto en el año anterior z_{it-1} , de algunas variables observables recogidas en el vector x_{2it} y de características inobservables específicas de empresas que se suponen constantes en el tiempo y que están representadas por μ_i . Siguiendo a Wooldridge, especificamos la distribución de μ_i , suponiendo que la heterogeneidad inobservable depende de la condición inicial z_{i0} y de variables estrictamente exógenas de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \mu_i &= \delta + \delta_1 z_{i0} + \delta_2 \bar{y}_i + \bar{x}_{2i} \delta_3 + \xi_i \\ \xi_i &\approx iid N(0, \sigma_\xi^2) \text{ e incorrelacionado } \bar{y}_i \text{ y } \bar{x}_{2i} \end{aligned} \quad (3)$$

donde \bar{y}_i^* y \bar{x}_{2i} representan respectivamente las medias temporales de \hat{y}_{it}^* y x_{2i} . El modelo resultante de sustituir (3) en (2') sería estimado como un modelo probit estándar de efectos aleatorios en el que las variables explicativas serían z_{it-1} , \hat{y}_{it}^* , x_{2it} , z_{i0} , \bar{y}_i^* y \bar{x}_{2i} . La obtención de un coeficiente estadísticamente positivo para el parámetro γ confirmaría la hipótesis de persistencia debida a verdadera dependencia del estado. Adicionalmente, el parámetro α recogería ahora el impacto de la ayuda pública, una vez descontado el efecto de la persistencia.

ANEXO II: DEFINICIÓN DE VARIABLES

Actividad exportadora: variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa ha exportado durante el periodo.

Año de la propuesta: conjunto de variables dicotómicas que toman valor 1 cuando la propuesta ha sido presentada ese año.

Capital extranjero: variable dicotómica que toma valor 1 cuando la empresa tiene una participación de al menos el 50% de capital extranjero.

Cooperación tecnológica: variable dicotómica que toma valor 1 cuando la empresa ha establecido acuerdos de cooperación tecnológica con otros socios en los últimos tres años.

Dificultades de conocimiento: indicador sectorial del grado de importancia que las empresas asignan ese año a la falta de personal cualificado o de información sobre tecnología como factores que dificultan sus actividades de innovación. Se calcula como media simple en cada sector 2-dígitos CNAE de los valores asignados por cada empresa por cada empresa del PITEC en ese año y sector (entre 1 y 4).

Dificultades de financiación: indicador sectorial del grado de importancia que las empresas asignan ese año a la falta de fondos dentro de la empresa o grupo, la falta de financiación externa a la empresa o los elevados costes de innovación, como factores que dificultan sus actividades de innovación. Se calcula como media simple en cada sector 2-dígitos CNAE de los valores asignados por cada empresa del PITEC en ese año y sector (entre 1=no relevante y 4=alta).

Dificultades de mercado: indicador sectorial del grado de importancia que las empresas asignan ese año a la falta de información sobre mercados, a que el mercado esté dominado por empresas establecidas, a la demanda incierta de bienes y servicios innovadores o a falta de demanda de innovaciones, como factores que dificultan sus actividades de innovación. Se calcula como media simple en cada sector 2-dígitos CNAE de los valores asignados por cada empresa por cada empresa del PITEC en ese año y sector (entre 1=no relevante y 4=alta).

Experiencia en financiación por el CDTI: variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa recibió un crédito del CDTI en los años previos de la muestra.

Experiencia en financiación por otros organismos: variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa obtuvo financiación de otros organismos en los años previos de la muestra.

Exportaciones: Volumen de exportaciones del año, en millones de euros (en logaritmos).

Gasto interno en I+D por empleado: Ratio entre los gastos en I+D interna del año, en euros, y el número de empleados (en logaritmos).

Inversión en I+D con fondos propios: variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa ha realizado gastos positivos en I+D interna financiados con fondos propios durante el año.

Manufacturas: variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa pertenece a un sector manufacturero (códigos NACE-2 dígitos: 10 - 37).

Manufacturas de media-alta tecnología: variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa pertenece a un sector manufacturero de alta o media-alta tecnología (códigos NACE-2 dígitos: 24, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35).

Nueva creación: variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa ha sido creada en los últimos tres años.

Participación: variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa ha tenido un crédito blando aprobado por parte del CDTI durante el año.

Pertenencia a un grupo: variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa pertenece a un grupo.

Servicios: variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa pertenece a un sector de servicios (códigos NACE-2 dígitos: 50 - 74).

Servicios de alta tecnología: variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa pertenece a un sector de servicios de alta tecnología (códigos NACE-2 dígitos: 64, 72, 73)

Tamaño de la empresa: número de trabajadores en el año (en log.).

Tamaño 10-49 empleados: variable dicotómica que toma valor 1 cuando la empresa tiene entre 10 y 49 empleados.

Tamaño 50-99 empleados: variable dicotómica que toma valor 1 cuando la empresa tiene entre 50 y 99 empleados.

Tamaño 100-199 empleados: variable dicotómica que toma valor 1 cuando la empresa tiene entre 100 y 199 empleados.

Tamaño 200-499 empleados: variable dicotómica que toma valor 1 cuando la empresa tiene entre 200 y 499 empleados.

Tamaño >500 empleados: variable dicotómica que toma valor 1 cuando la empresa tiene más de 500 empleados.

ANEXO III: RESULTADOS DE LAS ESTIMACIONES

Dado el carácter binario de la variable dependiente, y teniendo en cuenta la estructura de panel de los datos, la probabilidad de participar, ecuación (1), se estima como un modelo probit de efectos aleatorios. Los resultados correspondientes a la muestra total se presentan en el Cuadro A.2. En el Cuadro A.3 se recogen las estimaciones separando la muestra en dos submuestras, una para las empresas pequeñas y medianas (PYME) y otra para las empresas con más de 200 trabajadores (empresas grandes), y en el Cuadro A.4 se distingue entre empresas de manufacturas y empresas de servicios.

Por lo que se refiere a la probabilidad de gastar en I+D interna con fondos propios, también en este caso se ha optado por estimar la ecuación (2) como un modelo *probit* de efectos aleatorios (Cuadro A.5). La columna (1) corresponde a la especificación donde se introduce como variable explicativa la participación observada en el sistema de créditos del CDTI, mientras que la columna (2) recoge los resultados correspondientes al modelo en el que alternativamente se incluye la predicción de la variable latente de la primera etapa. La comparación entre los coeficientes de estas dos columnas permite establecer la relevancia del sesgo por selección y simultaneidad. Finalmente, la columna (3) ofrece los resultados correspondientes a la estimación de la ecuación (2') siguiendo el método de Wooldridge (2005), que permiten tener en cuenta la existencia de persistencia en la decisión de gasto de la empresa.

Al igual que en la ecuación de participación, también se ha realizado la estimación de la especificación separando la muestra según el tamaño de la empresa (Cuadros A.6 y A.7) y distinguiendo según el sector de actividad (Cuadros A.8 y A.9).

Todas las estimaciones se han llevado a cabo utilizando el paquete estadístico STATA 9 (STATA Data analysis and statistical software). La descripción de los procedimientos y de los estadísticos que se presentan en los cuadros puede encontrarse en la dirección: <http://www.stata.com/>.

Cuadro A.2:
Determinantes de la decisión de participación de la empresa
Total empresas

	dy/dx	D. E.
Gasto interno I+D por empleado (t-1)	0,002 ***	0,010
Cooperación (t-1)	0,011 **	0,065
Solicitud de patentes	0,005	0,064
Dificultades para la innovación		
Dificultades de financiación	0,056 **	0,322
Dificultades de conocimiento	0,047	0,373
Dificultades de mercado	-0,068 *	0,484
Rama de actividad de la empresa		
Manufacturas de media-alta tecnología	0,018 ***	0,074
Servicios de alta tecnología	-0,005	0,176
Tamaño de la empresa (log nº de empleados)	0,038 ***	0,115
Cuadrado del tamaño de la empresa	-0,003 ***	0,012
Nueva creación	0,010	0,157
Exportaciones (logs.) (t-1)	0,001 ***	0,005
Experiencia en financiación por el CDTI	0,128 ***	0,065
Experiencia en financiación por otros organismos	0,020 ***	0,065
Año 2004	0,018 ***	0,077
Año 2005	0,024 ***	0,071
Capital extranjero	-0,010	0,088
Pertenencia a un grupo	0,003	0,069
Sigma_u	0,195	0,016
Rho	0,037	0,006
Log. Función verosimilitud	-1.245,76	
Número de observaciones (empresas)	5.689 (2.429)	

D. E.: Desviación estándar estimada. Coeficientes significativos al: 1%***, 5%** , 10%*. Todas las regresiones incluyen la constante. Se excluye la variable dicotómica correspondiente al año 2003. Los efectos marginales (dy/dx) se evalúan en la media muestral. Para las variables dicotómicas, el efecto marginal corresponde al paso de 0 a 1.

Cuadro A.3:
Determinantes de la decisión de participación de la empresa
Diferencias por tamaño

	PYME		Empresas grandes	
	dy/dx	D. E.	dy/dx	D. E.
Gasto interno I+D por empleado (t-1)	0,001	0,001	0,003 ***	0,001
Cooperación (t-1)	0,019 *	0,010	0,004	0,006
Solicitud de patentes	0,006	0,010	0,004	0,006
Dificultades para la innovación				
Dificultades de financiación	0,122 **	0,053	0,015	0,021
Dificultades de conocimiento	-0,061	0,059	0,081 ***	0,029
Dificultades de mercado	-0,011	0,080	-0,057	0,035
Rama de actividad de la empresa				
Manufacturas de media-alta tecnología	0,044 ***	0,015	-0,004	0,005
Servicios de alta tecnología	-0,022	0,020	0,023	0,029
Tamaño de la empresa (log nº de empleados)	0,171 ***	0,059	-0,014	0,031
Cuadrado del tamaño de la empresa	-0,018 **	0,007	0,001	0,002
Nueva creación	0,023	0,028	-	
Exportaciones (logs.) (t-1)	0,002 **	0,001	0,001	0,000
Experiencia en financiación por el CDTI	0,123 ***	0,016	0,135 ***	0,024
Experiencia en financiación por otros organismos	0,033 ***	0,011	0,004	0,006
Año 2004	0,017	0,013	0,019 ***	0,008
Año 2005	0,021 *	0,011	0,026 ***	0,008
Capital extranjero	-0,017	0,014	-0,002	0,005
Pertenencia a un grupo	0,017	0,011	-0,002	0,005
Sigma_u	0,192	0,020	0,198	0,027
Rho	0,036	0,007	0,038	0,010
Log. Función verosimilitud	-767,01		-413,85	
Número de observaciones (empresas)	2.739 (1.337)		2.511 (976)	

D. E.: Desviación estándar estimada. Coeficientes significativos al: 1%***, 5%** , 10%*. Todas las regresiones incluyen la constante. Se excluye la variable dicotómica correspondiente al año 2003. Los efectos marginales (dy/dx) se evalúan en la media muestral. Para las variables dicotómicas, el efecto marginal corresponde al paso de 0 a 1.

Cuadro A.4:
Efectos sobre la participación de la empresa
Diferencias por sector

	Manufacturas		Servicios	
	dy/dx	D. E.	dy/dx	D. E.
Gasto interno I+D por empleado (t-1)	0,004 **	0,002	0,001 *	0,0004
Cooperación (t-1)	0,020 *	0,012	0,001	0,003
Solicitud de patentes	0,009	0,012	0,0002	0,003
Dificultades para la innovación				
Dificultades de financiación	0,150 **	0,076	0,017	0,014
Dificultades de conocimiento	0,010	0,080	-0,001	0,030
Dificultades de mercado	-0,182	0,111	-0,038	0,026
Rama de actividad de la empresa				
Manufacturas de media-alta tecnología	0,030 **	0,015	-	
Servicios de alta tecnología	-		-0,0003	0,004
Tamaño de la empresa (log n° de empleados)	0,061 ***	0,023	0,011 **	0,004
Cuadrado del tamaño de la empresa	-0,005 **	0,002	-0,001 **	0,0004
Nueva creación	0,003	0,034	0,008	0,009
Exportaciones (logs.) (t-1)	0,002 **	0,001	-0,0001	0,0002
Experiencia en financiación por el CDTI	0,175 ***	0,016	0,089 ***	0,028
Experiencia en financiación por otros organismos	0,035 ***	0,013	0,010 *	0,005
Año 2004	0,039 **	0,016	0,001	0,003
Año 2005	0,064 ***	0,015	-0,001	0,003
Capital extranjero	-0,027 **	0,014	-0,002	0,003
Pertenencia a un grupo	0,002	0,013	-0,0002	0,003
Sigma_u	0,183	0,018	0,226	0,089
Rho	0,032	0,006	0,048	0,036
Log. Función verosimilitud	-1.018,92		-174,41	
Número de observaciones	3.017 (1.273)		2.253 (1.002)	

D. E.: Desviación estándar estimada. Coeficientes significativos al: 1%***, 5%** , 10%*. Todas las regresiones incluyen la constante. Se excluye la variable dicotómica correspondiente al año 2003. Los efectos marginales (dy/dx) se evalúan en la media muestral. Para las variables dicotómicas, el efecto marginal corresponde al paso de 0 a 1.

Cuadro A.5:
Efectos sobre la decisión de gasto en I+D
Total Empresas

	(1)		(2)		(3)	
	dy/dx	D. E.	dy/dx	D. E.	dy/dx	D. E.
Participación observada	0,431 ***	0,147				
Participación predicha			0,789 ***	0,105	0,249 ***	0,063
Decisión de gasto en I+D en t-1					0,532 ***	0,075
Año 2004	-0,145 ***	0,075	-0,258 ***	0,078	-0,073 ***	0,063
Año 2005	-0,223 ***	0,074	-0,398 ***	0,082	-0,104 ***	0,066
Tamaño						
10-49 empleados	-0,204 ***	0,186	-0,492 ***	0,181	-0,220 ***	0,106
50-99 empleados	-0,156 *	0,234	-0,422 ***	0,233	-0,235 ***	0,138
100-199 empleados	-0,224 ***	0,251	-0,410 ***	0,251	-0,236 ***	0,150
200-499 empleados	-0,383 ***	0,215	-0,604 ***	0,209	-0,208 ***	0,122
> 500 empleados	-0,373 ***	0,242	-0,472 ***	0,231	-0,200 ***	0,133
Rama de actividad de la empresa						
Manufacturas de media-alta tecnología	0,652 ***	0,165	0,097 *	0,151	0,065 **	0,074
Servicios de alta tecnología	0,614 ***	0,288	0,348 ***	0,254	0,146 ***	0,126
Actividad exportadora (t-1)	0,573 ***	0,141	0,228 ***	0,123	0,076 ***	0,060
Nueva creación	0,374 ***	0,315	0,112	0,281	-0,004	0,134
Capital extranjero	-0,268 ***	0,187	-0,004	0,169	-0,026	0,083
Pertenencia a un grupo	0,197 ***	0,125	0,077 *	0,114	0,041 *	0,062
Decisión de gasto en 2002					0,218 ***	0,090
Sigma_u	2,230	0,085	1,820	0,077	0,430	0,093
Rho	0,833	0,011	0,768	0,015	0,156	0,057
Log. Función verosimilitud	-2.535,53		-2.276,70		-1.952,54	
Número de observaciones (empresas)	5.689 (2.429)		5.689 (2.429)		5.689 (2.429)	

D. E.: Desviación estándar estimada. Coeficientes significativos al: 1%***, 5%***, 10%*. Todas las regresiones incluyen la constante. Se excluye la variable dicotómica correspondiente al año 2003. Los efectos marginales (dy/dx) se evalúan en la media muestral. Para las variables dicotómicas, el efecto marginal corresponde al paso de 0 a 1.

Cuadro A.6:
Efectos sobre la decisión de gasto en I+D. PYME

	(1)		(2)		(3)	
	dy/dx	D. E.	dy/dx	D. E.	dy/dx	D. E.
Participación observada	0,341 ***	0,047				
Participación predicha			0,746 ***	0,063	0,268 ***	0,032
Decisión de gasto en t-1					0,519 ***	0,027
Año 2004	-0,202 ***	0,041	-0,270 ***	0,040	-0,057 *	0,034
Año 2005	-0,232 ***	0,040	-0,350 ***	0,039	-0,046	0,034
Tamaño						
50-99 empleados	0,076	0,068	-0,254 ***	0,065	-0,067	0,042
100-199 empleados	0,022	0,082	-0,280 ***	0,073	-0,070	0,047
Rama de actividad de la empresa						
Manufacturas de media-alta tecnología	0,500 ***	0,048	0,044 *	0,084	0,020 *	0,043
Servicios de alta tecnología	0,504 ***	0,033	0,430 ***	0,062	0,218 ***	0,060
Actividad exportadora	0,550 ***	0,053	0,318 ***	0,062	0,109 ***	0,034
Nueva creación	0,272 *	0,120	0,146 **	0,148	0,010	0,079
Capital extranjero	-0,153	0,119	0,074 *	0,116	0,016	0,061
Pertenencia a un grupo	0,174 ***	0,062	-0,010	0,064	-0,010	0,036
Decisión de gasto en 2002					0,186 ***	0,038
Sigma_u	2,118	0,125	1,921		0,582	0,066
Rho	0,818	0,018	0,787		0,253	0,043
Log. Función verosimilitud	-1.362,06		-1.282,55		-1.141,56	
Número de observaciones (empresas)	2.739 (1.337)		2.739 (1.337)		2.739 (1.337)	

D. E.: Desviación estándar estimada. Coeficientes significativos al: 1%***, 5%***, 10%*. Todas las regresiones incluyen la constante. Se excluyen las variables dicotómicas correspondientes a la modalidad PDT y al año 2002. Los efectos marginales (dy/dx) se evalúan en la media muestral. Para las variables dicotómicas, el efecto marginal corresponde al paso de 0 a 1. PYME: Con hasta 200 empleados en el primer año disponible en la muestra. Empresas grandes: Con más de 200 empleados en el primer año disponible en la muestra.

Cuadro A.7:
Efectos sobre la decisión de gasto en I+D. Empresas grandes

	(1)		(2)		(3)	
	dy/dx	D. E.	dy/dx	D. E.	dy/dx	D. E.
Participación observada	0,514 ***	0,112				
Participación predicha			0,615 ***	0,065	0,217 ***	0,032
Decisión de gasto en t-1					0,483 ***	0,063
Año 2004	0,005	0,028	-0,189 ***	0,029	-0,047	0,034
Año 2005	-0,032	0,026	-0,286 ***	0,035	-0,122 ***	0,034
Tamaño						
> 500 empleados	-0,003	0,044	-0,006	0,042	-0,035	0,031
Rama de actividad de la empresa						
Manufacturas de media-alta tecnología	0,829 ***	0,055	0,396 ***	0,089	0,168 ***	0,048
Servicios de alta tecnología	0,497 **	0,227	-0,045	0,091	0,026	0,084
Actividad exportadora	0,486 ***	0,056	0,072	0,049	0,043	0,034
Nueva creación	-0,129	0,042	-0,132	0,057	-0,106	0,097
Capital extranjero	-0,222 ***	0,044	-0,091 **	0,045	-0,071 **	0,034
Pertenencia a un grupo	0,145 ***	0,040	0,108 ***	0,039	0,073 **	0,032
Decisión de gasto en 2002					0,317 ***	0,079
Sigma_u	2,511	0,123	1,731	0,104	0,361	0,211
Rho	0,863	0,012	0,750	0,023	0,115	0,119
Log. Función verosimilitud	-899,51		-709,32		-560,16	
Número de observaciones (empresas)	2.511 (976)		2.511 (976)		2.511 (976)	

D. E.: Desviación estándar estimada. Coeficientes significativos al: 1%***, 5%**, 10%*. Todas las regresiones incluyen la constante. Se excluyen las variables dicotómicas correspondientes a la modalidad PDT y al año 2002. Los efectos marginales (dy/dx) se evalúan en la media muestral. Para las variables dicotómicas, el efecto marginal corresponde al paso de 0 a 1. Manufacturas: CNAE 10 – 34. Servicios: CNAE 50 – 74.

Cuadro A.8:
Efectos sobre la decisión de gasto en I+D. Manufacturas

	(1)		(2)		(3)	
	dy/dx	D. E.	dy/dx	D. E.	dy/dx	D. E.
Participación observada	0,195 ***	0,028				
Participación predicha			0,750 ***	0,060	0,295 ***	0,033
Decisión de gasto en t-1					0,492 ***	0,033
Año 2004	-0,075 **	0,031	-0,230 ***	0,037	-0,059 *	0,032
Año 2005	-0,121 ***	0,031	-0,414 ***	0,040	-0,118 ***	0,034
Tamaño						
10-49 empleados	-0,160 *	0,099	-0,496 ***	0,096	-0,207 ***	0,064
50-99 empleados	-0,122	0,121	-0,686 ***	0,079	-0,243 ***	0,076
100-199 empleados	0,093	0,086	-0,535 ***	0,121	-0,147 *	0,086
200-499 empleados	-0,060	0,109	-0,553 ***	0,108	-0,103	0,072
> 500 empleados	-0,088	0,137	-0,626 ***	0,103	-0,163 *	0,088
Manufacturas de alta tecnología	0,361 ***	0,041	0,120 **	0,050	0,065 **	0,031
Actividad exportadora	0,473 ***	0,080	0,229 ***	0,079	0,087 **	0,040
Nueva creación	0,142	0,074	-0,015	0,148	-0,029	0,083
Capital extranjero	-0,196 **	0,088	0,070	0,067	0,007	0,043
Pertenencia a un grupo	0,097 *	0,049	0,007	0,052	0,005	0,034
Decisión de gasto en 2002					0,265 ***	0,040
Sigma_u	2,256	0,100	1,941	0,121	0,584	0,067
Rho	0,836	0,014	0,789	0,021	0,254	0,044
Log. Función verosimilitud	-1.432,85		-1.311,45		-1.158,94	
Número de observaciones (empresas)	3.017 (1.273)		3.017 (1.273)		3.017 (1.273)	

D. E.: Desviación estándar estimada. Coeficientes significativos al: 1%***, 5%** , 10%*. Todas las regresiones incluyen la constante. Se excluye la variable dicotómica correspondiente al año 2003. Los efectos marginales (dy/dx) se evalúan en la media muestral. Para las variables dicotómicas, el efecto marginal corresponde al paso de 0 a 1.

Cuadro A.9:
Efectos sobre la decisión de gasto en I+D. Servicios

	(1)		(2)		(3)	
	dy/dx	D. E.	dy/dx	D. E.	dy/dx	D. E.
Participación observada	0,409 ***	0,167				
Participación predicha			0,169 ***	0,029	0,096 ***	0,017
Decisión de gasto en t-1					0,478 ***	0,034
Año 2004	-0,051 ***	0,013	-0,059 ***	0,014	-0,046 *	0,023
Año 2005	-0,094 ***	0,020	-0,088 ***	0,019	-0,047 *	0,023
Tamaño						
10-49 empleados	-0,048 **	0,020	-0,129 ***	0,026	-0,097 ***	0,027
50-99 empleados	-0,019	0,030	-0,064 ***	0,014	-0,071	0,038
100-199 empleados	-0,065 ***	0,015	-0,082 ***	0,016	-0,153 ***	0,015
200-499 empleados	-0,166 ***	0,030	-0,261 ***	0,036	-0,153 ***	0,027
> 500 empleados	-0,108 ***	0,023	-0,165 ***	0,028	-0,118 ***	0,028
Servicios de media-alta tecnología	0,623 ***	0,094	0,211 ***	0,080	0,106 ***	0,040
Actividad exportadora	0,169 ***	0,039	0,142 ***	0,033	0,050 **	0,021
Nueva creación	0,325 ***	0,140	0,091	0,080	0,039	0,047
Capital extranjero	-0,073 ***	0,017	-0,052 **	0,017	-0,054 *	0,027
Pertenencia a un grupo	0,062 ***	0,026	0,058 ***	0,024	0,049 **	0,024
Decisión de gasto en 2002					0,132 ***	0,029
Sigma_u	1,898	0,126	1,633	0,111	0,215	0,065
Rho	0,783	0,022	0,727	0,027	0,044	0,025
Log. Función verosimilitud	-838,38		-779,44		-631,36	
Número de observaciones (empresas)	2.253 (1.002)		2.253 (1.002)		2.253 (1.002)	

D. E.: Desviación estándar estimada. Coeficientes significativos al: 1%***, 5%** , 10%*. Todas las regresiones incluyen la constante. Se excluye la variable dicotómica correspondiente al año 2003. Los efectos marginales (dy/dx) se evalúan en la media muestral. Para las variables dicotómicas, el efecto marginal corresponde al paso de 0 a 1.

ANEXO IV: ESTIMACIONES COMPLEMENTARIAS

En este Anexo se ofrecen estimaciones complementarias de las ecuaciones planteadas, que incorporan también en la muestra las solicitudes de ayudas correspondientes a los Proyectos de Promoción Tecnológica y los Neotec. Para simplificar el análisis, en este caso se excluyen de la muestra aquellas empresas que financiaron sus gastos de I+D interna ese año o el año anterior mediante subvenciones de las Administraciones Públicas, Universidades o Instituciones privadas sin fines de lucro, o con fondos procedentes del extranjero. Asimismo, no se consideran las empresas que tienen dos proyectos aprobados por el CDTI en años consecutivos, para aislar el impacto de la ayudas del efecto aprendizaje en el sistema. El método de estimación seguido en cada caso coincide con el expuesto en el Anexo 3.

Cuadro A.10:
Determinantes de la decisión de participación de la empresa. Total empresas

	dy/dx	D. E.
Año 2004	0,023 ***	0,008
Año 2005	0,014 **	0,007
Tamaño de la empresa	0,046 ***	0,009
Cuadrado del tamaño de la empresa	-0,005 ***	0,001
Rama de actividad de la empresa		
Manufacturas	0,096 ***	0,017
Servicios	0,021	0,017
Cooperación (t-1)	0,038 ***	0,008
Nueva creación	0,287 ***	0,048
Capital extranjero	-0,014 *	0,008
Pertenencia a un grupo	0,010	0,007
Gasto interno I+D (t-1)	0,002 *	0,001
Dificultades para la innovación		
Dificultades de financiación	0,086 ***	0,018
Dificultades de conocimiento	-0,074 **	0,036
Dificultades de mercado	0,059	0,040
Sigma_u	0,231	0,086
Rho	0,051	0,036
Log. Función verosimilitud	-1.725,05	
Número de observaciones	6.753	

D. E.: Desviación estándar estimada. Coeficientes significativos al: 1%***, 5%** , 10%*. Todas las regresiones incluyen la constante. Se excluye la variable dicotómica correspondiente al año 2003. Los efectos marginales (dy/dx) se evalúan en la media muestral. Para las variables dicotómicas, el efecto marginal corresponde al paso de 0 a 1.

Cuadro A.11:
Determinantes de la decisión de participación de la empresa
Diferencias por tamaño

	PYME		Empresas grandes	
	dy/dx	D. E.	dy/dx	D. E.
Año 2004	0,023 *	0,013	0,018 **	0,008
Año 2005	0,011	0,013	0,016 **	0,007
Tamaño de la empresa	0,018	0,060	0,001	0,031
Cuadrado del tamaño de la empresa	0,002	0,008	0,000	0,002
Rama de actividad de la empresa				
Manufacturas	0,082 ***	0,023	0,107 **	0,043
Servicios	-0,001	0,029	0,023	0,021
Cooperación (t-1)	0,041 ***	0,013	0,020 **	0,009
Nueva creación	0,230 ***	0,070	0,201	0,256
Capital extranjero	-0,010	0,021	-0,007	0,005
Pertenencia a un grupo	0,012	0,012	0,001	0,005
Gasto interno I+D (t-1)	0,008	0,006	0,001	0,001
Dificultades de financiación	0,134 ***	0,032	0,021	0,018
Dificultades de conocimiento	-0,199 ***	0,068	0,018	0,029
Dificultades de mercado	0,215 ***	0,072	-0,038	0,039
Sigma_u	0,215	0,057	0,486	0,227
Rho	0,044	0,022	0,191	0,144
Log. Función verosimilitud	-1.122,49		-443,34	
Número de observaciones	3.416		2.552	

D. E.: Desviación estándar estimada. Coeficientes significativos al: 1%***, 5%** , 10%*. Todas las regresiones incluyen la constante. Se excluye la variable dicotómica correspondiente al año 2003. Los efectos marginales (dy/dx) se evalúan en la media muestral. Para las variables dicotómicas, el efecto marginal corresponde al paso de 0 a 1.

Cuadro A.12:
Determinantes de la decisión de participación de la empresa
Diferencias por sector

	Manufacturas		Servicios	
	dy/dx	D. E.	dy/dx	D. E.
Año 2004	0,054 ***	0,016	0,003	0,005
Año 2005	0,055 ***	0,016	-0,006	0,004
Tamaño de la empresa (log n° de empleados)	0,086 ***	0,023	0,014 ***	0,005
Cuadrado del tamaño de la empresa	-0,009 ***	0,003	-0,002 ***	0,001
Cooperación (t-1)	0,037 ***	0,014	0,028 ***	0,009
Nueva creación	0,404 ***	0,087	0,133 ***	0,046
Capital extranjero	-0,039 **	0,016	-0,003	0,006
Pertenencia a un grupo	0,012	0,015	0,002	0,004
Gasto interno I+D (t-1)	0,014 ***	0,004	0,000	0,001
Dificultades de financiación	0,382 ***	0,073	0,051 **	0,020
Dificultades de conocimiento	-0,188 **	0,081	0,065 **	0,032
Dificultades de mercado	-0,173	0,120	-0,113 **	0,050
Sigma_u	0,451	0,160	0,229	0,097
Rho	0,169	0,099	0,050	0,040
Log. Función verosimilitud	-1.253,95		-366,82	
Número de observaciones	3.336		2.899	

D. E.: Desviación estándar estimada. Coeficientes significativos al: 1%***, 5%***, 10%*. Todas las regresiones incluyen la constante. Se excluye la variable dicotómica correspondiente al año 2003. Los efectos marginales (dy/dx) se evalúan en la media muestral. Para las variables dicotómicas, el efecto marginal corresponde al paso de 0 a 1.

Cuadro A.13:
Efectos sobre la decisión de gasto en I+D
Total empresas

	(1)		(2)	
	dy/dx	D. E.	dy/dx	D. E.
Participación observada	0,576 ***	0,042	-	
Participación predicha	-		0,552 ***	0,037
Año 2004	-0,163 ***	0,025	-0,239 ***	0,023
Año 2005	-0,200 ***	0,026	-0,242 ***	0,025
Tamaño				
50-99 empleados	0,101	0,069	-0,094 *	0,049
100-199 empleados	-0,034	0,066	-0,151 ***	0,044
200-499 empleados	-0,217 ***	0,037	-0,272 ***	0,032
> 500 empleados	-0,266 ***	0,033	-0,182 ***	0,041
Actividad exportadora (t-1)	0,197 ***	0,029	0,045	0,029
Nueva creación	0,308 **	0,129	-0,179 ***	0,057
Capital extranjero	-0,008	0,060	0,089	0,067
Pertenencia a un grupo	0,205 ***	0,044	0,060	0,043
Sigma_u	2,255	0,089	2,310	0,088
Rho	0,836	0,011	0,842	0,010
Log. Función verosimilitud	-2.585,549		-2.477,27	
Número de observaciones	5.102		5.102	

D. E.: Desviación estándar estimada. Coeficientes significativos al: 1%***, 5%** , 10%*. Todas las regresiones incluyen la constante. Se excluye la variable dicotómica correspondiente al año 2003. Los efectos marginales (dy/dx) se evalúan en la media muestral. Para las variables dicotómicas, el efecto marginal corresponde al paso de 0 a 1.

Cuadro A.14:
Efectos sobre la decisión de gasto en I+D
Diferencias por tamaño

	PYME				Empresas grandes			
	(1)		(2)		(3)		(4)	
	dy/dx	D. E.	dy/dx	D. E.	dy/dx	D. E.	dy/dx	D. E.
Participación observada	0,474 ***	0,046	-		0,795 ***	0,075	-	
Participación predicha	-		0,619 ***	0,065	-		0,329 ***	0,062
Año 2004	-0,248 ***	0,043	-0,337 ***	0,042	-0,004	0,028	-0,066 ***	0,018
Año 2005	-0,195 ***	0,044	-0,232 ***	0,044	-0,028	0,026	-0,096 ***	0,022
Tamaño								
50-99 empleados	0,101	0,074	-0,120	0,073	-		-	
100-199 empleados	-0,005	0,086	-0,267 ***	0,073	-		-	
> 500 empleados	-		-		-0,042	0,038	0,004	0,026
Actividad exportadora (t-1)	0,168 ***	0,044	0,054	0,046	0,183 ***	0,041	0,001	0,020
Nueva creación	0,284	0,177	-0,241	0,165	-0,114 ***	0,029	-0,060 ***	0,016
Capital extranjero	-0,005	0,130	0,035	0,134	-0,009	0,044	0,065	0,043
Pertenencia a un grupo	0,164 **	0,067	0,024	0,070	0,145 ***	0,038	0,064 ***	0,025
Sigma_u	2,197	0,131	2,246	0,130	2,507	0,136	2,485	0,139
Rho	0,828	0,017	0,835	0,016	0,863	0,013	0,861	0,013
Log. Función verosimilitud	-1.356,05		-1.331,35		-826,18		-734,70	
Número de observaciones	2.452		2.452		1.949		1.949	

D. E.: Desviación estándar estimada. Coeficientes significativos al: 1%***, 5%** , 10%*. Todas las regresiones incluyen la constante. Se excluye la variable dicotómica correspondiente al año 2003. Los efectos marginales (dy/dx) se evalúan en la media muestral. Para las variables dicotómicas, el efecto marginal corresponde al paso de 0 a 1.

Cuadro A.15:
Efectos sobre la decisión de gasto en I+D
Diferencias por sector

	Manufacturas				Servicios			
	(1)		(2)		(3)		(4)	
	dy/dx	D. E.	dy/dx	D. E.	dy/dx	D. E.	dy/dx	D. E.
Participación observada	0,279 ***	0,035	-		0,672 ***	0,118	-	
Participación predicha	-		0,493 ***	0,105	-		0,148 ***	0,024
Año 2004	-0,150 ***	0,043	-0,256 ***	0,051	-0,046 ***	0,014	-0,066 ***	0,014
Año 2005	-0,149 ***	0,042	-0,280 ***	0,052	-0,078 ***	0,019	-0,041 ***	0,014
Tamaño								
50-99 empleados	0,032	0,074	-0,044	0,085	0,054	0,067	0,003	0,037
100-199 empleados	0,217 ***	0,056	0,157 **	0,074	-0,058 ***	0,013	-0,055 ***	0,012
200-499 empleados	0,088	0,070	-0,021	0,082	-0,112 ***	0,021	-0,097 ***	0,018
> 500 empleados	0,092	0,091	0,057	0,101	-0,092 ***	0,018	-0,053 ***	0,015
Actividad exportadora (t-1)	0,050	0,044	0,031	0,044	0,008	0,016	0,002	0,014
Nueva creación	0,267 ***	0,047	-0,052	0,279	0,057	0,079	-0,047 ***	0,011
Capital extranjero	-0,059	0,086	0,055	0,080	-0,033 *	0,018	0,038	0,045
Pertenencia a un grupo	0,109 *	0,060	0,071	0,062	0,070 **	0,029	-0,001	0,018
Sigma_u	2,217	0,134	2,277	0,131	2,143	0,144	1,969	0,114
Rho	0,832	0,013	0,838	0,016	0,821	0,020	0,795	0,019
Log. Función verosimilitud	-1.187,48		-1.196,63		-1.053,02		-997,39	
Número de observaciones	2.177		2.177		2.486		2.486	

D. E.: Desviación estándar estimada. Coeficientes significativos al: 1%***, 5%** , 10%*. Todas las regresiones incluyen la constante. Se excluye la variable dicotómica correspondiente al año 2003. Los efectos marginales (dy/dx) se evalúan en la media muestral. Para las variables dicotómicas, el efecto marginal corresponde al paso de 0 a 1.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aerts, K. y T. Schmidt (2008): “Two for the price of one? On additionality effects of R&D subsidies: A comparison between Flanders and Germany”, *Research Policy* 37(5), pp. 806-822.
- Aerts, K., Czarnitzki, D., y A. Fier (2007): “Evaluación econométrica de las políticas públicas de I+D: situación actual”. En: Heijs, J. y Buesa, M. (Eds.), *Cooperación en innovación en España y el papel de las ayudas públicas*. (pp. 79-104). Instituto de Estudios Fiscales. Madrid.
- Almus, M. y Czarnitzki, D. (2003): “The effects of public R&D subsidies on firms' innovation activities: The case of Eastern Germany”, *Journal of Business & Economic Statistics* 21(2), pp. 226-236.
- Arque, P. (2009): “How and when can subsidies be effectively used to induce entry into R&D? Micro-dynamic evidence from Spain”, paper presented at the “Zvi Griliches” Research Summer School in the Economics of innovation, July 13-15, BGSE, Barcelona.
- Arrow, K. J. (1962): “Economic Welfare and the Allocation of Resources for Innovation”, en Nelson, editor, *The Rate and Direction of Inventive Activity*, NBER book, Princeton University Press, Princeton.
- Arvanitis, S. y Hollenstein, H. (1994): “Demand and supply factors in explaining the innovative activity of Swiss manufacturing firms”, *Economics of Innovation and New Technology* 3, pp. 15-30.
- Audretsch, D. (1995): *Innovation and Industry Evolution*, MIT Press
- Barajas, A. y E. Huelgo (2008): “International R&D Cooperation within the EU Framework Programme: Empirical Evidence for Spanish Firms”, *Economics of Innovation and New Technology*, forthcoming.
- Blanes, J. V. e I. Busom (2004): “Who participates in R&D subsidy programs? The case of Spanish manufacturing firms”, *Research policy* 33(10), pp 1459-1476.

- Bond, S., Harhoff, D. y Van Reenen, J. (2003): "Investment, R&D and Financial Constraints in Britain and Germany", Discussion paper 595, Centre for Economic Performance, London School of Economics and Political Science.
- Busom, I. (2000): "An empirical evaluation of the effects of R&D subsidies", *Economics of Innovation and New Technology* 9(2), pp. 111-148.
- Cassiman, B. y Veugelers, R. (2002): "Complementarity in the innovation strategy: internal R&D, external technology acquisition, and cooperation in R&D", Research paper N° 457, IESE, Universidad de Navarra.
- Clausen, T. H. (2007): "Do subsidies have positive impacts on R&D and innovations activities at the firm level?", TIK Working papers on Innovation Studies No. 20070615, Centre for technology, innovation and culture, Oslo.
- Czarnitzki, D. y G. Licht (2005): "Additionality of Public R&D grants in a transition economy: the case of Eastern Germany", *The Economics of Transition* 14(1), pp. 101-131.
- David, P., Hall, B. H. y A. A. Toole (2000): "Is public R&D a complement or substitute for private R&D? A review of econometric evidence", *Research Policy* 29, pp. 497-529.
- Duguet, E. (2004): "Are R&D subsidies a substitute or a complement to privately funded R&D? Evidence from France using propensity score methods for non-experimental data", *Revue d'Economie Politique* 114(2), pp. 263-292.
- García-Quevedo, J. (2004): "Do public subsidies complement business R&D? A meta-analysis of the econometric evidence", *KYKLOS* 57(1), pp. 87-102.
- Geroski, P.A., Van Reenen, J. y Walters, C.F. (1997): "How persistently do firms innovate?", *Research Policy* 26, pp. 33-48.

- González, X., Jaumandreu, J. y C. Pazó (2005): “Barriers to innovation and subsidy effectiveness”, *The Rand Journal of Economics* 36(4), pp. 930-949.
- González, X. y C. Pazó (2008): “Do public subsidies stimulate private R&D spending?”, *Research Policy* 37(3), pp. 371-389.
- Hall, B. (2002): “The financing of research and development”, NBER Working Paper No. 8773.
- Hall, B., Mairesse, J., Branstetter, L. y Crepon, B. (1999): “Does Cash Flow Cause Investment and R&D: An Exploration Using Panel Data for French, Japanese, and United States Scientific Firms”. En Audretsch, D., y Thurik, A. R. (eds.), *Innovation, Industry Evolution, and Employment*, Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Heijs, J. (2005): “Identification of firms supported by technology policies: the case of Spanish low interest credits”, *Science and Public Policy* 32(3), pp. 219-230.
- Heckman, J.J. (1978): “Dummy endogenous variables in a simultaneous equation system”, *Econometrica* 46(4), pp. 931-959.
- Heckman, J.J., Urzua, S. y E. Vytlacil (2006): “Understanding instrumental variables in models with essential heterogeneity”, *The Review of Economics and Statistics* 88(3), pp. 389-432.
- Herrera, L., y J. Heijs (2007): “Difusión y adicionalidad de las ayudas públicas a la innovación”, *Revista de Economía Aplicada* 44, pp.177-197.
- Huergo, E. y Jaumandreu, J. (2004): “Firms’ age, process innovation and productivity growth”, *International Journal of Industrial Organization* 22(4), pp. 541-559.
- Huergo, E. y Trenado, M. (2008): “Determinantes de la solicitud y concesión de créditos blandos: La empresa española y el apoyo del CDTI a la I+D+i”, Documento de trabajo 06, Departamento de Estudios, CDTI, Madrid.

- Klepper, S. (1996): "Entry, exit, and innovation over the product life-cycle", *American Economic Review* 86, pp. 562-583.
- Klette, T. J., Moen J. y Z. Griliches (2000): "Do subsidies to commercial R&D reduce market failures? Microeconomic evaluation studies", *Research Policy* 29, pp. 471-495.
- Lach, S. (2002): "Do R&D subsidies stimulate or Displace private R&D? Evidence from Israel", *The Journal of Industrial Economics* 50(4), pp. 369-390.
- Manez-Castillejo, J. A., Rochina-Barrachina, M. E., Sanchis-Llopis, A. and Sanchis-Llopis, J. (2004): "A Dynamic Approach to the Decision to Invest in R&D: The Role of Sunk Costs", Universidad de Valencia, mimeo.
- OECD (2006): *Government R&D funding and company behaviour. Measuring behavioural additionality*. OECD report.
- Pereiras, S. y Huergo, E. (2006): "La financiación de actividades de I+D+i: una revisión de la evidencia sobre el impacto de las ayudas públicas", Documento de trabajo 01, Departamento de Estudios, CDTI, Madrid.
- Peters, B. (2009): "Persistence of innovation: stylised facts and panel data evidence", *The Journal of Technology Transfer* 34(2), pp. 226-243.
- Raymond, W., Mohnen, P., Palm, F., and Schim van der Loeff, S. (2006): "Persistence of innovation in Dutch manufacturing: Is it spurious?", CESifo Working Paper No. 1681.
- Takalo, T., Tanayama, T. y O. Toivanen (2008): "Evaluating innovation policy: a structural treatment effect model of R&D subsidies", Discussion Paper 7/2008, Bank of Finland, Helsinki.
- Wallsten, S. J. (2000): "The Effects of Government-Industry R&D Programs on Private R&D: The Case of the Small Business Innovation Research Program", *The Rand Journal of Economics* 31(1), pp. 82-100.



Wooldridge, J. (2005): “Simple Solutions to the Initial Conditions Problem in Dynamic Nonlinear Panel Data Models with Unobserved Heterogeneity”, *Journal of Applied Econometrics* 20(1), pp. 39-54.

