

Evaluación de los incentivos fiscales a la I+D en España

M. Beatriz Corchuelo Martínez-Azúa

Universidad de Extremadura. bcorchue@unex.es

Ester Martínez Ros

Universidad Carlos III de Madrid. emros@emp.uc3m.es

Resumen

Este trabajo analiza los efectos de los incentivos fiscales sobre las actividades de I+D y cómo influyen en su desarrollo por las empresas privadas. El análisis se restringe a las empresas que declaran conocer este tipo de incentivos. La investigación está motivada por el hecho de que España está considerado el país con el más generoso tratamiento fiscal para este tipo de inversión aunque, a pesar de ello, los datos muestran que los incentivos se conocen y, sobre todo, aplican escasamente. Se utilizan datos de empresas manufactureras en el año 2002. Empíricamente, se analiza el efecto promedio del tratamiento (la aplicación de los incentivos) sobre los tratados (no tratados) utilizando métodos no-paramétricos (estimadores matching) y paramétricos (modelo de selección en dos etapas de Heckman con variables instrumentales). En primer lugar, encontramos que las grandes empresas, especialmente las innovadoras, tienen mayor probabilidad de utilizar los incentivos fiscales en tanto que las pymes encuentran algunos obstáculos en su uso que reducen la probabilidad. En segundo lugar, se obtiene que el efecto promedio de la política sobre las empresas que aplican los incentivos es positivo, aunque solamente significativo en las grandes empresas. La principal conclusión es que los incentivos fiscales se aplican aleatoriamente en las pymes pero no en las empresas grandes y en sectores de alta-media intensidad tecnológica que valoran sus beneficios con un efecto positivo en sus actividades de innovación.

Clasificación JEL: O31, H25, H32.

Abstract

This paper explores the effects of R&D fiscal incentives on innovation activity and how these effects affect to the performance of R&D activities. We restrict the analysis to those firms that know this type of incentives. The research is motivated because Spain is considered the most generous country in the OECD in fiscal treatment of R&D but, in spite of the generosity, data reveal that fiscal incentives are known and, especially, used scarcely. We use data from Spanish manufacturing firms in 2002. Empirically, the average treatment effect on the treated (untreated) is investigated using non-parametrical (matching estimators) and parametrical (Heckman's two-step selection model with instrumental variables) methodology. First, we find that large firms, especially those that perform innovations, have higher probability to use the fiscal incentives while SMEs find some obstacles in their use that reduce the probability. On the other hand, the average effect of the policy is positive, but only significant in large firms. The main conclusion is that fiscal incentives may be randomly distributed in SMEs but not in large and high-medium tech sectors firms which value the benefits of fiscal incentives with a positive effect on their innovative activities.

JEL Classification: O31, H25, H32.

Evaluación de los incentivos fiscales en España

Beatriz Corchuelo Martínez-Azúa y Ester Martínez Ros

1. Introducción

La existencia de externalidades que crean una brecha entre la rentabilidad privada y social de las actividades de I+D hacen que las empresas privadas, principales agentes del proceso de innovación, gasten menos que lo que sería socialmente deseable [Arrow (1962) y Nelson (1959)]. Los gobiernos tratan de resolver este problema a través de diferentes medidas, como los incentivos fiscales a la I+D, con el fin de estimular las actividades de innovación en la mayoría de los países de la OCDE. La efectividad de estos instrumentos depende, no obstante, de su diseño que, a su vez, depende del sistema fiscal y de sus objetivos [Comisión Europea (2003)].

España está considerado el país con el tratamiento fiscal a la I+D más generoso en la OCDE [Warda (2001 y 2002)]. Los beneficios fiscales actúan en la base imponible (libertad de amortización) y en la cuota (deducciones por actividades de I+D+i) del Impuesto sobre sociedades y pueden ser aplicados por todas las empresas que desarrollen este tipo de actividad, independientemente del éxito o fracaso del proyecto¹. Como consecuencia, se reduce el precio de la I+D [Marra (2004), Corchuelo (2006)], por lo que pueden estimular las actividades de innovación y reducir el fallo de mercado producido por su provisión subóptima en las empresas.

Sin embargo, a pesar del tratamiento fiscal favorable, la evidencia empírica revela que los incentivos fiscales se usan escasamente por las empresas españolas [Corchuelo y Martínez-Ros (2006)]. En esta línea, el principal objetivo de este trabajo es evaluar la efectividad de los incentivos. El éxito de esta política se basa en la habilidad del gobierno en su diseño y en su aplicación por las empresas en función del beneficio esperado. Es muy importante, por consiguiente, controlar los objetivos a partir de los cuales se elaboran, y las características de las empresas que los utilizan para poder explicar la participación en el sistema. Esto significa que la

¹ Los incentivos fiscales a la I+D en España están regulados en los artículos 11.2, 16.4, 35, 36 y 40.3 del Texto Refundido del Impuesto sobre Sociedades (RD-L 4/2004).

variable que explicaría la rentabilidad económica-financiera del beneficio fiscal que generan² es endógena, de forma que tiene que ser explicada. También se plantea que puede existir un problema de selección que determina el diseño de los incentivos que hace que la decisión de participación no esté aleatoriamente distribuida en las empresas.

Los estudios empíricos que han analizado la efectividad de los incentivos fiscales a la I+D utilizan generalmente técnicas econométricas de estimación paramétrica. Este trabajo utiliza una técnica no paramétrica de estimación (estimadores matching) para tener en cuenta los problemas de endogeneidad y selección. Los resultados se comparan, no obstante, con el obtenido a través de una estimación paramétrica (modelo de selección en dos etapas de Heckman con variables instrumentales).

La metodología de emparejamiento (*matching*) está siendo actualmente muy utilizada para la evaluación de las políticas públicas, especialmente las orientadas al mercado de trabajo [Heckman, Ichimura y Todd (1997), Heckman, LaLonde y Smith (1999), Lechner (2002), Dehejia y Wahba (1999, 2002), Hotz y otros (2006)]. En la evaluación de las políticas de innovación, esta metodología se ha utilizado, fundamentalmente, para analizar los efectos de las subvenciones sobre las actividades de I+D y de forma muy escasa para estudiar los efectos de los incentivos fiscales [Carnitzki y otros (2004), Heijs y otros (2006)]. Este hecho, junto a la escasa literatura que existe en España acerca de los efectos de esta política [Marra (2000 y 2004), Corchuelo (2006) y Heijs y otros (2006)] es otra importante contribución de este estudio.

Los datos proceden de la *Encuesta sobre Estrategias Empresariales* (ESEE) a nivel de empresas. La ESEE incorpora desde el año 2001 algunas preguntas relacionadas con el conocimiento y la aplicación de los incentivos fiscales a la I+D, lo que la hace idónea para desarrollar nuestro objetivo. El análisis se centra en el año 2002, debido a problemas con las respuestas de ciertas variables de 2001, aunque se utilizan campos del período 1998-2002 con el fin de elaborar otras variables fundamentales del estudio.

² El beneficio generado (en forma de reducción en el coste de la inversión) generalmente se estima a través del crédito fiscal efectivo, b-index [Mc Fetridge y Warda (1983)], o el coste de capital.

Los principales resultados son: 1) el tamaño empresarial no afecta la probabilidad de aplicación de los incentivos fiscales y son utilizados principalmente por empresas que garantizan la viabilidad de los proyectos y más implicadas la realización de I+D (especialmente grandes empresas), y aquellas que han recibido otras ayudas financieras públicas a la I+D (pequeñas y medianas empresas-pymes-, en particular). El beneficio estimado que reporta la utilización de los incentivos tan sólo se valora de forma significativa por las grandes empresas y se detectan obstáculos en su aplicación en las pymes. 2) En la estimación del estado contrafactual, se observa que, en promedio, el efecto de la política es, en general, positivo, con un aumento del esfuerzo tecnológico de las empresas que aplican los incentivos fiscales, aunque al diferenciar por tamaños el efecto positivo sólo es significativo en las grandes empresas. No obstante, el efecto inductor de la política en las empresas que realizan I+D y no aplican incentivos fiscales es positivo de forma que se plantea que, en el caso de las pymes, la consideración de las diferencias de recursos (obstáculos) que reducen la probabilidad de su aplicación podría aumentar la probabilidad no sólo de llevar a cabo actividades de I+D sino de aumentar su esfuerzo tecnológico. 3) Los resultados de la ecuación estructural en el modelo de selección de Heckman confirman que la política tiene solo un efecto significativo y positivo para las grandes empresas y aquéllas que pertenecen a sectores de alta-media intensidad tecnológica, pero no en las pymes para las que, además, no se detecta un problema de selección en la aplicación de los incentivos fiscales y el esfuerzo tecnológico desarrollado.

Estos resultados nos llevan a concluir que los incentivos fiscales a la I+D están aleatoriamente distribuidos en las pymes en tanto que las empresas grandes valoran la reducción del precio de la inversión que supone la aplicación de los incentivos fiscales y la política tiene un efecto positivo en su esfuerzo tecnológico.

El trabajo se organiza como sigue: la Sección 2 realiza una revisión de la literatura de la evaluación de las políticas de innovación, la Sección 3 presenta los datos utilizados, y en la Sección 4 se discute la metodología utilizada para el análisis empírico. Los resultados se comentan en la Sección 5, y la Sección 6 concluye.

2. Revisión de la literatura

La literatura empírica sobre los efectos de las medidas financieras públicas a la I+D es abundante. En el caso del análisis de los incentivos fiscales el objetivo principal es la medición del gasto privado adicional en I+D y su coste-efectividad, es decir, el estudio de si el gasto adicional en I+D logra superar su coste recaudatorio.

La mayoría de los trabajos se han desarrollado en el ámbito de la microeconometría debido a que los microdatos aportan una información cualitativa y cuantitativa más rica, y se han aplicado a las economías americana y canadiense [Hall y van Reenen (2000)]. No obstante, existen también estudios aplicados a otras economías [por ejemplo, Lattimore (1997) en Australia, Parisi y Sembenelli (2003) en Italia]. En el contexto macroeconómico, la literatura es más escasa si bien no menos relevante debido a que los datos agregados permiten capturar los efectos indirectos causados por los incentivos, por ejemplo las externalidades de la innovación entre países [Guellec y van Pottlesberghe (2003), Falk (2004)], así como otros factores macroeconómicos que afectan a las decisiones de I+D (la cultura innovadora, el sistema fiscal, etc.) [Bloom y otros (2002)].

La metodología utilizada en la literatura de los incentivos fiscales a la I+D combina estudios de caso [Collins (1983)], entrevistas y cuestionarios [Mansfield (1986)], y la estimación econométrica que utiliza de diferentes métodos paramétricos: modelos de impacto [Berger (1993)], y modelos de demanda [Hall (1993)]. Aunque los resultados son diversos, los estudios más recientes confirman la eficacia [Hall y van Reenen (2000)] y coste-eficacia [Finance Department of Canada (1998)] de los incentivos fiscales a la I+D. En general, la mediana de la elasticidad es -0.85 , y la media es de -0.81 [Comisión Europea (2003)].

En España, la evidencia del impacto de esta política es escasa. Tan sólo están los trabajos de Marra (2004), que concluye sobre la efectividad de los incentivos en la estructura de

costes y la demanda privada de I+D, y Corchuelo (2006) que obtiene efectividad en la probabilidad de realizar I+D y en el esfuerzo tecnológico desarrollado.

Recientemente, se están combinando métodos de estimación paramétrica y no paramétrica en la evaluación de las políticas públicas y de innovación. Dentro de estas últimas, la utilización de métodos no paramétricos (estimadores matching) está proliferando a el fin de analizar si las subvenciones públicas expulsan o complementan total o parcialmente el gasto privado en I+D. En estas investigaciones, la preocupación sobre los problemas de endogeneidad y selección llevan a identificar cómo se distribuyen las ayudas públicas y la estimación del estado contrafactual [Herrera and Heijs (2006)]. Los estudios de Czarnitzki (2001), Fier (2002), Czarnitzki y Fier (2002) y Almus y Czarnitzki (2003) en Alemania, Duguet (2004) en Francia, Lööf y Hesmati (2005) en Suecia, y Czarnitzki y Ebersberger (2006) en Finlandia, utilizan esta metodología. En España destacan los trabajos de Herrera y Heijs (2006) y González y Pazó (2006). Todos ellos han analizado el efecto de las subvenciones a la I+D sobre diversos indicadores de input de la innovación (gasto en I+D, intensidad tecnológica, etc.) y concluyen sobre un efecto adicional de las mismas, aunque de diferente magnitud. Otros estudios, como los de Czarnitzki y Hussinger (2004) en Alemania, y Herrera (2004) en España, también obtienen adicionalidad de las subvenciones públicas no sólo en el input sino también sobre diversos indicadores de output de la innovación (patentes, innovaciones de producto y empleo de I+D).

Recientemente, hay estudios que combinan técnicas econométricas paramétricas y no paramétricas en la evaluación de las políticas de innovación. Por ejemplo, Kaiser (2004) que utiliza modelos de selección de Heckman y estimadores matching (*nearest neighbour matching*), Görg y Strolb (2005) en Irlanda que realizan estimaciones paramétricas (DID) y no-paramétricas (estimador matching Caliper) y Aerts y Czarnitzki (2006) en Bélgica que utilizan estimadores matching y variables instrumentales. Czarnitzki y Licht (2005) combinan las dos metodologías para estudiar la adicionalidad en el gasto y los resultados de I+D en empresas alemanas innovadoras y no innovadoras. Excepto el estudio de Kaiser (2004) cuyos resultados revelan que no existe evidencia de un efecto expulsión del gasto privado por el gasto público, el

resto de los estudios rechazan la existencia de este efecto. En España, Duch y otros (2006) utilizan estimadores matching y MCO y obtienen efectos positivos también, no sólo sobre los ingresos sino sobre el valor añadido.

Finalmente, se han desarrollado estudios que utilizan las dos aproximaciones para analizar el efecto de las subvenciones a la I+D sobre los resultados de la innovación y la colaboración en I+D. Czarnitzki and Fier (2003) en Alemania, Ebersberger y Lehtoranta (2005) en Finlandia, y Czarnitzki, Ebersberger y Fier (2006) en Finlandia y Alemania, encuentran que la financiación pública a la cooperación en I+D incrementa el número de patentes. En España, Busom y Fernández-Rivas (2005) y Busom (2006) concluyen que la elección del tipo de cooperación en I+D está asociado a determinadas características de las empresas y que las subvenciones determinan cambios de comportamientos en las estrategias de colaboración.

En relación a los incentivos fiscales a la I+D existen, en nuestro conocimiento, sólo dos trabajos que hayan analizado sus efectos utilizando metodología no paramétrica. En Canadá, Czarnitzki y otros (2004) han estudiado el impacto del crédito fiscal sobre los resultados de la innovación obteniendo un efecto positivo de la política en la probabilidad de desarrollar nuevos productos en los mercados nacionales y extranjeros de forma que concluyen que las empresas desarrollan más I+D debido a los incentivos. En España, un estudio reciente de Heijs y otros (2006) aplica la metodología *propensity score matching* (PSM) para analizar el efecto de los incentivos fiscales sobre el gasto en I+D de las empresas. Rechazan un efecto expulsión de la política aunque consideran que no genera inversión adicional en I+D.

3. Los datos

Los datos que utilizamos proceden de la *Encuesta sobre Estrategias Empresariales* (ESEE)³ que contiene datos de 1990 a 2002 de empresas manufactureras con más de 10 trabajadores a las que se pregunta acerca de sus estrategias en el corto y largo plazo, incluyendo las decisiones de I+D. Desde el año 2001, la ESEE incluye algunas cuestiones sobre le conocimiento y la aplicación de los incentivos fiscales lo que permite distinguir entre las empresas que saben de la existencia de los mismos y las que los utilizan. Debido a diferentes

³ Ver Fariñas y Jaumandreu (1999) y www.funep.es para su diseño y elaboración.

problemas de respuesta del año 2001 la investigación se refiere al año 2002 aunque algunas variables se toman del período 1998 a 2002 con el fin de elaborar otras interesantes para el estudio. La muestra final total es de 1708 empresas.

El Cuadro 1 analiza el conocimiento y uso de los incentivos fiscales por tamaños⁴ y sectores⁵. En la muestra total se observa que, en el total, apenas algo más de la mitad de las empresas declara conocer los incentivos, pero al diferenciar por tamaños o sectores, los porcentajes son especialmente reducidos en las pymes y empresas que pertenecen a industrias de media y baja intensidad tecnológica. Menos de la mitad de las empresas aplican los incentivos fiscales. Al considerar a las empresas con gasto en I+D, los porcentajes aumentan, especialmente en pymes y empresas de industrias de media-baja intensidad tecnológica aunque sigue siendo escaso el porcentaje de empresas que declara aplicarlos.

El Cuadro 2 analiza el esfuerzo tecnológico medio (gasto en I+D sobre ventas) que, en general, es mayor en las empresas que conocen y que, especialmente, aplican los incentivos fiscales. Esto puede ser debido a los beneficios fiscales aunque es algo que se ha de confirmar en el estudio empírico.

4. Metodología

Vamos a estimar el efecto promedio de los incentivos fiscales a la I+D sobre el esfuerzo tecnológico en I+D de las empresas utilizando dos aproximaciones diferentes: estimadores matching y modelos de selección en dos etapas de Heckman.

La metodología matching se usa cuando la información disponible está sujeta a posibles sesgos de selección debido a la existencia de diferencias entre el grupo de tratados (participantes) y no tratados (no participantes) de un programa público. Si los incentivos fiscales a la I+D estuvieran aleatoriamente distribuidos entre las empresas, se podría simplemente comparar el esfuerzo tecnológico medio de los dos grupos con el fin de obtener los efectos del

⁴ Se diferencia por tamaños debido a las características de la muestra. Es necesario hacer esta distinción debido a la diferente representatividad de las submuestras. Las empresas grandes (más de 200 trabajadores) fueron seleccionados en su totalidad en tanto que las pymes (más de 10 y menos o igual a 200 trabajadores) se seleccionaron aleatoriamente, de forma, que éstas últimas aparece infrarepresentadas en la muestra.

⁵ Los sectores se clasifican en alta-media y media-baja intensidad tecnológica de acuerdo a: www.ine.es/daco/daco42/daco4217/lstsctcnae.doc.

tratamiento (la política)⁶. Sin embargo, la aleatoriedad en el tratamiento es, con frecuencia, inevitable en un programa de evaluación. Los incentivos fiscales no se distribuyen aleatoriamente pues dependen de su diseño y las empresas, al menos en parte, determinan su participación en función a los beneficios que conlleve su uso. En otras palabras, existe un problema de selección en la política. El estimador matching intenta emular la situación de un experimento en el que los incentivos se distribuyen aleatoriamente comparando los resultados de pares de empresas muy similares en sus características. Una vez detectadas las características que no difieren en el grupo de tratados y no tratados, se puede argumentar que los incentivos tendrían el mismo efecto si hubieran beneficiado a otra empresa similar, de forma que se puede comparar el esfuerzo tecnológico promedio del grupo de empresas participantes con el grupo de empresas similares obtenido del total de no participantes. La principal ventaja de esta aproximación es que no es necesario suponer ninguna forma funcional ni de distribución del término de error. No obstante, esta metodología presenta también algunos inconvenientes: sólo permite controlar la heterogeneidad entre las empresas tratadas y no tratadas [Czarnitzki *et al* (2004)], se supone que la selección depende solamente de factores observables, lo que significa que el investigador tiene que observar todos los factores relevantes que puedan afectar a la probabilidad de recibir el tratamiento [Hussinger (2006)], y se basa fuertemente en el supuesto de existencia de un soporte común (*common support*) para las variables consideradas en el grupo de tratados y el grupo de control potencial [Heckman *et al* (1996, 1997)].

Debido a los inconvenientes de la metodología que solo tiene en cuenta el tratamiento binario, los resultados se comparan con una segunda aproximación metodológica. Los modelos de selección tienen en cuenta los factores observables e inobservables. Una característica de estos modelos es la separabilidad aditiva de los componentes inobservados. El supuesto de existencia del *common support* no es tampoco un problema en esta metodología aunque tiene, por contra, el coste de adoptar una forma funcional.

⁶ Bajo la restricción débil de independencia de medias que supone que la participación de las empresas en los incentivos fiscales es aleatoria, se puede estimar el resultado a través de la media simple de los tratados y los no tratados [Wooldridge (2001)].

Para el análisis empírico, se trabaja con la muestra de empresas que declaran conocer los incentivos fiscales (que incluye a empresas que no realizan I+D), y con la submuestra de empresas que realizan I+D y declaran conocer los incentivos⁷. Se trabaja con la muestra total con el fin de tener en cuenta el estatus de participación la empresa para evaluar el efecto inductor de los incentivos en las empresas que no realizan I+D [Aerts y Czarnitzki (2006), González y Pazó (2006)]. Si solamente consideráramos a las empresas que realizan I+D se podría infravalorar el efecto del tratamiento porque el modelo no permite detectar que las empresas no realizaran I+D en el caso de que no hubiera incentivos.

En el método matching, se evalúa el efecto “causal” de las empresas que aplican los incentivos fiscales (grupo de tratamiento o participante, $A=1$) sobre el esfuerzo tecnológico de I+D (Y_1), y el resultado potencial (Y_0) en las que no los aplican (grupo de no tratados o no participantes, $A=0$). El problema fundamental de la inferencia causal es que no es posible observar el efecto de tratamiento individual. Por lo tanto, bajo ciertos supuestos, es posible estimar el efecto promedio del tratamiento de la muestra. Podemos estimar el efecto promedio del tratamiento sobre los tratados (*Average Effect of Treatment on the Treated- ATT*) de la forma siguiente:

$$ATT = E(Y_1 - Y_0 | A = 1) = E(Y_1 | A = 1) - E(Y_0 | A = 1) \quad [1]$$

Y, el efecto promedio del tratamiento sobre los no tratados (*Average Effect of Treatment on the Untreated- ATC*):

$$ATC = E(Y_1 - Y_0 | A = 0) = E(Y_1 | A = 0) - E(Y_0 | A = 0) \quad [2]$$

Para llevar a cabo la estimación del efecto promedio del tratamiento sobre los tratados necesitamos construir el estado contrafactual (*counterfactual*) $E(\hat{Y}_0 | A = 1)$ en la ecuación [1], es decir, el esfuerzo tecnológico que las empresas participantes habrían desarrollado en el caso de que no hubieran aplicado los incentivos fiscales, para lo cual se selecciona del grupo de empresas no participantes un grupo de control con la distribución de las variables observadas

⁷ En comparación, el estudio de Heijs y otros (2006), en España, trabaja solamente con las empresas innovadoras.

más similar posible al de las participantes⁸. Para ello, suponemos que las diferencias relevantes entre los tratados y no tratados son capturadas por un vector de características observables, X . Entonces, seleccionamos de las empresas no tratadas un grupo de control en el cual la distribución de las variables observadas sea lo más similar posible a la distribución de las empresas tratadas. Sin embargo, en vez de utilizar directamente el vector X , en el trabajo se utiliza el *propensity score* (PS) propuesto por Rosembaum y Rubin (1977) como argumento para el emparejamiento (*matching*). Rosembaum y Rubin (1977) definen el PS como la probabilidad condicional de aplicar los incentivos fiscales [$p(x) = \Pr\{A = 1|X = x\}$]. Demuestran que si la exposición al tratamiento es aleatoria entre las características definidas por X , es también aleatorio en las características definidas por el valor de una medida sintética $p(x)$.

El paso siguiente es emparejar cada empresa tratada con un grupo de empresas no tratadas “equivalente”, y asociar el esfuerzo tecnológico de I+D de las empresas tratadas i , Y_i , el resultado ponderado de sus “vecinos” j del grupo de comparación ($A=0$) para obtener [1]⁹:

$$\hat{y}_i = \sum_{j \in A=0} w_{ij} y_j \quad [3]$$

donde $w_{ij} \in [0,1]$ con $\sum_{j \in A=0} w_{ij} = 1$ es la ponderación necesaria para formar una comparación con el otro grupo, el de empresas no tratadas (para el *ATT*). Se van a utilizar dos tipos de estimadores *matching* o de emparejamiento para obtener el efecto del tratamiento (el uso de los incentivos) sobre los tratados (empresas que aplican) y los no tratados (empresas que no

⁸ Para calcular el efecto promedio del tratamiento sobre los no tratados, necesitaremos construir el estado contrafactual $E(\hat{Y}_1|A=0)$ en la ecuación [2], es decir, el esfuerzo tecnológico que hubieran desarrollado las empresas no participantes si hubieran aplicado los incentivos seleccionando un grupo de control de las empresas participantes (en este caso, el estado contrafactual) con la distribución de características observables más similar.

⁹ Así como emparejar a cada empresa no tratada j con el grupo “más similar” de las empresas tratadas asociando a su esfuerzo tecnológico, Y_j , el resultado ponderado de sus “vecinos” del grupo de tratamiento i en el grupo de comparación ($A=1$) para obtener [2]:

$$\hat{y}_j = \sum_{i \in A=1} w_{ji} Y_i$$

aplican)¹⁰. En primer lugar, escoger la(s) empresa(s) del grupo de control más similar(es), es decir, el “vecino más cercano” (*nearest neighbour matching*)¹¹ :

$$j : |p_i - p_j| = \min_{k \in \{A=0\}} \{|p_i - p_k|\} \quad w_{ik} = 1(K = j) \quad [4]$$

para estimar el efecto del tratamiento sobre las empresas tratadas i ¹².

En segundo lugar, se usa una media ponderada de los resultados de más empresas no tratadas (tratadas) en donde la ponderación es una proporción del más cercano de los observables de i (j) y j (i), es decir, el estimador Kernel (*Kernel-base matching*)¹³ :

$$w_{ij} = \frac{K\left(\frac{p_i - p_j}{h}\right)}{\sum_{j \in A=0} K\left(\frac{p_i - p_j}{h}\right)} \quad [5]$$

para estimar el efecto de tratamiento sobre las empresas tratadas i ¹⁴.

Una vez emparejadas las empresas, el promedio de la diferencia entre el resultado (esfuerzo tecnológico) efectivo y el estimado se considera causado por la política. El procedimiento es sencillo, aunque para derivar las ecuaciones [1] y [2] es necesario que se cumplan dos propiedades dado el PS:

1) Debe existir un equilibrio en el vector de características individuales dado el PS (*balancing property*):

$$A \perp X \quad | \quad p(X) \quad [6]$$

¹⁰ Se puede consultar Heckman, Ichimura y Todd (1997,1998), Heckman, Ichimura, Smith y Todd (1998), Smith (2000), Becker e Ichino (2002) y Smith y Todd (2004) sobre el uso de diferentes tipos de estimadores matching.

¹¹ Este estimador se aplica en Czarnitzki (2001), Fier (2002), Czarnitzki y Fier (2002), Almus y Czarnitzki (2003), Czarnitzki y Hussinger (2004), Kaiser (2004), Czarnitzki, Ebersberger y Fier (2004), Lööf y Hesmati (2005), Czarnitzki y Licht (2005), Czarnitzki y Ebersberger (2006), González y Pazó (2006), Herrera y Heijs (2006) y Aerts y Czarnitzki (2006).

¹² $i : |p_j - p_i| = \min_{k \in \{A=1\}} \{|p_j - p_k|\} \quad w_{jk} = 1(K = i)$ para estimar el efecto de tratamiento sobre las empresas no tratadas j .

¹³ Se utiliza en Czarnitzki y Fier (2003), Duguet (2004), Kaiser (2004), Ebersberger y Lethoranta (2005), Busom y Fernández-Ribas (2005) y Busom (2006)]

¹⁴ $w_{ij} = \frac{K\left(\frac{p_j - p_i}{h}\right)}{\sum_{i \in A=1} K\left(\frac{p_j - p_i}{h}\right)}$ para estimar el efecto de tratamiento sobre las empresas no tratadas j .

donde A muestra el estatus de tratamiento (aplicar o no los incentivos fiscales). Así, empresas con un mismo valor de PS deben tener la misma distribución de características individuales independientemente del estatus de participación en el programa, con lo que se garantiza que la exposición al tratamiento es más aleatoria.

2) Debe verificarse el supuesto de independencia condicional (*Conditional Independence Assumption- CIA*) dado el PS:

$$Y_1, Y_0 \perp A \mid p(x) \quad [7]$$

que permite suponer que las diferencias son capturadas en PS y las variables de resultado son independientes del estatus de participación en el programa.

4.1. Estimación del Propensity Score (PS)

Vamos a estimar la probabilidad de participación (aplicación de los incentivos fiscales) – el PS- considerando una distribución normal¹⁵:

$$p(x) = \Pr\{A = 1 \mid X = x\} = F(h(X = x)) \quad [8]$$

donde $h(X)$ es una función de covariantes. La muestra se restringe al soporte común (*common support*), es decir, se eliminan todas las observaciones de las empresas tratadas con probabilidades superiores al máximo e inferiores al mínimo en el grupo de control potencial. Para las dos muestras (empresas que conocen y empresas con gasto en I+D que conocen) se estima el PS diferenciando entre empresas grandes y pymes para evaluar los efectos por tamaño empresarial. Se utiliza la especificación de Corchuelo y Martínez Ros (2006) en la que la variable dependiente es una variable binaria de valor 1 si la empresa aplica los incentivos fiscales y 0, en otro caso. El vector de covariantes incluye variables que se clasifican en tres grupos. El primer grupo considera variables binarias de características de las empresas: tamaño ($D10-20$, $D21-50$, $D51-100$, $D101-200$, $D201-500$, $D>500$, con valor 1 si la empresa está el intervalo de número de trabajadores) con el fin de tener en cuenta las habilidades de gerencia de la empresa [Czarnitzki y Fier (2002), González y Pazó (2006)], sector ($DM-HS$, con valor 1 si la empresa pertenece a un sector de alta-media intensidad tecnológica) para capturar las

¹⁵ Se ha utilizado el programa *pscore.ado* (Stata 8) propuesto por Becker e Ichino (2002) para estimar el PS y comprobar que se verifica la propiedad del equilibrio en las características individuales (ecuación [6]).

oportunidades tecnológicas del sector al que pertenecen las empresas, y una variable financiera (*estabilidad financiera*, con valor 1 si el cociente de fondos propios sobre pasivo de la empresa es mayor que 0,5, y 0 en otro caso) para incluir diferencias en la forma de financiación de las inversiones entre empresas [Harhoff (1998), Hall (2002)]. El segundo grupo incluye variables binarias relacionadas con las actividades de innovación de las empresas: *empresa estable de I+D*, con valor 1 si la empresa ha realizado actividades de I+D de forma estable en el período 1998-2000, y 0 si no ha realizado I+D o sólo en algún(os) de los años, con el fin de considerar la experiencia innovadora de las empresas [Busom (2000), Blanes y Busom (2004)], y *haber recibido subvenciones en 2002*, para tener en cuenta que las empresas que aplican los incentivos fiscales también conocen otras ayudas públicas a la innovación a su alcance y tienen perfectamente identificados los gastos de I+D cualificados para la obtención de las ayudas.

Finalmente, se han considerado variables basándonos en el supuesto de que, en la decisión de participación, existe una evaluación coste-beneficio de las empresas. El beneficio de la aplicación es aproximado por la variable *b-index*¹⁶, que representa el mínimo beneficio que una empresa espera obtener al invertir en I+D considerando la existencia de incentivos fiscales. Los costes de aplicación se aproximan a través de variables que revelan los obstáculos percibidos por las empresas en el uso de los incentivos fiscales y que se manifiestan en diferencias de recursos (humanos, técnicos). Así, se considera la variable binaria *falta de personal de I+D*, con valor 1 si la empresa no tiene contratado personal de I+D en 2002 y 0 en otro caso, e *importancia de mejoras en la calidad de la producción*, con valor 1 si la empresa no ha realizado controles de calidad, no realiza investigación de mercado y marketing para la comercialización de sus productos y actividades de diseño, y 0 si no las realiza o realiza sólo alguna(s) de ellas¹⁷.

¹⁶ El b-index es una medida sintética original de Mc Petridge y Warda (1983) que permite comparar la generosidad fiscal de diferentes sistemas de incentivos fiscales. Es también el componente fiscal del coste de capital de un proyecto marginal de I+D. Ver Corchuelo (2006) y Corchuelo y Martínez Ros (2006) para los detalles de la elaboración de esta variable en este estudio.

¹⁷ El cuadro de estadísticos descriptivos de las variables utilizadas no se incluye por razones de espacio, aunque están a disposición de aquellos que lo soliciten.

Se comprueba que las variables *b-index* y *haber recibido subvenciones en 2002* son endógenas¹⁸ de forma que se utilizan variables instrumentales a fin de considerar la endogeneidad. A este fin, la variable *b-index* se retarda un período y se ha utilizado un método de estimación en dos etapas [Wooldridge (2001, pp. 477-478)] para obtener la probabilidad estimada [\hat{P} (haber recibido subvenciones I+D en 2002)] de la regresión probit de la variable *haber recibido subvenciones en 2002* (variable binaria de valor 1 si la empresa ha solicitado y obtenido una subvención en 2002, y 0 en otro caso) con una serie de covariantes¹⁹.

Las probabilidades estimadas (las llamadas PS) obtenidas de las regresiones son las que se utilizan como argumento en el procedimiento de emparejamiento. Este procedimiento se compara con la estimación de un modelo de selección en dos etapas en las que, en una primera etapa se analiza la probabilidad de aplicar los incentivos fiscales para lo cual se emplean las mismas variables explicativas que en PS, y en una segunda etapa se analiza el esfuerzo tecnológico en I+D en función de una serie de variables entre las que se encuentra el indicador del beneficio que las empresas esperan obtener de la aplicación de los incentivos (rentabilidad esperada retardada un período- $\hat{B} - index_{t-1}$ - que se utiliza como variable instrumental para tratar la endogeneidad de esta variable). En esta segunda etapa, se han eliminado las variables de obstáculo al no tener impacto en la ecuación estructural (restricción de exclusión).

5. Resultados

5.1. Probabilidad de aplicar los incentivos (PS)

El Cuadro 3 muestra el PS de aplicar los incentivos fiscales para las empresas que conocen los incentivos fiscales y el Cuadro 4 el PS de la submuestra de empresas que realizan

¹⁸ Se ha utilizado el test de endogeneidad de modelos probit de Blundell y Smith para ver la posible endogeneidad de estas variables. Bajo la hipótesis alternativa, hemos regresado las variables como una proyección lineal de los instrumentos. Entonces, los residuos obtenidos se han incluido en el modelo, t, bajo la hipótesis nula, se ha rechazado la exogeneidad, de forma que se comprueba la endogeneidad de las variables. El comando *progenog* en Stata 8 permite realizar este test.

¹⁹ Ver Corchuelo y Martínez Ros (2006) para detalles.

I+D y conocen los incentivos fiscales. En todas las especificaciones se verifica la condición de equilibrio en las características individuales (*balancing property*)²⁰.

Se observa que la probabilidad de participación aumenta con el tamaño empresarial en la muestra total, pero no cuando se restringe a la submuestra de empresas que realizan I+D, resultado que también se obtiene en Heijs y otros (2006). Las oportunidades tecnológicas del sector son no significativas en las dos muestras. Una variable que explica la probabilidad de aplicar los incentivos fiscales es haber recibido subvenciones a la I+D. Las empresas que solicitan subvenciones tienen perfectamente identificados los gastos de I+D cualificados y pueden soportar los costes de administración y cumplimentación que suponen, de forma que, como se esperaba, este factor influye en el uso de los incentivos fiscales. La estabilidad financiera incrementa la probabilidad de participar, aunque el coeficiente de la variable es significativamente distinto de cero tan sólo para las pymes, lo que muestra la importancia de no tener restricciones financieras para invertir en I+D [Corchuelo (2006)]. Realizar I+D de forma estable también incrementa, en general, la probabilidad de participar, aunque esta variable sólo es significativa por tamaño para las grandes empresas, lo que muestra que las empresas con gran capacidad de innovar tienen también mayor probabilidad de aplicar los incentivos fiscales. Finalmente, solo las grandes empresas valoran los beneficios que reportan los beneficios fiscales (variable *b-index*), en tanto que las pymes perciben más obstáculos en su uso como consecuencia de diferencias de recursos humanos y técnicos, principalmente.

En resumen, los resultados obtenidos muestran que las empresas con mayor capacidad de innovación [Czarnitzki *et al* (2004), Herrera y Heijs (2006), Heijs y otros (2006)], que participan en otros tipos de ayudas financieras públicas a la innovación y con una situación financiera estable, son las que tienen una mayor probabilidad de aplicar los incentivos fiscales.

5.2. Efectos promedios del tratamiento

Los Cuadros 5 (empresas que conocen) y 6 (empresas que realizan I+D y conocen) muestran los efectos promedios de la aplicación de los incentivos fiscales sobre el esfuerzo

²⁰ El número de bloques que asegura que la media del PS no es diferente en el grupo de tratados y el grupo de control y el número de tratados y de controles para cada bloque en la región de soporte común (*common support*) no se incluyen por razones de espacio aunque que están a disposición de los interesados que los soliciten.

tecnológico de acuerdo a la metodología y tipos de estimadores descritos y diferenciando por tamaño empresarial²¹. Para evitar los sesgos del estadístico t^{22} , se aplica el método *bootstrapping*²³. En el Cuadro 5 se observa que sólo el estimador SATT presenta un efecto positivo y significativo del incentivo fiscal en la muestra total y por tamaños, lo que supone un incremento del esfuerzo tecnológico causado por la política fiscal. Comparativamente, el efecto es superior en las pymes. No obstante, el efecto que el incentivo podría haber tenido sobre las empresas que no lo han aplicado en el caso de que lo hubieran hecho, no es significativo.

Cuando solamente se considera empresas con gasto en I+D que conocen los incentivos fiscales (Cuadro 6), el efecto positivo y significativo de los incentivos se muestra sólo en las grandes empresas, aunque es, sin embargo, inferior al obtenido en Heijs y otros (2006): 1,143 (considerando a la totalidad de empresas que tienen gasto en I+D). Las grandes empresas valoran el beneficio obtenido de los incentivos fiscales (estimación del PS) y esto tiene un efecto positivo en el esfuerzo tecnológico. Las pymes, por el contrario, presentan limitaciones que dificultan su acceso a la política y se manifiesta también en el esfuerzo tecnológico. No obstante, el efecto que los incentivos podría haber tenido en las empresas que no los han usado en el caso de haberlo hecho es positivo y significativo en la muestra total (sin diferenciar por tamaños) lo que muestra el incremento potencial en el esfuerzo tecnológico que las empresas que no aplican (especialmente pymes), podrían haber desarrollado.

Finalmente, los Cuadros 7 y 8 muestran los resultados de la ecuación estructural método de selección de Heckman. La variable dependiente de las regresiones es el esfuerzo tecnológico en logaritmos y se ha considerado el logaritmo del *b-index* como variable independiente para obtener la elasticidad del esfuerzo tecnológico debido a los beneficios fiscales. Los resultados

²¹ Se utiliza la metodología descrita en Becker e Ichino (2002) en las dos primeras filas (comandos *attnd*, *attk de Stata8*). Para las dos últimas fila se emplea la metodología descrita en Abadie y Imbens (2004) (SATT y SATC, comando *nnmatch* de Stata8) utilizando más de un “vecino cercano” [Smith (2000)] de forma que se reduce la varianza del estimador [Smith y Todd (2004)] porque las observaciones con “vecinos cercanos” insuficientes son ignorados y el grupo de posibles emparejamientos es mayor, lo que permite reducir sesgos [Abadie et Imbens (2006)].

²² El valor de este estadístico puede estar sesgado en este procedimiento porque no capta que la media de la variable de resultado del grupo de control no es resultado de un muestreo aleatorio sino una estimación (el PS y el procedimiento de emparejamiento).

²³ Este método simula la distribución del resultado medio del grupo de control por muestras repetidas. Esta distribución empírica puede calcular un error estándar y, por lo tanto, el estadístico t no está sesgado.

son similares al del procedimiento de emparejamiento. Solo los coeficientes de las oportunidades tecnológicas del sector y la variable *b-index* son significativamente distintos de cero y tienen el signo correcto. El esfuerzo tecnológico en I+D se incrementa en las empresas de alta-media intensidad tecnológica y cuanto menor es el *bindex* (indicador de la rentabilidad esperada), si bien este último es solamente significativo en las grandes empresas. La estimación paramétrica muestra que en las grandes empresas y aquellas que pertenecen a sectores de alta-media intensidad tecnológica los incentivos fiscales son efectivos. El ratio de Mill no es significativo en las pymes lo que indica que no existe un problema de selección y apoya que los incentivos están aleatoriamente distribuidos en este tamaño empresarial.

6. Conclusiones

Los incentivos fiscales a la I+D son instrumentos utilizados por los gobiernos para estimular la actividades de innovación. En el caso de España, la política fiscal está considerada la más favorable en los países de la OCDE, aunque es utilizada de forma escasa por las empresas. El objetivo de este trabajo es analizar la efectividad de estos instrumentos sobre el esfuerzo tecnológico desarrollado por las empresas. Para ello, se utiliza una aproximación paramétrica (estimadores matching) y no paramétrica (modelos de selección en dos etapas) en una muestra de empresas manufactureras españolas.

Los resultados muestran que las empresas con mayor capacidad de innovar (especialmente las de mayor tamaño) y aquellas con una situación financiera estable y que han solicitado subvenciones a la I+D (especialmente las pymes) tienen mayor probabilidad de aplicar los beneficios fiscales. Las pymes encuentran obstáculos importantes para aplicarlos.

La principal conclusión acerca de la distribución de los incentivos fiscales es que la política fiscal es solamente efectiva en las grandes empresas y aquellas que pertenecen a sectores de alta-media intensidad tecnológica y no tiene efectos en las pymes donde los incentivos fiscales son distribuidos aleatoriamente.

Referencias bibliográficas

- Abadie, A., D. Drukker, J. Leber Herr y G.W. Imbens (2004): “Implementing matching estimators for average treatment effects in Stata”, *The Stata Journal* 4(3), pp. 290-311.
- Abadie, A. y G.W. Imbens (2006): “Large sample properties of matching estimators for average treatment effects”, *Econometrica*, vol. 74, n.º. 1 (Enero, 2006), pp. 235-267.
- Abadie, A. y G.W. Imbens (2005): “On the failure of the bootstrap for matching estimators”
<http://ksghome.harvard.edu/~aabadie/bootstrap.pdf>
- Aerts, K. y D. Czarnitzki (2005): “Using innovation survey data to evaluate R&D policy: the case of Flanders” *ZEW Discussion Paper* n. 04-55.
- Aerts, A. and T. Schmidt (2006): “Two for the price of one? On additional effects of R&D subsidies: A comparison between Flanders and Germany”. *MSI* n.º 0607, Katholieke Universiteit Leuven *ZEW Discussion Papers*, 06-063, Mannheim).
- Almus, S. y D. Czarnitzki (2003): “The effects of public R&D subsidies on firm’s innovation activities: the case of Eastern Germany”, *Journal of Economic Statistics*, 21(1), pp. 226-236.
- Arrow, K. (1962): “Economic Welfare and the Allocation of Resources for Inventions”, en R. Nelson (ed.), *The Rate and Direction of Inventive Activity*. Princeton University Press.
- Becher, S. y A. Ichino (2002): “Estimation for average treatment effects based on propensity scores”, *The Stata Journal* 2(4), pp. 358-377.
- Berger, P. (1993): “Explicit and implicit tax effects of the R&D tax credit”, *Journal of Accounting Research*, vol. 31, n.º.2.
- Blanes, J.V. y I. Busom (2004): “Who participates in R&D subsidy programs? The case of Spanish manufacturing firms”, *Research Policy*, 33, pp. 1459-1476.
- Bloom, N., R. Griffith y J. Van Reenen (2002): “Do R&D credits work? Evidence from an international panel of countries 1979-1997”, *Journal of Public Economics*, 85, pp. 1-31.
- Busom, I. (2006): “The impact of firm participation in R&D programs on R&D partnerships”, paper presented at Escuela de Economía de la Innovación “Zvi Griliches”, July, Santander.
- Busom, I. y A. Fernández-Ribas (2005): “Firms strategies in R&D: cooperation and participation in R&D programs”, *WIFO Working Papers* n.º 251, April.
- Collins, E. (1983): *An early assessment of three R&D tax incentives provided by the Economic Recovery Tax Act of 1981*, Vol. PRA Report 83-7, Washington, DC: National Science Foundation, 1983.
- Corchuelo, M.B. (2006): “Incentivos fiscales en I+D y decisiones de innovación”, *Revista de Economía Aplicada*, n.º 40 (vol. XIV), pp. 5-34.
- Corchuelo, M.B. y E. Martínez-Ros (2006): “Participación de las empresas españolas en el sistema de incentivos fiscales a la I+D”, mimeo.
- Czarnitzki, D. (2001): “Die Auswirkungen der Forschungs- und Technologiepolitik auf die Innovationsaktivitäten ostdeutscher Unternehmen” (“The impact of R&D policies on the innovation activities of Eastern German enterprises”), *Journal of Applied Social Science Studies*, 121(4), pp. 539-560.
- Czarnitzki, D. y A. Fier (2002): “Do innovation subsidies crowd out private investment: evidence from the German service sector”, *Applied Economics Quarterly*, 48(1), pp. 1-25.

- Czarnitzki, D., P. Hanel y J.M. Rosa (2004): "Evaluating the impact of R&D tax credit on innovation: A microeconomic study on Canadian firms", *Discussion Paper* N°. 04-77, ZEW (Centre for European Economic Research).
- Czarnitzki, D. y K. Hussinger (2004): "The link between R&D subsidies, R&D spending and technological performance", *ZEW Discussion Paper*, 04-56, ZEW (Centre for European Economic Research), Mannheim.
- Czarnitzki, D., B. Ebersberger y A. Fier (2004): "The relationship between R&D collaboration, subsidies and patenting activity: empirical evidence from Finland and Germany", *ZEW Discussion Paper*, 04-37, ZEW (Centre for European Economic Research), Mannheim.
- Czarnitzki, D. y G. Licht (2006): "Additionality of public R&D grants in a transition economy: the case of Eastern Germany", *Economics of Transition*, 14(1), pp. 101-131.
- Czarnitzki, D., B. Ebersberger (2006): "Distributional effects of public R&D funding", *mimeo*.
- Dehejia, R. y S. Wahba (1999): "Casual effects in nonexperimental studies: reevaluating the evaluation of training programmes", *Journal of the American Statistical Association*.
- Dehejia, R. y S. Wahba (2002): "Propensity Score-Matching methods for nonexperimental casual studies", *Review of Economics and Statistics*, vol. 84(1), pp. 151-161.
- Department of Finance Canada and Revenue Canada (1998): *Evaluation report: The Federal system of income tax incentives for scientific research and experimental development*, Ottawa.
- Duch, N., D. Montolia y M. Mediavilla (2006): "Evaluation of public subsidies oriented to firm's performance: a quasi-experimental approach", comunicación presentada en XII Jornadas de Economía Industrial, IESE-Campus de Barcelona, Barcelona, septiembre 2006.
- 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", *Review d'Economie Politique*, 114 (2), pp. 263-292.
- Ebersberger, B. y Lehtoranta (2005): "Pattern of innovative activities among Finnish firms", *VTT Publications* 558.
- European Commission (2003): *Raising EU R&D Intensity. Improving the Effectiveness of Public Support Mechanism for Private Sector Research and Development: Fiscal Measures*, EUR 20714, DG for Research Knowledge Based Society and Economy Strategy and Policy, Investment in Research, Luxemburgo.
- Falk, M. (2004 a): "European Productivity, Innovation and Public Sector R&D: Evidence from OECD country and industry-level data", background report for the European Competitiveness Report 2004, *mimeo*.
- Falk, M. (2004 b): "An empirical analysis of factors explaining the level of R&D subsidies and their productivity effects: evidence from firm-level panel data", *Austrian Institute of Economic Research*, January 2004.
- Fariñas, J.C. y J. Jaumandreu (1999): "Diez años de Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE)", *Economía Industrial*, nº. 329, pags. 29-42.

- Fier, A. (2002): "Technology policy and business innovation activities in the case of Germany", en Gretzmacher, N., G. Hutschenreiter y W. Polt (eds.): *Proceedings of the tip workshop: Changing Strategies for Business R&D and their implications for Science and Technology*, junio, pp.54-67.
- González, X. y C. Pazó (2006): "Do public subsidies stimulate private R&D spending?", *Documentos de Trabajo 0601*, enero. Departamento de Economía Aplicada. Universidad de Vigo.
- Görg, H. y E. Strolb (2005): "The effects of R&D subsidies on private R&D", *Research Paper Series (Globalisation, Productivity and Technology)* n° 38, The University of Nottingham, *Economica* (forthcoming).
- Guellec, D. y B. Van Pottlesgerghe (2003): "The impact of public R&D expenditure on business R&D", *Economics of Innovation and New Technologies*, 12(3), pp. 225-244.
- Hall, B. (1993): "R&D tax policy during the 1980s: success or failure", *Tax Policy and the Economy*, n°. 7, pp. 1-35.
- Hall, B.H. (2002): "The financing of research and development", *Oxford Review of Economic Policy*, 18(1), pp. 35-51.
- Hall, B.H. y J. Van Reenen (2000): "How effective are fiscal incentives for R&D? A review of the evidence", *Research Policy*, 29, pp. 449-469.
- Harhoff, D. (1998): "Are the financing constraints for R&D investment in German manufacturing firms?", *Annales D'Économie et de Statistique*, 49/50, pp. 421-456.
- Heckman, J., H. Ichimura y P. Todd (1997): "Matching as an econometric evaluation estimator: evidence from evaluating a job training program", *Review of Economic Studies*, 64 (5), pp. 605-664.
- Heckman, J., H. Ichimura, J. Smith y P. Todd (1998): "Characterizing selection bias using experimental data", *Econometrica*, 66 (5), pp. 1017-1098.
- Heckman, J., R. LaLonde y J. Smith (1999): "The economics and econometrics of active labour market programme", en Ashenfelter, O. y D. Card (eds.): *The Handbook of Labor Economics*, Vol. III.
- Heijs, J., M. Buesa, L. Herrera and P. Valadez (2006): "Evaluación de los incentivos fiscales a la I+D+i en España basado en el propensity score matching", *Documento de Investigación*, n°. 3, julio, Instituto de Estudios Fiscales.
- Herrera, L. (2004): "Efecto de la política de estímulo a la innovación sobre la actividad innovadora de las empresas", mimeo, Universidad de León.
- Herrera, L. y J. Heijs (2006): "Difusión y adicionalidad de las ayudas públicas a la innovación", *Revista de Economía Aplicada*, 14(41), pp. 45-65.
- Hotz, V.J., G.W. Imbens y J.A. Klerman (2006): "Evaluating the differential effects of alternative welfare-to-work training components: a re-analysis of the Californian GAIN program", *NBER Working Paper* n°. 11939, January 2006.
- Hujer, R. y D. Radic (2005): "Evaluating the impacts of subsidies on innovation activities in Germany", *ZEW Discussion Paper* N° 05-43, Manheim.
- Hussinger, K. (2006): "R&D and subsidies at the firm level: An application of parametric and semi-parametric two-step selection models", *Catholic University Leuven and Centre for European Economic Research (ZEW)*.

- Kaiser, U. (2004): "Private R&D and public subsidies: microeconomic evidence from Denmark", DP 2004-19 Centre for Economic and Business Research.
- Lattimore, R. (1997), *Research and Development Fiscal Incentives in Australia: Impacts and Policy Lessons*, Industry Commission.
- Lechner, M. (2002): "Some practical issues in the evaluation of heterogenous labour market programmes by matching methods", *Journal of the Royal Statistical Society: Serie A (Statistics in Society)*, vol. 165, febrero, p. 59.
- Lööf, H. y A. Hesmati (2005): "Additionality or crowding out? On the effectiveness of R&D subsidies", versión revisada marzo 2005. The Royal Institute of Technology. Centre of Excellence for Studies in Science and Innovation.
<http://www.infra.kth.se/cesis/research/publications/working> papers.
- Mansfield, E. (1986): "The R&D tax credit and other technology policy issues", *American Economic Review*, vol. 76, nº 2, mayo, pp. 190-194.
- Marra, M.A. (2000): "Incentivos fiscales y coste del capital de I+D privados. Evidencia por tamaño de una muestra de empresas manufactureras española 1990-1999", Universidad de Vigo.
- Marra, M.A. (2004): "Incentivos fiscales, inversión en actividades de I+D y estructura de costes. Un análisis por tamaño para una muestra representativa de empresas manufactureras españolas 1991-1999", *Hacienda Pública Española/ Revista de Economía Pública*, 170-(3/2004), pp. 9-35.
- Mc Fetridge, D.G. y J.P. Warda (1983): "Canadian R&D Tax Incentives: Their Adequacy and Impact", *Canadian Tax Paper* nº. 70, Canadian Tax foundation, Toronto.
- Nelson, R. (1959): "The simple economics of basic scientific research", *Journal of Political Economy*, 76, pp. 297-306.
- Parisi, M.L. y A. Sembenelli (2003): "Is private R&D spending sensitive to its price? Empirical evidence on panel data for Italy", *Empirica* nº 4.
- Rosebaum, P.R, and D.B. Rubin (1977): "The central role of the propensity score in observational studies for causal effects", *Biometrika*, 70(1), pp. 41-55.
- Sianesi, B. (2001): "Implementing propensity score matching estimators with Stata".
<http://fmwww.bc.edu/RePec/usug2001/psmatch.pdf>
- Smith, J. (2000): "A critical survey of empirical methods for evaluating active labor market policies", *Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik*, 136, pp. 1-22.
- Smith, J. and P. Todd (2004): "Does matching overcome Lalonde's critique of non experimental estimators?", *Journal of Econometrics*.
- Wallsten, S. (2000): "The effect of government-industry R&D programs on private R&D: the case of small business innovation research policy", *Rand Journal of Economics*, 1, pp. 82-100.
- Warda, J. (2001): "Measuring the value of R&D tax treatment in OECD countries", en *SIT Review*, nº. 27, pp. 185-211.
- Warda, J. (2002): "A 2001-2002 update of R&D tax treatment in OECD countries", informe elaborado para el *OECD Directorate for Science, Technology and Industry*.
- Wooldridge, J.M. (2001): *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, The MIT Press, Cambridge, Ma.

Cuadro 1. Empresas que conocen y aplican los incentivos fiscales por tamaño y sector en 2002

Muestra total						
TAMAÑOS	No conocen		Conocen		Aplican	
	Observaciones	% total	Observaciones	% total	Observaciones	% conocen
Pymes	610	52,1	560	47,9	102	18,2
Grandes empresas	87	16,2	451	83,8	191	42,4
Total	697	40,8	1011	59,2	293	29,0
SECTORES						
Media-baja	93	26,4	259	73,6	110	42,5
Alta-media	604	44,5	752	55,5	183	24,3
Total	697	40,8	1011	59,2	293	29,0
Empresas con gasto en I+D						
TAMAÑOS	Observaciones	No conocen		Conocen		Aplican
		Observaciones	% total	Observaciones	% total	
Pymes	62	25,6	180	74,4	82	45,6
Grandes empresas	41	10,3	357	89,7	177	49,6
Total	103	16,1	537	83,9	259	48,2
SECTORES						
Media-baja	25	11,7	188	88,3	106	56,4
Alta-media	78	18,3	349	81,7	153	43,8
Total	103	16,1	537	83,9	259	48,2

Cuadro 2. Esfuerzo tecnológico en I+D de las empresa con gasto en I+D (2002)

	No conocen	Conocen	Aplican
Pymes	1,5	2,3	3,0
Grandes empresas	0,8	1,6	2,2
Total	1,2	1,9	2,5

Cuadro 3. Probabilidad de aplicar los incentivos fiscales. Empresas que conocen.

[Variable dependiente: *aplicar deducción I+D*]

	Total	Pymes	Grandes
Constante	-1,8 (-5,4)	-0,9 (-3,0)	-0,9 (-3,8)
D21-50*	0,71 (2,4)		
D51-100*	0,69 (2,1)		
D101-200*	1,04 (3,4)		
D201-500*	0,94 (3,1)		
D> 500*	0,72 (2,4)		
DM-HS*	0,11 (1,0)	0,08 (0,4)	0,07 (0,5)
Estabilidad financiera*	0,30 (3,0)	0,43 (2,9)	0,21 (1,5)
Empresa estable de I+D*	0,62 (3,9)	0,45 (1,8)	0,66 (3,2)
\hat{P} (haber recibido subvenciones I+D en 2002)	0,69 (3,0)	1,73 (2,8)	0,51 (2,0)
$\hat{B} - index_{t-1}$	0,65 (2,3)	0,57 (1,0)	0,72 (2,2)
Falta de personal de I+D*	-0,49 (-3,1)	-0,80 (-3,2)	-0,38 (-1,8)
Importancia de mejoras en la calidad de la producción *	-0,40 (-3,1)	-0,48 (-2,5)	-0,34 (-1,8)
Número de obs.	914	518	396
Log-likelihood	-409,1	-181,9	-231,33
Región del common support	[0,018, 0,92]	[0,023,0,96]	[0,111,0,83]

Cuadro 4. Probabilidad de aplicar los incentivos fiscales. Empresas con gasto en I+D que conocen

[Variable dependiente: *aplicar deducción I+D*]

	Total	Pymes	Grandes
Constante	-1,3 (-2,7)	-0,8 (-2,3)	-1,1 (-3,9)
D21-50*	0,72 (1,5)		
D51-100*	0,88 (1,7)		
D101-200*	0,91 (1,8)		
D201-500*	0,81 (1,7)		
D> 500*	0,56 (1,1)		
DM-HS*	0,23 (1,7)	0,27 (1,1)	0,09 (0,6)
Estabilidad financiera*	0,26 (2,2)	0,47 (2,2)	0,14 (0,9)
Empresa estable de I+D*	-	0,13 (0,5)	0,80 (3,4)
\hat{P} (haber recibido subvenciones I+D en 2002)	0,81 (3,5)	1,55 (2,4)	0,52 (2,0)
$\hat{B} - index_{t-1}$	0,79 (2,7)	0,73 (1,2)	0,75 (2,2)
Falta de personal de I+D*	-0,42 (-2,1)	-0,05 (-0,2)	-0,63 (-2,3)
Importancia de mejoras en la calidad de la producción *	-0,31 (-1,9)	-0,46 (-1,8)	-0,19 (-0,8)
Número de obs.	487	171	316
Log-likelihood	-307,2	-101,9	-194,6
Región del common support	[0,12, 0,92]	[0,169,0,97]	[0,062,0,83]

Cuadro 5. Estimadores matching. Empresas que conocen los incentivos fiscales

	Total	Pymes	Grandes
ATT (NNM)	0,35 (0,9) ⁽¹⁾	0,56 (0,9) ⁽¹⁾	0,84 (2,3)⁽¹⁾
N. Tratados	283	101	182
N. Controles	149	61	84
ATT (Kernel)	0,76 (3,2)⁽¹⁾	0,53 (1,2) ⁽¹⁾	0,74 (2,6)
N. Tratados	283	101	182
N. Controles	149	390	188
SATT (NNM)	0,67 (2,6)	0,87 (2,1)	0,68 (2,3)
N. Tratados	283	101	182
N. Controles	615	417	198
% de emparejamientos exactos	100	100	100
Número de emparejamientos	4	4	4
SATC ^c (NNM)	0,23 (1,1)	0,16 (0,7)	0,33 (1,2)
N. Tratados	615	417	198
N. Controles	283	101	182
% de emparejamientos exactos	100	100	100
Número de emparajameintos	4	4	4

Nota:

(1): Errores estandar bootstrap (n. reps: 100)

SATT: Sample Average Effect of Treatment on the Treated

SATC: Sample Average Effect of Treatment on the Control

NNM:Nearest Neighbour Matching

Cuadro 6. Estimadores matching. Empresas con gasto en I+D que conocen

	Total	Pymes	Grandes
ATT (NNM)	0,12 (0,3) ⁽¹⁾	0,47 (0,8) ⁽¹⁾	0,68 (1,8) ⁽¹⁾
N. Tratados	249	81	168
N. Controles	114	42	77
ATT (Kernel)	0,75 (2,6)⁽¹⁾	0,63 (1,1) ⁽¹⁾	0,79 (2,6)
N. Tratados	249	81	168
N. Controles	231	85	142
SATT ^p (NNM)	0,84 (2,6)	0,76 (1,2)	0,82 (2,3)
N. Tratados	249	81	182
N. Controles	220	87	131
% de emparejamientos exactos	100	100	100
Número de emparejamientos	4	4	4
SATC (NNM)	0,59 (2,0)	0,71 (1,3)	0,44 (1,2)
N. Tratados	220	87	131
N. Controles	249	81	168
% de emparejamientos exactos	100	100	100
Número de emparajameintos	4	4	4

Nota:

(1): Errores estandar bootstrap (n. reps: 100)

SATT: Sample Average Effect of Treatment on the Treated

SATC: Sample Average Effect of Treatment on the Control

NNM:Nearest Neighbour Matching

Cuadro 7. Ecuación estructural del modelo de selección de Heckman. Empresas que conocen.

	[Variable dependiente: $\log(\text{esfuerzo tecnológico en I+D})$]		
	Total	Pymes	Grandes
D21-50*	0,51 (0,9)	-0,8 (-2,3)	-1,1 (-3,9)
D51-100*	-0,09 (-0,2)		
D101-200*	-0,33 (-0,6)		
D201-500*	-0,60 (-1,2)		
D > 500*	-0,72 (-1,2)		
DM-HS*	0,79 (4,2)	0,70 (2,2)	0,78 (3,0)
Estabilidad financiera*	-0,18 (-1,0)	-0,48 (-1,6)	-0,08 (-0,4)
Empresa estable de I+D*	0,43 (1,2)	0,51 (1,7)	0,06 (0,2)
\hat{P} (haber recibido subvención I+D en 2002)	0,63 (2,0)	0,75 (1,2)	0,40 (1,0)
$\text{Ln}(\hat{B} - \text{index}_{t-1})$	-0,43 (-2,1)	-0,18 (-0,6)	-0,78 (-2,4)
Ratio de Mill	-0,97 (-3,3)	-0,60 (-2,5)	-1,71 (-5,2)
Número de obs.	243	81	162
Wald chi (grados de libertad)	134,8(19)	56,0(9)	63,9(9)

Cuadro 8. Ecuación estructural del modelo de selección de Heckman. Empresas con gasto en I+D que conocen

	[Variable dependiente: $\log(\text{esfuerzo tecnológico en I+D})$]		
	Total	SMEs	Large
D21-50*	0,30 (0,6)		
D51-100*	-0,22 (-0,3)		
D101-200*	-0,41 (-0,7)		
D201-500*	-0,64 (-1,0)		
D > 500*	-0,7 (-1,0)		
DM-HS*	0,75 (3,7)	0,67 (2,0)	0,77 (2,6)
Estabilidad financiera*	-0,23 (-1,2)	-0,54 (-1,7)	-0,09 (-0,4)
Empresa estable de I+D*	0,71 (2,0)	0,71 (2,0)	0,25 (0,8)
\hat{P} (haber recibido subvención I+D en 2002)	0,49 (1,3)	0,67 (1,0)	0,32 (0,7)
$\text{Ln}(\hat{B} - \text{index}_{t-1})$	-0,49 (-2,0)	-0,02 (-0,1)	-0,89 (-2,3)
Ratio de Mill	-1,28 (-2,5)	-0,56 (-1,2)	-2,02 (-4,5)
Número de obs.	43	81	162
Wald chi (grados de libertad)	104,0(19)	42,2(9)	47,3(9)