

# DIFUSIÓN Y ADICIONALIDAD DE LAS AYUDAS PÚBLICAS A LA INNOVACIÓN\*

LILIANA HERRERA  
*Universidad de León*

JOOST HEIJS  
*Universidad Complutense de Madrid*

El objetivo del artículo es analizar el efecto de la política de subsidios a la innovación sobre la intensidad en I+D de las empresas. La metodología empleada permite tratar con dos importantes aspectos metodológicos en la tarea de evaluación de la política: la no estimación del estado contrafactual (lo que hubiese ocurrido en ausencia de políticas) y el problema derivado del proceso de distribución de las ayudas. Este proceso no es aleatorio y podría generar problemas al estimar el efecto final de la política. Los resultados permiten concluir que las empresas con una clara capacidad para garantizar el éxito de los proyectos tienen mayores probabilidades de obtener los subsidios. Contrariamente, empresas con necesidades de financiación de la innovación ven reducida esta probabilidad. En cuanto al efecto de adicionalidad, el estudio encontró que los subsidios aumentaron la intensidad en I+D de las empresas subvencionadas.

*Palabras clave:* evaluación de la política de innovación, investigación y desarrollo, subsidios a la I+D, adicionalidad.

*Clasificación JEL:* O3, O31, O38.

**E**n el marco de las políticas de innovación el Estado ha hecho cuantiosas inversiones para la puesta en marcha de programas, estrategias e instituciones que apoyan y estimulan el esfuerzo innovador de las empresas. Estas inversiones tienen una evolución creciente gracias al reconocimiento de que la actividad innovadora no sólo beneficia a las empresas y a la economía, sino que, también contribuye a alcanzar el bienestar social. Por lo anterior, la evaluación del efecto de estas políticas se ha convertido en una práctica importante en los últimos años pese a que ha venido evolucionando en ausencia de una teoría comprensiva del cambio tecnológico y del desarrollo económico que incluya el

---

(\*) Los autores agradecen todos los comentarios y sugerencias de los evaluadores anónimos y del editor de la Revista, que han permitido mejorar la versión final de este trabajo. De igual manera quieren extender los agradecimientos a los profesores Carlos Arias y Mariano Nieto de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de León.

papel del Estado [Nelson y Winter (1982), Nelson (1984)] o de un modelo macroeconómico que incorpore el papel de la política de innovación [Capron (1992)]. En este contexto, los estudios de evaluación se han llevado a cabo a un nivel microeconómico, estudiando las empresas beneficiadas y los efectos dentro de las mismas sin tener en cuenta su impacto sobre otras empresas, sobre el sistema productivo y sobre el bienestar social [Meyer-Krahmer (1989), Heijs (2001)].

En términos generales, la práctica de la evaluación se apoya en el concepto de adicionalidad a partir del cual se pretende conocer cuál es la diferencia que supone la intervención del Estado en la actividad innovadora de las empresas receptoras de una ayuda [Luukkonen (2000)]. El concepto, definido más ampliamente por Buiseret *et al.* (1995) como algo que se obtiene gracias a la intervención pública, que no existiría sin ella y que responde básicamente al efecto incentivador de la política, ha tenido un papel central en la práctica de la evaluación. Un gran número de estudios han estado dirigidos a estudiar esta diferencia. Capron (1992) y, más recientemente, David *et al.* (2000), hacen una revisión del estado del arte de los estudios econométricos. Generalmente se plantean modelos en los que alguna variable relativa a las actividades de innovación de las empresas –habitualmente el gasto en I+D– se considera en función de alguna medida del apoyo público recibido. La evidencia empírica no es concluyente porque, en algunos casos, la I+D pública complementa<sup>1</sup> la I+D privada y, en otros casos, se sustituyen<sup>2</sup>. Este último efecto de sustitución o desplazamiento es ampliamente discutido por David *et al.* (2000). El argumento más directo para que esto ocurra es que las Administraciones pueden estar apoyando actividades que las empresas hubiesen llevado a cabo de cualquier manera, aún sin el apoyo público. El efecto sustitución se ha manifestado más en estudios a nivel de la empresa que en estudios a nivel de la industria y el país, donde son prácticamente inexistentes. En el caso de España, la evidencia empírica señala que existe un efecto de complementariedad de la financiación pública [véase Busom (2000), González *et al.* (2005), Heijs (2001), Acosta y Modrego (2001)].

A falta de un marco teórico, en la práctica de la evaluación se han seguido una serie de supuestos sobre la relación causa-efecto en la interacción entre el apoyo público y la actividad innovadora empresarial. Generalmente los estudios de evaluación utilizan de forma implícita el siguiente razonamiento [Heijs (2003)]:

1. Los gastos en I+D generan un efecto positivo y extraordinario sobre el crecimiento económico y el bienestar social.
2. El apoyo estatal a la promoción tecnológica induce a un crecimiento adicional de las inversiones en I+D por parte de las empresas privadas.
3. Por consiguiente, el apoyo estatal tiene un efecto positivo sobre el crecimiento económico y el bienestar social.

---

(1) Estudios con resultados de complementariedad: Griliches (1979), Levy y Terleckyj (1983), Mansfield (1984), Scott (1984), Switzer (1984), Antonelli (1989), Busom (1992/2000), Branstetter, L. y Sakakibara (1998), Czarnitzki y Fier (2002) y Almus y Czarnitzki (2003).

(2) Estudios con resultados de sustitución: Sherives (1978), Higgins y Link (1981), Griliches (1986), Lichtenberg (1987) y Wallsten (2000).

Sobre la primera premisa no cabe ninguna duda pues son muchos los estudios que han demostrado la importancia de la I+D y el progreso tecnológico para el desarrollo, los beneficios de las empresas [Mansfield (1968), Griliches y Lichtenberg (1984)] y el crecimiento económico en general [Soete *et al.* (1984), Fagerberg (1994)]. Respecto a la segunda premisa, los resultados no han sido, como se explicó, del todo concluyentes. A pesar de que se ha analizado la adicionalidad, sólo unos cuantos estudios han intentado cuantificar el aumento sobre los gastos en I+D. Para que se cumpla esta premisa, el aumento sobre los gastos en I+D tendría que ser adicional, en el sentido de que las actividades innovadoras generadas no habrían sido realizadas, de forma similar, sin la ayuda pública.

La tercera premisa sería la más difícil de comprobar porque implica mediciones con un trasfondo metodológico muy complejo. Su comprobación sólo sería factible mediante una cuantificación de los costes y beneficios totales, y aún así, se podrían dar resultados confusos. Incluso suponiendo que las dos primeras premisas son verdaderas, el efecto del apoyo estatal sobre el crecimiento económico y el bienestar depende de los costes y los beneficios exactos de la política.

Siendo conscientes de las limitaciones derivadas de este problema, este estudio se circunscribe a una estimación de la adicionalidad, definida como el aumento en la intensidad en I+D de las empresas generado por las ayudas públicas a la innovación. La metodología empleada ayuda en alguna medida a tratar con dos aspectos importantes en la práctica de la evaluación de la política: el control sobre el proceso de distribución de las ayudas y la estimación de un estado contrafactual (la situación en ausencia de política).

La consideración del primero proviene de la preocupación reciente en la literatura por los problemas de selectividad y endogeneidad a los que debe enfrentarse la evaluación y que se originan por una distribución no aleatoria de las ayudas. Como se ha discutido ampliamente, el estatus de participación de las empresas en programas de apoyo está determinado por la decisión del gobierno de otorgar la ayuda e, implícitamente, por la decisión de las empresas de participar. Esto convierte la financiación pública en una variable endógena que debe ser explicada y, por tanto, su inclusión en un modelo de regresión podría causar estimaciones inconsistentes [Busom (1992, 2000)]. A esto hay que añadir que pueden existir distorsiones en el proceso de selección derivadas de la presión del gobierno por apoyar empresas exitosas o de la habilidad desarrollada por algunas empresas para capturar un gran número de ayudas [Lerner (1999), Wallsten (2000), Heijs (2003)].

Generalmente la evidencia empírica que estima el efecto de los subsidios sobre la actividad innovadora de las empresas usa modelos de regresión. Según Wallsten (2000), se puede establecer una correlación positiva entre los subsidios y la I+D empresarial a partir de estos modelos, pero no puede determinarse si los subsidios inducen un mayor gasto en I+D o si las empresas que más gastan en I+D son las que reciben los subsidios. Esto nos lleva a resaltar que no sólo es necesario emplear nuevas metodologías de evaluación para controlar el problema de endogeneidad sino que se debe, además, aislar el efecto de la política de otras posibles causas que explicarían una evolución autónoma de este gasto o esfuerzo innovador [Arvanitis (2002)].

Respecto a la estimación de un estado contrafactual, independientemente del método utilizado, hay consenso entre investigadores que la correcta estimación

del efecto causal requiere conocer lo ocurrido en ausencia de la política con el fin de determinar si el efecto es en realidad “adicional” [Papaconstantinou y Polt (1997)]. Esta situación o estado contrafactual, por tanto, debería ser estimada en los estudios de evaluación.

En este trabajo se emplea un método de emparejamiento no paramétrico, denominado *Propensity Score Matching* (PSM), para acercarse a una situación próxima a la solución de estos problemas. El PSM se ha aplicado recientemente en la evaluación de la política de innovación en el caso alemán y francés [Czarnitzki y Fier (2002), Almus y Czarnitzki (2003), Duguet (2003)]. A diferencia de estos estudios, en este trabajo se incluyen aspectos que no han sido previamente analizados en la literatura sobre evaluación para tener un conocimiento más amplio de las variables que influyen en la distribución de las ayudas públicas. Estos aspectos están relacionados con la actividad estratégica de las empresas, su capacidad de inversión, la dificultad en la obtención de recursos a la innovación y las condiciones del mercado en el que operan. Se espera que esta selección de variables contribuya a ampliar el entendimiento de los factores que influyen sobre la distribución de las ayudas y su posible relación con el efecto final de la política de innovación.

El trabajo se estructura como sigue: en la primera sección se describe la metodología y en la segunda se presentan los datos y variables. Una discusión sobre los resultados del análisis empírico se presenta en la tercera sección. Finalmente, en la cuarta sección se recogen las conclusiones.

## 1. METODOLOGÍA

A partir del trabajo de Rosenbaum y Rubin (1983) el uso del *Propensity Score Matching* ha sido ampliamente utilizado en la evaluación de intervenciones políticas, especialmente en aquellas orientadas al mercado laboral [véase Dehejia y Wahba (1999), Lechner (1999), Heckman *et al.* (1999)]. A través del PSM es posible conocer el efecto causal  $\tau$  de un tratamiento binario (T) comparando el resultado potencial (Y) de unidades expuestas al tratamiento o estado factual ( $Y_1$ ) frente a la no exposición o estado contrafactual ( $Y_0$ ). Así  $\tau$  es definido como:

$$E(\tau) = E(Y_{1i} | T_i = 1) - E(Y_{0i} | T_i = 1) \quad [1]$$

Debido a que una unidad ( $i$ ) no puede ser observada en los dos estados en un mismo periodo, el estado contrafactual se estima a partir de un grupo de control formado por unidades no expuestas al tratamiento. En estudios no experimentales donde la asignación al tratamiento T no es aleatoria y las unidades tratadas difieren sistemáticamente de las unidades del grupo de control (hay un sesgo en la selección de la muestra), el PSM permite obtener estimaciones poco sesgadas del efecto promedio de un tratamiento sobre los tratados (*Average Treatment Effect on the Treated* – ATT). El PSM reduce el sesgo utilizando un método de emparejamiento que compara las unidades expuestas al tratamiento con unidades del grupo de control que son lo más similares posibles en términos de sus características observables. Debido a que el emparejamiento de unidades en un vector n-dimensional de muchas características n es por lo general inviable, el método resume las

características pre-tratamiento de cada unidad en una variable escalar o *Propensity Score* (PS) para hacer el emparejamiento más factible<sup>3</sup>. El PS es definido como la probabilidad condicional de recibir un tratamiento dado un grupo de características individuales pre-tratamiento ( $X_i$ ).

Dado que es poco probable encontrar dos unidades con el mismo valor de PS es posible emplear distintos métodos de emparejamiento. En este análisis se emplea el del vecino más cercano (*Nearest-Neighbor Matching*), el cual selecciona para cada unidad tratada una unidad del grupo de control con el valor del *Propensity Score* más próximo. Finalmente, la estimación del efecto causal requiere el cumplimiento de una serie de supuestos para asegurar que la asignación al tratamiento sea aleatoria entre los dos grupos y el estado contrafactual estimado a partir del grupo de control sea el más análogo para las unidades tratadas en el caso de no recibir el tratamiento. Superados estos supuestos que permiten controlar las diferencias observables entre los dos grupos, la única diferencia que queda se atribuye al efecto del tratamiento. Dehejia y Wahba (2002) hacen una revisión minuciosa de esta metodología.

En este estudio, se emplea el PSM para estimar el efecto promedio de los subsidios a la innovación (T) sobre la intensidad en I+D de las empresas (Y). El PS es definido como la probabilidad condicional de recibir subsidios a la innovación dado un grupo de características individuales pre-tratamiento ( $X_i$ ) que influyen sobre la intensidad en I+D de las empresas y sobre esta probabilidad. En consecuencia, el emparejamiento se hará entre empresas que reciben subsidios a la innovación con aquellas que no los reciben pero que tienen igual propensión a obtenerlos (grupo de control). El anexo al final del trabajo recoge las ecuaciones y supuestos para la estimación del PS y el ATT.

## 2. DATOS Y VARIABLES

### 2.1. Datos

Los datos empleados en el estudio provienen de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE). La encuesta elaborada por la Fundación SEPI recoge anualmente datos de, aproximadamente, 3000 empresas manufactureras. Para el estudio, la muestra se limitó a empresas que mantuvieron gastos en I+D y contestaron consecutivamente la encuesta durante los años 1998 a 2000. De acuerdo con la literatura, las ayudas públicas a la innovación se distribuyen principalmente en el conjunto de empresas innovadoras y ocurre, en la mayoría de los estudios, que la actividad innovadora aumenta significativamente la probabilidad de obtener fondos públicos, no sólo en España [Fernández *et al.* (1996), Busom (1992, 2000), Acosta y Modrego (2001), Heijs (2001, 2005), González *et al.* (2005)], sino también en otros países [Lerner (1999), Wallsten (2000), Arvanitis *et al.* (2002), Czarnitzki y Fier (2002), Almus y Czarnitzki (2003), Duguet (2003)].

El estudio incluye un total de 681 empresas, 244 de las cuales obtuvieron subsidios financieros a la innovación en la forma de transferencias financieras de

---

(3) En otras palabras el uso del PS como criterio de emparejamiento reduce el problema de dimensionalidad del alto número de características observables entre los dos grupos.

fondos procedentes de la Administración Central, las Comunidades Autónomas y Otros Organismos no especificados en la encuesta. De esta manera, el estudio excluye otros esquemas de apoyo como son los incentivos fiscales o préstamos subvencionados. Para identificar el grupo de empresas subvencionadas se creó una variable dicotómica (T) que tomó el valor de 1 si la empresa recibió fondos de alguna de estas fuentes y un valor de 0 en el caso contrario<sup>4</sup>.

## 2.2. Variable para la estimación del efecto causal

El resultado potencial (Y) sobre el que se estima el efecto de la política de subsidios a la innovación es la intensidad en I+D de las empresas definida como: la media del gasto en I+D sobre ventas del periodo multiplicado por cien. Aunque la variable no cubre la amplitud de las actividades innovadoras de una empresa la evidencia empírica señala que el efecto de los subsidios se refleja principalmente sobre el gasto en I+D [Ver David *et al.* (2000) para una revisión de la evidencia empírica]. La estimación del efecto sobre otros elementos de la actividad innovadora es una tarea pendiente en la práctica de la evaluación y requiere ampliar los supuestos acerca de la intervención y lo que es medido<sup>5</sup>. En este estudio se hace una primera estimación sobre la intensidad en I+D con el fin de interpretar el efecto en términos del compromiso de la empresa con la actividad innovadora y comparar los resultados del caso español con estudios que han aplicado la misma metodología.

## 2.3. Variables para la estimación del Propensity Score

Un paso previo necesario para conocer el efecto causal es la estimación de la propensión a recibir subsidios a la innovación o, lo que es lo mismo, el *Propensity Score* (PS). Recientemente, algunos estudios han incluido ecuaciones que explican esta propensión con el fin de controlar la participación de las empresas en programas de apoyo y, en consecuencia, reducir el sesgo en la estimación del efecto que introduce una distribución no aleatoria de las ayudas [véase Lerner (1999), Busom (2000), Wallsten (2000), Acosta y Modrego (2001), Arvanitis *et al.* (2002), Czarnitzki y Fier (2002), Almus y Czarnitzki (2003), Duguet (2003)]. A pesar de que los estudios explican brevemente la influencia de las variables sobre la propensión, generalmente no se ofrece un análisis de la distribución y su influencia en el resultado final de la política. El problema de la distribución en sí mismo es poco atendido en la literatura<sup>6</sup> y, como resultado, la construcción de un modelo general que expli-

---

(4) La elección de empresas subsidiadas entre aquellas que han obtenido subsidios financieros de cualquiera de estas fuentes permite que el grupo de control este formado por empresas no subsidiadas y garantiza una estimación más precisa del estado contrafactual.

(5) Georghiou (2002) llama la atención en cuanto a la medida del efecto de la política sobre los outputs del proceso innovador o el comportamiento de las empresas. El autor argumenta que los outputs de un proyecto innovador subvencionado (reportes, patentes, prototipos, etc) son esencialmente logros intermedios y no finales, ya que en sí mismos no constituyen una innovación. Por lo tanto, si el concepto es reemplazado por resultados finales, como la mejora en el desempeño de la empresa como resultado de un nuevo o mejorado producto o proceso, es mucho más difícil atribuir este efecto a la intervención debido a que estos dependen de múltiples competencias.

(6) Recientemente Blanes y Busom (2004) y Heijs (2005) evalúan el problema de la distribución de las ayudas.

que la participación de las empresas en programas de apoyo es una tarea pendiente en la práctica de la evaluación<sup>7</sup>. A esto hay que añadir que la falta de información sobre aspectos no observados por el investigador como los criterios empleados por la agencia que distribuye el soporte, las características de las empresas que participan y son rechazadas y la falta de identificación del programa han impedido llegar a una aproximación de este modelo. En consecuencia, los estudios econométricos resuelven el problema, como en el caso de este estudio, con una ecuación que explica la propensión a obtener subsidios a la innovación.

En este trabajo, la elección de las variables para la estimación del PS se ha realizado siguiendo la evidencia empírica citada anteriormente. Tres grupos de variables fueron identificados: variables asociadas a las características de las empresas, su mercado y el nivel tecnológico. Adicionalmente y ya que la metodología lo permite, se han incluido una serie de variables que no han sido previamente analizadas en la literatura con el fin de obtener información sobre el enfoque y la dirección de la política de subsidios a la innovación en España. Aunque la mayoría de los estudios no presentan hipótesis formales, en este trabajo cada variable está asociada a un supuesto con el fin de contrastar si influye positiva o negativamente sobre la propensión a obtener subsidios a la innovación. Los cuadros 1 y 2 recogen respectivamente las medidas y los estadísticos descriptivos de estas variables.

### 2.3.1. Variables asociadas a las características estructurales de las empresas

Estas variables cumplen el objetivo de caracterizar a las empresas receptoras de la ayuda y, en consecuencia, tienen un poder discriminatorio importante. Se incluyó el tamaño<sup>8</sup> y la edad como indicadores de la experiencia y la capacidad para obtener recursos. Respecto al tamaño, los estudios empíricos ofrecen un panorama confuso. A pesar de la existencia de algunos instrumentos dirigidos a las PYMES, la hipótesis de que la financiación pública se sesga hacia las empresas de menor tamaño no ha sido confirmada ampliamente. Algunos estudios apuntan a una discriminación positiva de las PYMES [Busom (2000)] mientras que otros [Heijts (2001), Arvanitis *et al.* (2002), Almus y Czarnitzki (2003), Czarnitzki y Fier (2002)] han señalado que las empresas más grandes han resultado más beneficiadas que las pequeñas. En cuanto a la edad, recientemente incluida en los estudios [véase Busom (2000), Almus y Czarnitzki (2003)], se ha podido comprobar que tiene una influencia positiva y significativa a la hora de explicar la probabilidad de obtener subsidios a la innovación. Lo anterior revela que empresas de reciente creación acuden menos frecuentemente a programas de apoyo.

Junto a estas variables, la mayoría de estudios incluyó el sector. Se conoce ampliamente que los sectores difieren no sólo en sus fuentes de tecnología sino también en sus niveles de apropiación del conocimiento, el tamaño y la naturaleza de las relaciones entre empresas, consumidores y clientes. Por esta razón y por la tendencia encontrada en la literatura de apoyar sectores específicos, se consideró necesario incluir esta variable. Algunos estudios señalan que los subsidios han es-

(7) Busom (2000) ha hecho un primer intento en el caso de los créditos subvencionados.

(8) Con el objetivo de ajustar la variable a una distribución normal, se hizo una transformación logarítmica.

tado dirigidos, principalmente, a los sectores más dinámicos e intensos en I+D, no sólo en España [Busom (2000), Heijs (2001)] sino también en otros países [Almus y Czarnitzki (2003)].

La reciente visión de que la actividad innovadora es un fenómeno territorial estimulado por la cooperación entre actores locales y recursos específicos difícilmente transferibles ha motivado la inclusión del aspecto regional. Las diferencias regionales en cuanto a la concentración de la actividad innovadora hacen pensar que la política de innovación no afecta a todas las regiones igualmente. Recientemente, el trabajo de Herrera *et al.* (2004), presenta evidencia de que la región tiene un efecto diferenciador en cuanto a la distribución y el efecto de la política de innovación, por lo cual, el estudio recomienda tener en cuenta la localización de la empresa a la hora de evaluar estos aspectos. Siguiendo el trabajo de Buesa *et al.* (2002), se ha distinguido entre empresas ubicadas en regiones centrales del sistema español de innovación frente a empresas ubicadas en regiones periféricas. El objetivo es contrastar si la proximidad a grandes infraestructuras de apoyo a la innovación influye sobre la propensión a obtener subsidios.

VARIABLES RELATIVAS A LA ESTRUCTURA DE LA PROPIEDAD SE INCLUYEN CON EL OBJETIVO DE CONTRASTAR SI LA AYUDA VA DIRIGIDA A EMPRESAS NACIONALES, EMPRESAS CON CAPITAL EXTRANJERO O EMPRESAS CON PARTICIPACIÓN DE CAPITAL PÚBLICO. EN EL CASO, POR EJEMPLO, DE FILIALES EXTRAJERAS SE HA COMPROBADO QUE ÉSTAS VEN AFECTADA SU ESTRATEGIA DE I+D Y PODRÍAN BENEFICIARSE DE LOS DESARROLLOS TECNOLÓGICOS EN OTROS PAÍSES [Vaugelers (1997)]. POR TANTO SE ESPERA QUE LAS AGENCIAS DISCRIMINEN NEGATIVAMENTE ESTE TIPO DE EMPRESAS Y, EN CONSECUENCIA, APOYEN EMPRESAS NACIONALES [Blanes y Busom (2004)]. POR OTRO LADO, LICHTENBERG (1987) HA RECOMENDADO CONTROLAR EL VÍNCULO DEL ESTADO CON LAS EMPRESAS QUE SUBSIDIA. PARA ESTE PROPÓSITO, SE HA INCLUIDO LA PARTICIPACIÓN DE CAPITAL PÚBLICO PARA CONTRASTAR UNA POSIBLE INFLUENCIA DE LA RELACIÓN ENTRE LAS EMPRESAS Y LAS AGENCIAS PÚBLICAS QUE DISTRIBUYEN EL SOPORTE.

Se consideró el grado de diversificación de producto como una variable representativa de la estrategia empresarial. Cohen (1995) y Hitt *et al.* (1997) aportan evidencia de que esta estrategia está estrechamente relacionada con la intensidad en I+D, debido principalmente a que las empresas se apoyan en la innovación para obtener una oferta más amplia y especializada de productos. Empresas que mantienen este tipo de estrategia buscan con mayor intensidad recursos externos a la innovación y, presumiblemente, serán más propensas a optar por la financiación pública.

Finalmente, teniendo en cuenta que los subsidios a la innovación se enfocan principalmente hacia empresas con problemas de financiación de la I+D, a diferencia de otros estudios se incluyó la capacidad de inversión de las empresas y la dificultad en la financiación de la innovación. Empresas con una alta capacidad de inversión podrían llevar a cabo fuertes inversiones en I+D y no presentan una necesidad evidente del subsidio. Por el contrario, se espera que este tipo de instrumentos vayan dirigidos a empresas para las que la financiación es una barrera a la innovación.

### 2.3.2. Variables relacionadas al mercado

La elección de este grupo de variables responde a la necesidad, manifiesta en la literatura, de tener en cuenta dentro de los estudios de evaluación de la política de innovación el ambiente competitivo en el que operan las empresas [véase Pa-

paconstantinou y Polt (1997)]. La razón principal de este argumento se fundamenta en la exigencia hecha a las empresas de presentar una descripción del mercado potencial al que van dirigidos los proyectos subvencionados. En el caso español, por ejemplo, para el acceso al soporte a la innovación tecnológica contemplado en el Plan Nacional de I+D se requiere que las solicitudes de ayuda vayan acompañadas de análisis descriptivos del mercado potencial y la estrategia de incursión en él [véase FECYT (2003)]. Estos análisis son especialmente importantes en el caso de la subvención de actividades de desarrollo pre-competitivo. La evidencia empírica parece indicar que la ayuda es obtenida principalmente por empresas competitivas que pueden garantizar el éxito de los proyectos subvencionados [Heijs (2005)]. Teniendo en cuenta lo anterior, en este trabajo se analizaron tres aspectos del mercado: la evolución de su mercado principal, la evolución de su cuota de mercado y la apertura externa como nivel de competitividad. Para la evolución de su mercado principal se han definido tres estados: expansión, recesión y estabilidad. La variable se incluyó para constatar si el Estado apoya empresas en sectores dinámicos (política estratégica) o si, por el contrario, apoya la innovación de empresas en sectores más tradicionales (política defensiva). La evolución de la cuota de mercado ha sido especificada de igual manera: en aumento, en disminución y en estabilidad, para conocer si la presión de la demanda influye sobre la búsqueda de ayudas a la innovación.

Al igual que otros estudios, se consideró la propensión exportadora como medida de la competitividad extranjera [Fernández *et al.* (1996), Busom (2000), Almus y Czarnitzki (2003)] y la propensión importadora<sup>9</sup> como variable que captura la presión de empresas extranjeras en el mercado [Almus y Czarnitzki (2003)].

### 2.3.3. Indicadores del comportamiento innovador

En gran parte de los estudios los indicadores tecnológicos resultaron ser significativos a la hora de explicar la propensión a obtener subsidios a la innovación. Las empresas con una actividad innovadora formal y articulada y con experiencia previa en I+D son objeto principal de las ayudas [Heijs (2005), Busom (2000), Acosta y Modrego (2001), Czarnitzki y Fier (2002)]. En general, los estudios suelen considerar datos sobre el gasto en I+D del año anterior a recibir la ayuda o el número de empleados dedicado a esta actividad. La última variable, de acuerdo con algunos autores, debe emplearse con precaución debido a que, por un lado, se ha demostrado que la política de innovación puede tener efectos en el empleo en I+D [Sherives (1978), Busom (2000)] y, por otro, se ha comprobado que la variable influye en la propensión a obtener las ayudas [Czarnitzki y Fier (2002)]. En este estudio se incluyeron dos variables dicotómicas que indican el nivel de formalización de la actividad innovadora y la actitud cooperativa. Con relación a la primera variable, se puede esperar que las empresas que planifican sus actividades de I+D de forma sistemática y las detallan en un plan tengan una mayor facilidad para la presentación de solicitudes de ayuda. Este aspecto es importante debido al extenso proceso de selección que sigue la agencia que distribuye el subsidio y

---

(9) Con el objetivo de ajustar las variables edad, capacidad de inversión y la propensión exportadora e importadora a una distribución normal se hizo una transformación de la raíz cuadrada.

Cuadro 1: DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES

Variante	Definición
Variables asociadas a las características de las empresas	
Tamaño	Log. del número medio de empleados en el periodo
Sector*	= 1 Si la empresa pertenece al sector. Once sectores bajo observación según la clasificación CNAE-93
Edad	Edad media de la empresa durante el periodo
Región	= 1 Si la empresa está ubicada en regiones centrales (Madrid, Cataluña o País Vasco)
Capital extranjero	Porcentaje de participación de capital extranjero
Capital público	Porcentaje de participación de capital público
Capital otras sociedades	Porcentaje de participación de otras sociedades
Capacidad de inversión	Ratio entre la inversión media en inmovilizado material sobre la media de las ventas durante el periodo
Diversificación	Número medio de productos fabricados por la empresa durante el periodo
Dificultad de finan. de la innov.	= 1 Si la empresa encontró dificultades al financiar sus actividades de innovación
Variables relacionadas al mercado	
Mercado en expansión	= 1 Si la empresa percibe su mercado principal en expansión
Mercado en recesión	= 1 Si la empresa percibe su mercado principal en recesión
Mercado en estabilidad*	= 1 Si la empresa percibe su mercado principal en estabilidad
Cuota de mercado en aumento	= 1 Si la empresa percibe su cuota de mercado en aumento
Cuota de mercado en disminución	= 1 Si la empresa percibe su cuota de mercado en disminución
Cuota de mercado en estabilidad*	= 1 Si la empresa percibe su cuota de mercado en estabilidad
Ratio de exportación	Ratio entre la media de las exportaciones sobre la media de las ventas durante el periodo
Ratio de importación	Ratio entre la media de las importaciones sobre la media de las ventas durante el periodo
Indicadores tecnológico	
Actividad Innovadora formal	= 1 Si la empresa mantiene: una dirección o comité de tecnología, contó con un plan de actividades de innovación ó elaboro indicadores del resultado de la innovación
Cooperación Tecnológica	= 1 Si la empresa mantuvo acuerdos de cooperación en cualquiera de los siguientes casos: con clientes, proveedores, competidores o centros tecnológicos
Importa Tecnología	= 1 Si la empresa importa tecnología
Exporta Tecnología	= 1 Si la empresa exporta tecnología

\* Variables de referencia. En el caso del Sector: Industria del Papel, Edición, Artes Graficas y Reproducción de Soportes Gravados. Los valores de las variables están medidos en millones de pesetas.  
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 2: ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS Y FRECUENCIAS

Estadísticos					
Variable	Media	D.T.	Percentiles		
			25	50	75
Tamaño	5,177	1,395	4,060	5,430	6,111
Edad	4,920	2,012	3,316	5,000	6,244
% Capital extranjero	31,061	44,634	0	0	99
% Capital público	2,750	14,932	0	0	0
% Capital otras sociedades	47,007	45,269	0	41,5	100
Capacidad de Inversión	2,172	1,044	1,497	2,023	2,698
Diversificación	1,078	0,190	1	1	1,154
Ratio de exportación	4,749	2,875	2,355	5,067	7,194
Ratio de importación	3,238	2,033	1,618	3,321	4,587
Frecuencias					
Variable	Empresas*		Subsidiadas**		
	Sí (%)	No (%)	Sí (%)	No (%)	
Alimentación, Bebidas y Tabaco	8,92	91,08	26,23	73,77	
Textil y de la Confección	10,53	89,47	27,78	72,22	
Química	11,11	88,89	46,05	53,95	
Transformación del Caucho y Materias Plásticas	5,70	94,30	25,64	74,36	
Productos Minerales no Metálicos	6,58	93,42	37,78	62,22	
Fabricación de Productos Metálicos	13,89	86,11	32,63	67,37	
Construcción de Maquinaria y Equipo Mecánico	11,70	88,30	28,75	71,25	
Material de Equipo Eléctrico, Electrónico y Óptico	11,55	88,45	44,30	55,70	
Material de Transporte	10,96	89,04	54,67	45,33	
Manufactureras Diversas	5,41	94,59	21,62	78,38	
Región	55,70	44,30	34,12	65,88	
Dificultad de Finan. I+D	9,65	90,35	36,36	63,64	
Mercado en expansión	40,35	59,65	40,58	59,42	
Mercado en recesión	12,13	87,87	30,12	69,88	
Cuota de mercado - aumento	30,85	69,15	41,71	58,29	
Cuota de mercado - disminución	10,53	89,47	25,00	75,00	
Actividad Innovadora formal	61,40	38,60	46,90	53,10	
Cooperación Tecnológica	68,13	31,87	45,71	54,29	
Importa Tecnología	24,85	75,15	44,12	55,88	
Exporta Tecnología	6,58	93,42	71,11	28,89	

\* Porcentaje de empresas de la muestra

\*\* Porcentaje de empresas subsidiadas y no subsidiadas cuando la variable toma el valor de 1.

Fuente: Elaboración propia.

que, en algunos casos, dificulta el acceso a las ayudas [Heijs (2001)]. El indicador de la cooperación tecnológica se incluyó con el fin de verificar si las empresas que mantienen relaciones con otros agentes del sistema de innovación tienen una mayor probabilidad de obtener subsidios a la innovación. El potencial para transferir tecnología es considerado en muchos programas de apoyo y actualmente se exigen propuestas que involucren la colaboración entre empresas y de ellas con el sistema público de I+D.

A diferencia de otros estudios en este trabajo se tiene en cuenta la balanza de pagos tecnológica. La exportación de tecnología es un indicador de la capacidad de transferencia de tecnología y se incluyó con el fin de verificar si las empresas con un alto potencial para generar externalidades obtuvieron más fácilmente los subsidios. Por otro lado, la importación de tecnología se tuvo en cuenta como indicador de la dependencia tecnológica ya que se podría pensar que uno de los objetivos de la política es reducir esta dependencia y favorecer la producción interna de innovaciones.

### 3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS EMPÍRICO Y DISCUSIÓN

La primera parte de este apartado va dirigida a presentar los resultados de la estimación del *Propensity Score* (PS) o probabilidad de recibir subsidios. Aunque el análisis es auxiliar a la metodología, se espera que la exposición de los resultados contribuya a ampliar el entendimiento sobre la difusión de los subsidios a la innovación en España. Finalmente, en una segunda parte se presentan los resultados de la estimación del efecto causal de los subsidios sobre la intensidad en I+D de las empresas.

#### 3.1. Factores que influyen sobre la probabilidad de recibir subsidios a la innovación

En el trabajo se empleó un modelo Logit para estimar la probabilidad de recibir subsidios a la innovación. El cuadro 3 recoge los resultados que incluyen, además, una estimación de los efectos marginales con el fin de ampliar la interpretación de los parámetros. Es preciso anotar que las conclusiones derivadas de este análisis deberán tomarse con precaución debido a que los datos no permiten identificar las características del programa de apoyo al cual accedieron las empresas y, en consecuencia, el perfil de empresas objetivo definido por la agencia que distribuye la ayuda. Por esta razón, en este apartado se ofrecen conclusiones generales sobre la distribución de los subsidios a la innovación.

En cuanto a las variables asociadas a las características de las empresas, se pudo verificar que el tamaño, la participación de capital público y la capacidad financiera influyen positiva y significativamente sobre la probabilidad de obtener subsidios. Contrariamente, la participación de capital extranjero reduce significativamente esta probabilidad, lo que demuestra que la ayuda va dirigida más frecuentemente a empresas nacionales y empresas con participación de capital público. Un cambio en esta última variable puede aumentar significativamente la probabilidad de obtener subsidios a la innovación.

Al igual que en otros estudios, el tamaño revela una menor participación de las PYMES y una amplia difusión de los subsidios entre grandes empresas. Este

resultado concuerda con el encontrado en la capacidad financiera. Empresas con una alta capacidad de inversión y pocos problemas de financiación de la I+D participan más frecuentemente en programas de apoyo. Estas empresas presumiblemente tienen más recursos para solicitar ayudas y podrían garantizar la viabilidad técnica y financiera de los proyectos subvencionados. Un cambio en alguna de estas variables, *ceteris paribus*, podría aumentar la probabilidad de obtener subsidios a la innovación.

Respecto a las variables relacionadas al mercado, es posible concluir que las empresas que perciben su mercado principal en expansión tienen una mayor probabilidad de recibir subsidios que empresas en mercados en retroceso o estables. En consecuencia, podría interpretarse que las agencias que distribuyen la ayuda seleccionan proyectos ligados a los sectores más prometedores y con una alta probabilidad de éxito comercial. Por tanto, es posible concluir que la descripción del mercado objetivo se convierte en un importante criterio de selección. Esta conclusión se apoya en los resultados observados en la variable cuota de mercado en disminución: un cambio en esta variable podría reducir significativamente la probabilidad de obtener subsidios, *ceteris paribus*, en cerca de once puntos porcentuales.

Por otro lado, los indicadores del comportamiento innovador arrojan información importante y coincidente con la evidencia empírica relacionada. Aunque todas las empresas de la muestra hacen actividades de I+D, cuanto mayor es el grado de formalización de la actividad innovadora, mayor es la probabilidad de obtener subsidios. Empresas que gestionan la tecnología de manera formal y articulada pueden, *ceteris paribus*, aumentar su probabilidad en cerca de dieciséis puntos porcentuales y en unos veinte puntos porcentuales, si mantienen acuerdos de cooperación tecnológica. Adicionalmente, un importante resultado se obtuvo respecto a la exportación de tecnología. Las empresas con un alto potencial en la transferencia de tecnología tienen significativamente mayores probabilidades de obtener las ayudas. Un cambio en la variable exportación de tecnología, *ceteris paribus*, podría aumentar la probabilidad de obtener ayudas en cuarenta y tres puntos porcentuales.

Si se comparan estos resultados con los de otros estudios, especialmente con los del caso español, es posible concluir que las ayudas financieras a la innovación se dirigen principalmente a empresas que pueden garantizar la viabilidad técnica y financiera de los proyectos subvencionados. Por ejemplo, Fernández *et al.* (1996), en un estudio dirigido a conocer los determinantes de la magnitud del apoyo público en España, encontraron que las instituciones públicas financian principalmente proyectos de empresas que llevan a cabo un importante esfuerzo investigador. En la misma línea, en el trabajo de González *et al.* (2005) se concluyó que la probabilidad de que las empresas disfruten de una subvención depende, entre otros, del empleo en I+D, del esfuerzo en I+D del año anterior y de la pertenencia a sectores tecnológicamente avanzados.

De igual manera, en estudios como el de Busom (1992, 2000) para empresas del CDTI, se concluyó que la experiencia previa en I+D ha sido determinante para obtener ayuda pública, así como también la participación de capital público, la edad y la pertenencia al sector químico y farmacéutico. No muy lejos de estos resultados se sitúan los de Acosta y Modrego (2001), quienes en el caso de proyectos concertados, encontraron que las empresas más intensamente involucradas en

**Cuadro 3: FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PROPENSIÓN  
A OBTENER SUBSIDIOS A LA INNOVACIÓN**

Variables asociadas a las características de las empresas						
	Coefficiente	z		E. M	z	
Tamaño	0,335	3,54	***	0,071	3,55	***
Alimentación, Bebidas y Tabaco	-0,205	-0,33		-0,042	-0,35	
Textil y de la Confección	0,233	0,39		0,051	0,39	
Química	0,504	0,87		0,114	0,84	
Transformación del Caucho y Materias Plásticas	0,132	0,21		0,029	0,20	
Productos Minerales no Metálicos	0,210	0,33		0,046	0,32	
Fabricación de Productos Metálicos	0,304	0,54		0,067	0,52	
Construcción de Maquinaria y Equipo Mecánico	0,039	0,07		0,008	0,07	
Material de Equipo Eléctrico, Electrónico y Óptico	0,887	1,56		0,207	1,52	
Material de Transporte	0,785	1,36		0,182	1,32	
Manufactureras Diversas	-0,45	-0,65		-0,087	-0,72	
Edad	-0,021	-0,42		-0,004	-0,42	
Región	-0,341	-1,66	†	-0,073	-1,66	†
% Capital extranjero	-0,011	-3,61	***	-0,002	-3,63	***
% Capital público	0,017	2,26	*	0,003	2,24	*
% Capital otras sociedades	-0,001	-0,55		-0,000	-0,55	
Capacidad de Inversión	0,355	3,65	***	0,075	3,68	***
Diversificación	-0,531	-1,02		-0,113	-1,02	
Dificultad de Finan. Innovación	-0,546	-1,70	†	-0,105	-1,90	†
Variables relacionadas con el mercado						
Mercado en expansión	0,357	1,69	†	0,076	1,67	†
Mercado en recesión	-0,251	-0,73		-0,051	-0,76	
Cuota de mercado - aumento	0,059	0,28		0,012	0,27	
Cuota de mercado - disminución	-0,622	-1,76	†	-0,118	-2,00	*
Ratio de exportación	0,010	0,26		0,002	0,26	
Ratio de importación	0,120	1,97	*	0,025	1,97	*
Indicadores tecnológicos						
Actividad Innovadora formal	0,825	3,44	**	0,168	3,60	***
Cooperación Tecnológica	1,072	4,13	***	0,208	4,68	***
Importa Tecnología	0,001	0,03		0,001	0,03	
Exporta Tecnología	1,843	4,32	***	0,430	4,94	***
Log. Likelihood	-342,13709					
Pseudo R <sup>2</sup>	0,2289					
N	681					
Correctamente Clasificados	76,36%					

† =  $p \leq 10\%$ ; \* =  $p \leq 5\%$ ; \*\* =  $p \leq 1\%$ ; \*\*\* =  $p \leq 0.1\%$ .

Efecto Marginal (EM) =  $\partial Y/\partial X$  (Sobre la media de las variables). Si la variable es *dummy* se calculó el cambio discreto de 0 a 1.

Fuente: Elaboración propia.

actividades de I+D y con una mayor capacidad para llevarlas a cabo son las más propensas a obtener los subsidios. Recientemente, Blanes y Busom (2004) llegan a la misma conclusión al analizar la distribución de ayudas públicas en contextos nacionales, regionales y sectoriales en España.

La marcada influencia de los indicadores tecnológicos en explicar la probabilidad de recibir subsidios en el caso español permite concluir que la difusión de las ayudas va dirigida a ampliar las actividades tecnológicas de las empresas innovadoras existentes. Empresas que quieren iniciar su actividad innovadora con la ayuda del Estado o tienen dificultades en la financiación de las actividades de I+D generalmente no obtienen subsidios a la innovación.

### 3.2. *Efecto de la política de subsidios a la innovación sobre la intensidad en I+D de las empresas*

Analizadas y controladas las diferencias observables entre los dos grupos de empresas, el efecto promedio de la política de innovación sobre la intensidad en I+D de las empresas que reciben la ayuda se resume en el Cuadro 4. Para la estimación del efecto promedio se empleó un área de soporte común que permitió eliminar empresas con un pobre emparejamiento. La muestra total de empresas incluidas en el análisis del efecto fue de 364, de las cuales 243 forman parte del grupo de empresas que reciben la ayuda y 121 pertenecen al grupo de control.

El efecto promedio de la política de innovación es significativamente diferente de cero, de forma que las empresas que recibieron subsidios alcanzaron una intensidad en I+D promedio, un 1.85% mayor a la del grupo que no los recibió. A pesar de que la ayuda en promedio no aumentó considerablemente el esfuerzo innovador, es importante resaltar la ausencia de un efecto *crowding-out* de los fondos públicos sobre los privados. En otras palabras, existe un efecto de adicionalidad que revela que las empresas no sustituyeron –de forma generalizada– su esfuerzo privado por la contribución pública. Los resultados de este estudio concuerdan con los obtenidos en la evidencia empírica para el caso español [véase Busom (2000), González *et al.* (2005), Heijs (2000), Acosta y Modrego (2001)]. Sólo en el trabajo realizado por Busom (2000), se encontró un efecto *crowding-out* parcial en el 30% de las empresas analizadas. No obstante, es necesario resaltar que la evaluación de las políticas de innovación en España ha estado principalmente dirigida a analizar las ayudas financieras del CDTI.

En comparación con estudios que han aplicado la misma metodología, la magnitud del efecto de los subsidios sobre la intensidad en I+D de las empresas resulta escasa. En el caso alemán, por ejemplo, los trabajos de Czarnitzki y Fier (2002) y Almus y Czarnitzki (2003) la sitúan en torno al 4%, duplicando así el resultado español. Aunque no es prudente sacar conclusiones sobre quién aprovecha mejor los recursos públicos, la existencia de estas diferencias motiva la reflexión, reciente en la literatura, sobre la necesidad de que las empresas desarrollen cierta capacidad para absorber recursos públicos y el requerimiento de tener en cuenta este aspecto en el diseño de futuros instrumentos de apoyo.

Cuadro 4: EFECTO PROMEDIO DE LOS SUBSIDIOS A LA INNOVACIÓN  
SOBRE LA INTENSIDAD EN I+D

Empresas Subsidiadas	Empresas No Subsidiadas	Intensidad en I+D ATT ( $\tau$ ) puntos porcentuales	Test Estadísticos t-valor ( <i>bootstrap</i> t-valor)
243	121	1,855	6,459*** 5,543***

† =  $p \leq 10\%$ ; \* =  $p \leq 5\%$ ; \*\* =  $p \leq 1\%$ ; \*\*\* =  $p \leq 0.1\%$ .

Fuente: Elaboración propia.

#### 4. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha evaluado la política española de subsidios a la innovación, estimando el efecto causal de los subsidios sobre la intensidad en I+D de empresas pertenecientes al sector manufacturero. Para este propósito se empleó un método no paramétrico denominado *Propensity Score Matching* (PSM). El método ha permitido tener en cuenta dos aspectos importantes en la práctica de la evaluación de la política: el control sobre proceso de distribución de las ayudas y la estimación del estado contrafactual (la situación en ausencia de políticas).

Una primera parte del análisis dirigida a estudiar y controlar el proceso de distribución de las ayudas permitió concluir que empresas con una clara capacidad de garantizar la viabilidad técnica y financiera de los proyectos obtienen principalmente subsidios a la innovación. Los resultados son determinantes: grandes empresas con una alta capacidad de inversión, participación de capital público, presentes en mercados en expansión y con una actividad innovadora formal y articulada tienen una mayor probabilidad de obtener subsidios. En consecuencia, es posible concluir que la distribución de las ayudas sigue un claro enfoque sobre los resultados, lo que en la literatura se denomina *picking the winners*. Por otro lado, el estudio revela que ciertas barreras a la innovación no están siendo atendidas. La dificultad en la financiación de la innovación no resultó determinante a la hora de acceder a los subsidios. Un resultado importante si tenemos en cuenta que uno de los objetivos de los subsidios es apoyar empresas para las cuales la financiación es una barrera a la innovación. Empresas que no presentan una necesidad evidente del subsidio podrían ser más propensas a sustituir el esfuerzo privado por el esfuerzo público. De continuar con esta política de distribución, los subsidios lograrán ampliar y profundizar las actividades tecnológicas de las empresas innovadoras existentes pero no conseguirán ampliar el número de empresas innovadoras del sistema productivo en su conjunto. Este último aspecto sería importante para el diseño de la política si tenemos en cuenta que el número de empresas innovadoras en España está muy por debajo de los niveles europeos.

En cuanto al efecto de adicionalidad, el estudio encontró que las empresas subvencionadas tuvieron una intensidad en I+D un 1,85% más alta frente al grupo de empresas no subvencionadas, lo que implica que la financiación pública en las

empresas españolas ha generado inversiones privadas adicionales y el esfuerzo innovador ha sido estimulado. El análisis permite descartar un efecto de *crowding-out* de los fondos públicos sobre los privados. No obstante, en comparación con otros estudios que han empleado la misma metodología, el efecto promedio, aunque es significativo, resulta escaso para el caso español.

Es necesario aclarar que las conclusiones derivadas de este estudio deberán ser tomadas con precaución debido a que la principal limitación del análisis fue la falta de información sobre las características del programa en el que participó la empresa. Aún así, hacemos una reflexión sobre el rol de las Administraciones Públicas. Es necesario que éstas emprendan esfuerzos para identificar los problemas de las empresas y sus necesidades de apoyo. A menudo las necesidades de las empresas no son sistemáticamente evaluadas y existe una insuficiente interacción entre la industria y los sistemas de apoyo a la innovación. Este problema es mayor si tenemos en cuenta que hay empresas que tienen problemas en reconocer cuáles son sus necesidades en el proceso innovador. Proveer recursos financieros no es suficiente si las empresas no poseen las habilidades organizativas y administrativas para ocuparse de este proceso. Adicionalmente, las empresas deberán desarrollar cierta capacidad para absorber ayudas públicas y esto deberá tenerse en cuenta en el momento de diseñar futuros instrumentos de apoyo.

#### ANEXO PARA LA ESTIMACIÓN DEL PS Y EL ATT

Para la estimación del *Propensity Score* (PS) y el Efecto Promedio de un Tratamiento sobre los Tratados (*Average Treatment Effect on the Treated* – ATT) en este estudio se empleó el algoritmo desarrollado por Becker e Ichino (2002) e implementados a través del módulo `pscore.ado` para el Programa STATA. El algoritmo hace comprobaciones que permiten superar algunos supuestos implícitos en la metodología.

El primer paso en determinar el efecto de un tratamiento es el de calcular el PS o la probabilidad condicional  $P(X_i)$  de recibir un tratamiento ( $T_i$ ) dado un grupo de características individuales ( $X_i$ ). Si ( $T_i$ ) toma el valor de 1 cuando una unidad ( $i$ ) recibe un tratamiento y 0 en el caso contrario, PS puede expresarse de la siguiente manera:

$$P(X_i) \equiv \Pr(T_i = 1 \mid X_i) = E(T_i \mid X_i), \quad [I]$$

Una vez se conoce el PS o  $P(X_i)$ , el efecto promedio de un tratamiento sobre los tratados ATT ( $\tau$ ) puede ser estimado así:

$$\tau = E\{E\{Y_{1i} \mid T_i = 1, p(X_i)\} - E\{Y_{0i} \mid T_i = 0, p(X_i)\} \mid T_i = 1\} \quad [II]$$

Donde  $Y_{1i}$  y  $Y_{0i}$  representan el resultado potencial en los estados factual y contrafactual respectivamente.

Como demostró Rosenbaum y Rubin (1983), es necesario que se cumplan dos supuestos con el fin de derivar [II] dado [I].

Supuesto I. Deberá existir un equilibrio en el conjunto de características individuales ( $X_i$ ) dado un *Propensity Score*  $p(X_i)$ . De esta manera unidades con mismo  $p(X_i)$  deberían tener la misma distribución de características individuales independientemente de su asignación al tratamiento.

$$T_i \perp X_i \mid p(X_i)$$

Supuesto II. Deberá cumplirse un supuesto de independencia condicional, donde se asume que las diferencias son capturadas en  $p(X_i)$  y las variables resultado  $\{Y_0, Y_1\}$  son independientes de la asignación al tratamiento.

$$Y_1, Y_0 \perp T_i \mid p(X_i)$$

De acuerdo con esto, la obtención del tratamiento y el resultado potencial serían independientes en empresas con la misma propensión a obtener el tratamiento. De esta manera, la variable resultado de las unidades no tratadas  $Y_0$  condicionada en  $p(X_i)$ , posee la misma función de distribución, que la variable resultado  $Y_0$  de las unidades tratadas en el caso de no recibir el tratamiento.

Para la estimación del *Propensity Score* se puede emplear un modelo de probabilidad lineal. En este trabajo se usó un modelo Logit debido a su amplia aplicación en los análisis de este tipo:

$$\Pr\{T_i = 1 \mid X_i\} = F(h(X_i)) \quad \text{[III]}$$

donde  $F(\cdot)$  es la función de la distribución normal o la acumulativa logística y  $h(X_i)$  es una función de covariantes con términos lineales sin interacciones de orden más alto.



#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, J. y A. Modrego (2001): "Public Financing of Cooperative R&D Projects in Spain: The Concerted Projects under the National R&D Plan", *Research Policy*, vol. 30, págs. 625-641.
- Almus, M. y D. Czarnitzki (2003): "The Effects of Public R&D Subsidies on Firms' Innovation Activities: The Case of Eastern Germany", *Journal of Business & Economic Statistics*, vol. 21, págs. 226-236.
- Antonelli, C. (1989): "A Failure-Inducement Model of Research and Development Expenditure, Italian Evidence from the Early 1980's", *Journal of Economic Behaviour and Organisation*, vol. 12, págs. 159-180.
- Arvanitis, S. (2002): "Microeconometric Approaches to the Evaluation on RTD Policies: A Non-technical summary of the State of the Art". Working Paper: Swiss Institute for Business Cycle Research, n.º 55, págs. 1-14.
- Arvanitis, S., H. Hollenstein y S. Lenz (2002): "The Effectiveness of Government Promotion of Advances Manufacturing Technologies (ATM): An Economic Analysis Based on Swiss Micro Data", *Small Business Economics*, vol. 19, págs. 321-340.
- Becker, S. y A. Ichino (2002): "The Estimation of Average Treatment Effects Base on Propensity Score", *The Stata Journal*, vol. 2, págs. 358-377.

- Blanes, J.V. y I. Busom (2004): "Who Participates in R&D Subsidy Programs? The Case of Spanish Manufacturing Firms", *Research Policy*, vol. 33, págs. 1459-1476.
- Branstetter, L. y M. Sakakibara (1998): "Japanese Research Consortia: A Microeconomic Analysis of Industrial Policy", *The Journal of Industrial Economics*, vol. XLVI, págs. 207-234.
- Buesa, M., M. Pellitero, J. Heijis y T. Baumert (2002): "Los Sistemas Regionales de Innovación en España: Una Tipología Basada en Indicadores Económicos e Institucionales", *Revista de Economía Industrial*, vol. 5, págs. 15-32.
- Buiseret, T., H. Cameron y L. Georgiou (1995): "What Differences Does it Make? Additivity in the Public Support of R&D in Large Firms", *International Journal of Technology Management*, vol. 10, págs. 587-600.
- Busom, I. (1992): *Innovación e Intervención Pública: Panorama y Evidencia Empírica*. Universidad Autónoma de Barcelona. Tesis Doctoral.
- Busom, I. (2000): "An Empirical Evaluation of the Effects of R&D Subsidies", *Economic Innovation and New Technology*, vol. 9, págs. 111-148.
- Carmichael, J. (1981): "The Effects of Mission Orientated Public R&D Spending on Private Industry", *Journal of Finance*, vol. 36, págs. 617-627.
- Capron, H. (1992), *Economic and Quantitative Methods for the Evaluation of the Impact of R&D Programs: A State of Art*. EUR 14864 EN, Commission European. Bruselas.
- Cohen, W. (1995): "Empirical Studies of Innovative Activity", en Stoneman, P. (ed.): *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Oxford University Press, Oxford, págs. 182-264.
- Czarnitzki, D. y A. Fier (2002): "Do Innovation Subsidies Crowd Out Private Investment? Evidence from the German Service Sector", *Applied Economics Quarterly*, vol. 48, págs. 1-25.
- David, P., B. Hall y A. Toole (2000): "Is Public R&D a Complement or Substitute for Private R&D? A Review of the Econometric Evidence", *Research Policy*, vol. 29, págs. 407-529.
- Dwhejia, R. y S. Wahba (1999): "Causal Effects in Nonexperimental Studies: Reevaluating the Evaluation of Training Programs", *Journal of the American Statistical Association*, vol. 94, págs. 1053-1062.
- Dwhejia, R. y S. Wahba (2002): "Propensity Score Matching Methods for Nonexperimental Causal Studies", *Review of Economics and Statistics*, vol. 84, págs. 151-161.
- Duguet, E. (2003): "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*, vol. 114, págs. 263-292.
- Fagerberg, J. (1994): "Technology and International Differences in Growth Rates", *Journal of Economic Literature*, vol. 32, págs. 1147-1175.
- FECYT (2003): *Modelos de Protocolos para la Evaluación de Actividades de I+D e Innovación*, Fundación Española de Ciencia y Tecnología.
- Fernández, E., B. Junquera y C. Vázquez (1996): "The Government Support for R&D: The Spanish Case", *Technovation*, vol. 16, págs. 59-65.
- Georgiou, L. (2002): "Impact and Additivity of Innovation Policy", Six Countries Programme on Innovation, Spring Conference: Innovation Policy and Sustainable Development: Can Public Innovation Incentives Make a Difference?, Bruselas.
- Griliches, Z. (1979): "Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth", *Bell Journal of Economics*, vol. 10, págs. 92-116.
- Griliches, Z. (1986): "Productivity, R&D and Basic Research at Firm Level, Is there still a relationship?", *American Economic Review*, vol. 76, págs. 141-154.

- Griliches, Z. y F. Lichtenberg (1984): "R&D and Productivity Growth at the Industry Level: Is There Still a Relationship?", en *R&D, Patents and Productivity*, Chicago, University of Chicago Press.
- Gonzalez, X., J. Jaumandreu y C. Pázó (2005): "Barriers to Innovation and Subsidy Effectiveness", *The Rand Journal of Economics*, vol. 36, págs. 930-950.
- Heckman, J., R. LaLonde y J. Smith (1999): "The Economics and Econometrics of Active Labour Market Programs", en Ashenfelter, O. y Card, D. (eds.): *Handbook of Labour Economics*, North-Holland, Amsterdam, págs. 1865-2097.
- Heijs, J. (2001): Política Tecnológica e Innovación; Evaluación de la Financiación Pública de I+D. Consejo Económico Social, Colección de Estudios, Madrid.
- Heijs, J. (2003): "Freerider Behaviour and the Public Finance of R&D Activities in Enterprises: The Case of the Spanish Low Interest Credits for R&D", *Research Policy*, vol. 32, págs. 445-461.
- Heijs, J. (2005): "Identification of Firms Supported by Technology Policies: The Case of Spanish Low Interest Credits", *Science and Public Policy*, vol. 12, págs. 219-230.
- Herrera, L. y M. Nieto (2004): "Efecto de la Política de Subsidios a la Innovación según la Localización de la Empresa", en Leal, A. y Landa F.J (eds.): *Cities in Competition: Innovations and Technology Projects and Operatioms Managements in the City Development*, Universidad de Sevilla, Sevilla, págs. 51-78.
- Higgins, R. y A. Link (1981): "Federal Support of Technological Growth in Industry: Some Evidence of Crowding out", *IEEE Transactions on Engineering Management EM*, vol. 28, págs. 86-88.
- Hitt, M., R. Hoskisson y H. Kim (1997): "International Diversification: Effects on Innovation and Firm Performance in Product-Diversified Firms", *Academy of Management Journal*, vol. 40, págs. 767-798.
- Lechner, M. (1999): "Earnings and Employment Effects of Continuous off The Job Training in East Germany after Unification", *Journal of Business and Economic Statistics*, vol. 17, págs. 74-90.
- Lerner, J. (1999): "The Government as Venture Capitalist: The Long-run Impact of the SBIR program", *Journal of Business*, vol. 72, págs. 285-318.
- Levy, D. y N. Terlecky (1983): "Effects of Government Funding on Private R&D Investment and Productivity: A Macro Economic Analysis", *Bell Journal of Economics*. vol. 14, págs. 1551-1561.
- Lichtenberg, F. (1997): "The Effect of Government Funding on Private Industrial Research and Development: A Re-Assessment", *The Journal of Industrial Economics*, vol. 36, págs. 97-104.
- Luukkonen, T. (2000): "Additionality of EU Framework Programmes", *Research Policy*, vol. 29, págs. 711-724.
- Mansfield, E. (1984): "R&D and Innovation Some Empirical Findings", en Griliches, Z. (ed.): *R&D, Patents and Productivity*, University of Chicago Press, Chicago, págs. 127-148.
- Mansfield, E. (1968): *Industrial Research and Technological Innovation: An Econometric Analysis*. New York, NY: W.W. Norton & Company.
- Meyer-Krahmer, F. (1989): *Der Einfluss Staatlicher Technologiepolitik Auf Industrielle Innovationen*. Nomos.
- Nelson, R. (1984): *High-technology Policies: a Five-nation Comparison*. American Enterprise Institute for Public Policy Research, Washington DC.
- Nelson, R. y S. Winter (1982): *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University Press, Cambridge.

- Papaconstantinou, G. y W. Polt (1997): Policy Evaluation in Innovation and Technology: An Overview. OECD Conference Policy Evaluation in Innovation and Technology: Towards Best Practices. OCDE.
- Rosenbaum, P. y D. Rubin (1983): "The Central Role of the Propensity Score in Observational Studies for Causal Effects", *Biometrika*, vol. 70, págs. 41-55.
- Scott, J. (1984): "Firms Versus Industry Variability in R&D Intensity", en Griliches, Z. (ed.): *R&D, Patents and Productivity*, University of Chicago Press, Chicago, págs. 233-245.
- Shrieves, R. (1978): "Market Structure and Innovation: A New Perspective", *The Journal of Industrial Economics*, vol. 26, págs. 329-347.
- Soete, L. y R. Turner (1984). "Technology Diffusion and The Rate of Technical Change", *Economic Journal*, vol. 84, págs. 612-623.
- Switzer, L. (1984): "The Determinants of Industrial R&D: A Funds Flow Simultaneous Equation Approach", *Review of Economics and Statistics*, vol. 66, págs. 163-168.
- Veugelers, R. (1997): "Internal R&D Expenditures and External Technology Sourcing", *Research Policy*, vol. 26, págs. 303-315.
- Wallsten, S. (2000): "The Effects of Government-Industry R&D Programs on Private R&D: The Case of the Small Business Innovation Research Program", *RAND Journal of Economics*, vol. 13, págs. 82-100.

*Fecha de recepción del original: febrero, 2004*

*Versión final: marzo, 2006*

#### ABSTRACT

In this study we analyse the impact of the subventions granted by the Spanish government to innovation activities on the R&D intensity of firms. Our analysis attempts to deal with two of the methodological problems encountered when evaluating policy impact: the non-estimation of a "counter-factual" state (what would have happened without the public support) and the problem stemming from the aid distribution process. The distribution of support is non-random and could create problems when evaluating the innovation policies. The analysis concludes that firms with a defined capacity to guarantee the successful outcome of projects have higher chances of obtaining subsidies. On the other hand, firms with a necessity to finance innovation have lower probabilities of obtaining aid. With regard to the additionality effect, this study found that the subsidies increased the firms' R&D intensity.

*Key words:* innovation policy evaluation, R&D, R&D subsidies, additionality.

*JEL classification:* O3, O31, O38.