

FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y EMPRESARIALES

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA APLICADA

INNOVACION TECNOLOGICA E INTERVENCION PUBLICA:

PANORAMA Y EVIDENCIA EMPIRICA

Tesis Doctoral presentada por

ISABEL BUSOM PIQUER

y dirigida por el Doctor

JOSEP Ma. VEGARA CARRIO

Volumen 2

Bellaterra, Septiembre 1991



FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y EMPRESARIALES
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA APLICADA

**INNOVACION TECNOLOGICA E INTERVENCION PUBLICA:
PANORAMA Y EVIDENCIA EMPIRICA**

Tesis Doctoral presentada por
ISABEL BUSOM PIQUER
y dirigida por el Doctor
JOSEP Ma. VEGARA CARRIO

Volumen 2



Bellaterra, Septiembre 1991

4. 201020

I N D I C E

PRESENTACION.....	1
CAPITULO I: GENERACION Y ADOPCION DE TECNOLOGIA: Panorama de las hipótesis teóricas y de la evidencia empírica.	
1. Introducción.....	6
2. Innovación tecnológica: su generación.....	10
2.1. Antecedentes.....	12
2.2. El debate en torno a la endogeneidad de la generación de innovaciones.....	19
2.2.1. Aportaciones empíricas al debate.....	20
2.2.2. Un modelo teórico.....	30
2.2.3. Conclusiones.....	32
2.3. Factores económicos y generación de tecnología.	35
2.3.1. La hipótesis de la innovación inducida..	35
2.3.2. La hipótesis Schumpeteriana, o la importancia del poder de mercado.....	38
2.3.2.1. Teoría de juegos e innovación tecnológica.....	43
2.4. Los factores económicos: evidencia empírica en torno a la hipótesis Schumpeteriana.....	54
2.5. Las tendencias actuales: el papel de la oportunidad tecnológica, externalidades, y organización y transmisión de la información...	66
2.5.1. La función de producción de innovaciones.....	67
2.5.2. La presencia de externalidades.....	74
2.5.3. El carácter acumulativo del conocimiento, procesos de aprendizaje, y organización del mismo. Economías de escala y de alcance.....	79
3. Adopción de tecnología.....	85
3.1. Una regularidad observada.....	86
3.2. Hipótesis teóricas.....	88
3.2.1. Adopción de tecnología e información	

imperfecta.....	91
3.2.2. Adopción y heterogeneidad de la población.....	92
3.2.3. Adopción, información imperfecta y heterogeneidad de la población.....	93
3.2.4. Adopción y comportamiento estratégico.....	94
3.3. Evidencia empírica.....	96
3.4. Transferencia de tecnología.....	99
4. Conclusiones.....	102
Referencias bibliográficas.....	106

CAPITULO II: INTERVENCION PUBLICA E INNOVACION TECNOLOGICA

1. Introducción.....	114
2. Fallos de mercado y política óptima de I+D.....	117
2.1. El problema de la apropiabilidad imperfecta de los beneficios generados por la innovación.....	122
2.2. Información imperfecta.....	129
2.3. Indivisibilidades, complementariedades, y fallos de información: los acuerdos de cooperación.....	134
2.4. Imperfecciones del mercado de capitales.....	137
2.5. Conclusiones.....	139
3. Problemas asociados a la intervención pública.....	142
3.1. Fallos de mercado y limitaciones de la intervención pública en relación a I+D.....	145
3.2. Incentivos políticos y política de I+D.....	147
3.3. Conclusiones.....	149
4. Evaluaciones de la intervención pública en las actividades de I+D.....	151
4.1. Evaluaciones cualitativas.....	152
4.2. Evaluaciones econométricas.....	154
Referencias bibliográficas.....	164

CAPITULO III: UN MARCO PARA EL ANALISIS EMPIRICO DE LAS ACTIVIDADES DE I+D.

1. Introducción.....	169
----------------------	-----

2. Reflexiones sobre el comportamiento de las empresas y de la agencia pública.....	173
3. Un modelo econométrico para evaluar el impacto de la financiación pública de las actividades de I+D.....	181
3.1. El modelo de participación.....	189
3.2. El modelo de esfuerzo.....	201
Referencias bibliográficas.....	204

CAPITULO IV: DESCRIPCION DE LOS DATOS Y DEFINICION DE VARIABLES.

1. Características del cuestionario y de la muestra utilizada.....	205
1.1. Características típicas de las empresas.....	207
1.2. Actitudes estratégicas.....	212
1.3. Características de los proyectos de I+D.....	221
1.4. Algunas preguntas.....	226
2. Definición y medición de las variables.....	228
2.1. Las variables dependientes o endógenas.....	228
2.1.1. Participación en programas públicos.....	228
2.1.2. El esfuerzo en I+D.....	231
2.1.3. Características de los proyectos de I+D..	232
2.2. Las variables exógenas.....	235
2.3. Variables no incluidas.....	248
Referencias bibliográficas.....	250

CAPITULO V: ESTIMACION DE LOS DETERMINANTES DE LA PARTICIPACION EN PROGRAMAS PUBLICOS DE I+D.

1. Introducción.....	251
2. Especificación y problemas generales de la estimación.....	251
3. Modelos de participación.....	255
3.1. Participación en programas nacionales de I+D canalizados por el CDTI.....	258

3.1.1. Estimaciones correspondientes al Caso 3..	261
3.1.2. Estimaciones correspondientes al Caso 4..	269
3.1.3. Interpretación de las estimaciones de los modelos bivariantes.....	272
3.1.4. Estimaciones adicionales.....	278
3.2. Participación en programas comunitarios de I+D..	284
3.2.1. Criterios de selección de los programas comunitarios.....	284
3.2.1. Las estimaciones.....	285
3.3. Participación en programas nacionales y comunitarios: una comparación.....	289
4. Conclusiones del análisis de participación.....	291
Apéndice.....	293
Referencias bibliográficas.....	296

CAPITULO VI: EL ESFUERZO EN I+D DE LAS EMPRESAS. EFECTOS DE LA PARTICIPACION EN PROGRAMAS PUBLICOS, Y CARACTERISTICAS DE LOS PROYECTOS.

1. Introducción.....	297
2. El esfuerzo en I+D.....	299
2.1. Esfuerzo absoluto: el gasto en I+D, y el personal de I+D.....	302
2.2. Esfuerzo relativo.....	317
2.3. Impacto de la participación sobre el esfuerzo en I+D.....	321
3. Características de los proyectos de I+D.....	327
3.1. Intensidad de capital del proceso de I+D.....	327
3.2. Quien busca innovaciones de proceso ?.....	331
3.3. Tipo de proyecto: investigación básica-aplicada versus desarrollo.....	336
3.4. Horizonte temporal de los proyectos.....	343
4. Conclusiones.....	348
Referencias bibliográficas.....	352

CAPITULO VII: EPILOGO.

1. Las preguntas planteadas en esta investigación.....	353
2. Aportaciones del análisis teórico.....	355
3. La evidencia sobre los efectos de la intervención pública.....	359
4. Un marco para la evaluación del impacto de la financiación pública de las actividades de I+D de las empresas.....	364
5. Los resultados y su interpretación.....	370
5.1. La participación en programas públicos de I+D: determinantes.....	372
5.2. Las características de los proyectos de I+D: implicaciones.....	374
5.3. La disponibilidad de financiación pública y el esfuerzo privado en I+D.....	377
6. Conclusiones.....	384
Referencias bibliográficas.....	390

CAPITULO III
UN MARCO PARA EL ANALISIS EMPIRICO
DEL ESFUERZO EN I+D DE LAS EMPRESAS
Y DEL IMPACTO SOBRE EL MISMO DE LAS AYUDAS PUBLICAS

1. Introducción.

Tal como se concluía en el capítulo anterior, tras analizar la evidencia empírica disponible, el análisis del impacto que tiene la disponibilidad de fondos públicos de I+D sobre el esfuerzo de las empresas requiere plantear explícitamente la interrelación entre las decisiones de cada empresa y la de la agencia pública que canaliza dichos fondos. Las decisiones de cada empresa de interés se refieren a su solicitud de participación en un programa público de I+D, y a su esfuerzo en I+D, y las de la agencia pública son la concesión o no de una subvención, y la magnitud de la misma.

En este contexto, el objetivo del análisis empírico será doble. En primer lugar, se pretende averiguar si existe un conjunto de características de las empresas que las haga más proclives a solicitar y obtener subvenciones públicas para I+D. Existen dos razones para esperar una respuesta afirmativa. Primero, porque las propias instituciones públicas suelen

establecer una serie de condiciones para conceder tales subvenciones (por ejemplo, viabilidad de los proyectos, credibilidad de la empresa y prioridad de la investigación en ciertas áreas o sectores). Segundo, porque la decisión de una empresa de solicitar una subvención debe poder explicarse fundamentalmente como resultado de la aplicación de criterios que reflejen racionalidad económica, dada la información disponible para la empresa y un conjunto de características específicas de la misma. Si consideramos que el comportamiento de la empresa se puede representar mediante una función objetivo apropiada, el valor de dicha función dadas las restricciones determinará el resultado o elección.

El segundo objetivo consiste en contrastar si disponer de ayudas públicas para las actividades de I+D cambia las decisiones de I+D de las empresas, y, en caso afirmativo, analizar cómo lo hace. Se trata de proceder a una evaluación, mediante la estimación de un modelo econométrico, de los efectos que tiene la participación en programas públicos españoles y comunitarios, sobre las decisiones de I+D.

A este respecto, algunas de las preguntas planteadas son las siguientes. La primera pregunta es la de si el hecho de recibir una subvención para I+D aumenta el esfuerzo realizado por la empresa. En otras palabras, se trata de verificar si las ayudas públicas sustituyen recursos privados que se hubieran dedicado de

todos modos a actividades de I+D, o si los complementan, promoviendo mayor actividad investigadora.

Pero la evaluación del impacto de la intervención pública va más allá. Otro aspecto interesante consiste en contrastar el papel que juegan determinadas variables en el proceso de decisión de I+D, por ejemplo, el tamaño de la empresa. Es posible que la forma en que esta variable afecta al esfuerzo sea la misma tanto para empresas con fondos públicos como para empresas sin ellos. Como también es posible que, en el caso de empresas sin fondos públicos, el tamaño pese más en la determinación del esfuerzo en I+D que para las empresas que sí disponen de ellos. En este segundo caso, diríamos que el tamaño de la empresa condiciona el esfuerzo de I+D de la empresa, pero deja de hacerlo, o lo hace en menor medida, si a la empresa se le concede una subvención. Se puede investigar, pues, si el acceso a subvenciones públicas permite relajar alguna o algunas de las restricciones a las que se enfrentan las empresas en sus decisiones de I+D ¹.

¹Estas preguntas no agotan, por supuesto, el conjunto de preguntas posibles en torno al tema de I+D. Hay otra serie de cuestiones interesantes relacionadas con las precedentes, como son explicar por qué hay empresas que investigan y empresas que no lo hacen, o como las actividades de I+D afectan la productividad de la empresa a corto y largo plazo. Algunos estudios que abordan estos temas sobre las actividades de I+D de empresas españolas son los de P. Escorsa, M. Fluvia, Y. Polo y J.M. Surís.

Este capítulo consta de dos apartados: en el primero, se incluyen unas reflexiones sobre las decisiones de las empresas y de la agencia pública; en el segundo, se discute el modelo econométrico propuesto.

2. Reflexiones sobre el comportamiento de las empresas y de la agencia pública en torno a la I+D.

Supongamos que cada empresa, en un momento dado y antes de cualquier intervención pública, ha tomado una decisión respecto a la cantidad de recursos que van a dedicar a I+D. ¿Cómo cambiarían las decisiones si se introducen medidas públicas de promoción de la innovación? ¿Cómo cambiarían en el caso concreto de que se conceda una subvención a las actividades de I+D? En ausencia de intervención, las empresas deben decidir si investigar o no, y cuánto esfuerzo investigador realizan. Cuando se introduce una subvención, las empresas deberán decidir si solicitarla o no, y cuánto esfuerzo investigador realizar según se obtenga o no se obtenga.

La posibilidad de que las empresas obtengan una subvención a todos los inputs de I+D, por ejemplo, vía crédito subvencionado, se traduce en un cambio en la función de beneficios de innovar. En el supuesto de que exista una función de producción estocástica de innovaciones, la disponibilidad de crédito subvencionado afectará la función de distribución de probabilidad de los beneficios. La forma concreta como la afecte puede variar: puede modificar simplemente el valor esperado de la función de beneficios, o bien puede modificar tanto el valor esperado como la varianza de la función, dependiendo de cómo se introduzca el término aleatorio (por ejemplo, según éste aparezca de forma aditiva o

multiplicativa). Además, debe tenerse en cuenta que en la mayoría de los casos las empresas no se dedican exclusivamente a actividades de investigación, sino que su actividad principal es la producción y comercialización de uno o varios productos finales. Por tanto, para analizar los posibles efectos de una subvención a la I+D debe tenerse en cuenta el carácter multi-actividad de las empresas².

Finalmente, para evaluar el impacto de una subvención será útil suponer que existen dos periodos de toma de decisiones: antes de la política de subvenciones y después. Supongamos que la función objetivo de la empresa se puede representar por la maximización de la utilidad esperada. En el periodo primero, cada empresa comparará la utilidad esperada de los beneficios netos anticipados con y sin actividad investigadora. En el segundo periodo, comparará la utilidad esperada de investigar y no investigar, teniendo en cuenta que la función de distribución de probabilidad de los beneficios ha cambiado.

Supongamos que no existen costes de solicitar la subvención.

Definamos:

B_0 : valor presente de los beneficios si no hace I+D;

B_1 : valor presente de los beneficios si hace I+D pero no

²Ritzen (1990) sugiere que una subvención genera un efecto-renta y un efecto sustitución. La magnitud de este último depende de la elasticidad de sustitución entre I+D y los otros inputs usados en la producción del producto final.

solicita la subvención;

B'_1 : valor presente de los beneficios si hace I+D y se acoge a la subvención.

Una empresa determinada se acogerá o no a una subvención de acuerdo con el resultado de comparar la utilidad esperada de las tres funciones aleatorias de beneficios. Es decir, si

$$E U(B'_1) \geq E U(B_1) \text{ y}$$

$$E U(B'_1) \geq E U(B_0)$$

entonces la empresa solicitará la subvención e investigará. Y obviamente, no lo hará en caso contrario. Puede interpretarse el resultado como una **demanda de participación** en un programa público de I+D.

El paso siguiente es la decisión por parte de la agencia pública de concederla o no. Para simplificar, supongamos por el momento que se concede a todas las empresas que lo solicitan.

Para las empresas habian decidido no realizar I+D en el primer periodo, puede ocurrir:

a) que el valor presente de los ingresos esperados siga siendo inferior a los costes de I+D (la subvención es 'demasiado baja'): en este caso, la empresa no participará en el programa, es decir, no solicitará la subvención, y no investigará, aunque sea

neutral frente al riesgo. Esta situación puede darse para empresas en sectores de baja o nula oportunidad tecnológica, o para aquellas que a pesar de la subvención se enfrenten a restricciones de liquidez a pesar de recibir una subvención.

b) que el valor presente de los ingresos esperados supere los costes, de modo que los beneficios netos esperados sean positivos. Entonces la decisión de la empresa dependerá de su grado de aversión al riesgo. Si éste es suficientemente bajo (o es neutral) participarán, solicitando la subvención y llevando a cabo por primera vez actividades de I+D.

Para las empresas que ya realizaban I+D con anterioridad, la disponibilidad de crédito subvencionado puede afectar su esfuerzo investigador de diversas maneras:

a) los recursos dedicados a un proyecto determinado pueden aumentar;

b) aumentando el número y variedad de los proyectos: quizá sea rentable para la empresa iniciar más proyectos, y/o proyectos más arriesgados.

En resumen, si todo lo demás permanece constante, deberíamos observar que todas las empresas que realizaban I+D en el primer período desean acogerse a la subvención, pudiendo ser los efectos

pueden ser de diversa índole. Una posibilidad es que inicien nuevos proyectos, es decir, diversifiquen su cartera de proyectos, en función de las características de la distribución de beneficios de los mismos. O bien, puede que aumenten el esfuerzo dedicado a proyectos ya existentes. O bien, que no aumenten su esfuerzo, sino que se produzca una desviación de fondos a otras actividades de la empresa. Por su parte, podríamos esperar que algunas de las que no hacían I+D en el período primero, inicien esta actividad en el período segundo.

La evaluación de costes y beneficios de la participación en el programa público y del esfuerzo innovador dependerán en cualquier caso de varios tipos de factores: de características específicas de la empresa (aversión al riesgo, capital humano, costes financieros); del mercado en el que se halla (estructura del mercado, expectativas de crecimiento de la demanda), de las características de la función estocástica de producción de innovaciones (productividad de los factores y variabilidad de la misma), y del grado de externalidades.

En realidad no todas las empresas que solicitan una subvención la obtienen. Dos explicaciones posibles son las siguientes:

1. la agencia pública tiene, simplemente, una restricción presupuestaria; por ello debe seleccionar entre las empresas

solicitantes, bien de forma aleatoria, bien de acuerdo con ciertos criterios pre-establecidos³; o bien,

2. por un problema de 'screening'; al ser incierto el resultado del esfuerzo en I+D, se presenta un problema de observabilidad de la intensidad y calidad del mismo por parte de la agencia pública. La selección intenta discriminar entre las empresas que tienen capacidad de realizar el proyecto I+D y las que no ⁴.

En cualquiera de los dos casos, es posible que la agencia pública no esté dispuesta a ofrecer una subvención a algunas empresas que la desearían, y se produzca, por tanto, una situación que podríamos denominar de racionamiento, puesto que existiría una demanda de participación no satisfecha al 'precio' vigente⁵.

³Por ejemplo, en función de la magnitud de las externalidades positivas generadas por un proyecto determinado. Este puede ser el caso de investigaciones relacionadas con la salud, o con el medio ambiente. O en función del grado de investigación básica que pretendan realizar.

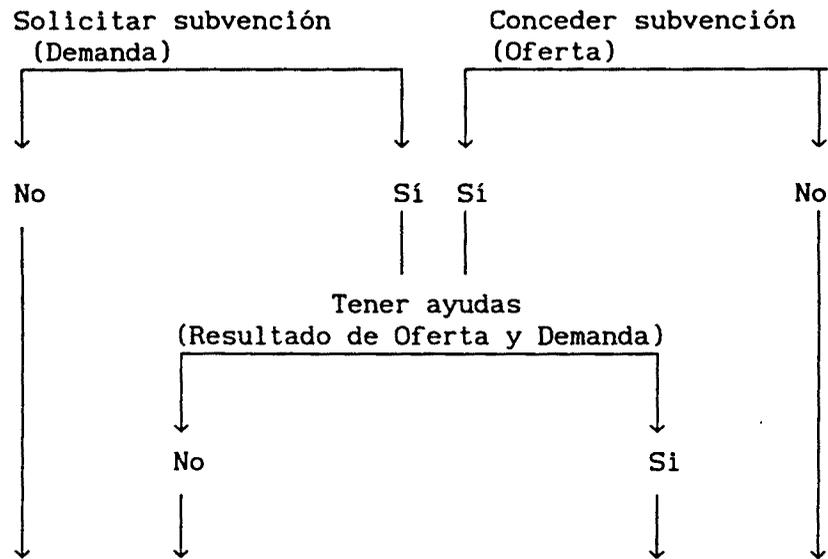
⁴En el caso español, las ayudas públicas se canalizan a través del CDTI. Con respecto a la empresa, el CDTI exige: (1) "disponer de un adecuado equipo técnico y gerencial para llevar a cabo el proyecto" y (2) contar con una estructura económico-financiera que le permita financiar el porcentaje del presupuesto que le corresponda, que será como mínimo un 30 % del montante de la inversión prevista". Por lo que respecta a los proyectos, éstos deben reunir las siguientes condiciones: (1) "presentar un alto grado de Innovación Tecnológica", (2) "acreditar su viabilidad técnica, comercial y económica", y (3) "estar soportados por empresas con capacidad financiera suficiente que permita poner en práctica los resultados de Investigación y Desarrollo conseguidos".

⁵El precio vigente es el coste de solicitar.

También puede ocurrir que la agencia pública esté dispuesta a ofrecer una subvención a una empresa que no desea solicitarla. Estas situaciones pueden darse cuando existen discrepancias en la evaluación de los proyectos posibles de I+D, como resultado, por ejemplo, de divergencias en la información, en el grado de aversión al riesgo de la empresa y de la agencia pública, o en la apreciación de la rentabilidad de los resultados.

La relación entre las decisiones de la empresa y de la agencia pública, para el segundo período, puede representarse gráficamente mediante un diagrama en el que se distinguen dos niveles de decisión: por un lado, la participación en un programa público, y por otro, el esfuerzo en I+D.

Nivel 1: Modelo de Participación.



Nivel 2: Modelo de Esfuerzo en I+D.

Decidir cuantía de I+D, condicionada al resultado del Nivel 1.

En el apartado siguiente se parte de este esquema para plantear un modelo econométrico apropiado.

3. Un modelo econométrico para evaluar el impacto de las subvenciones públicas a la I+D de las empresas.

Existe una notable expansión de la literatura econométrica centrada en el diseño de modelos apropiados para la evaluación del impacto de programas sociales. La mayor parte de los estudios realizados se han ocupado de los efectos que los programas de formación profesional tienen sobre los salarios de los participantes en los mismos⁶. Para evaluar dicho impacto, debe tenerse en cuenta que ser participante en un programa suele ser resultado de las propias decisiones del individuo, y que pueden tender a participar individuos cuyos ingresos serían de todos modos superiores a los de los no participantes.

Como destacan Heckman y Hotz (1989), la información estadística de que se dispone normalmente no proviene de la realización de un experimento con dos grupos aleatorios de individuos que no deciden su pertenencia a uno u otro grupo. Por el contrario, en un contexto no experimental el pertenecer a uno u otro grupo suele ser resultado de las decisiones del propio individuo. Por ello, la muestra de participantes de que se disponga será, en general, una muestra *auto-seleccionada*, y ello

⁶Ver, por ejemplo, Willis y Rosen (1979) y, para muchas otras aplicaciones, ver los surveys de Maddala (1983), Amemiya (1984).

debe ser tenido en cuenta al especificar un modelo econométrico, pues de lo contrario se cometería un error de especificación que resultaría en una estimación inconsistente⁷. A continuación se describe someramente el planteamiento típico, para luego pasar a discutir la modelización adecuada al problema que nos ocupa.

Una forma muy simple de plantear un modelo econométrico para estimar los efectos que tiene la participación en un programa sobre determinadas variables es la siguiente (ver, por ejemplo, Maddala 1983, pg. 261):

$$Y = b'X + a I + u$$

donde Y es el resultado (por ejemplo, en nuestro caso sería el esfuerzo en I+D), X es un vector de características de la observación (la empresa), b es un vector de coeficientes correspondientes a las características, e I una variable binaria, que es igual a 1 si el individuo participa, y 0 en caso contrario. En un modelo de este tipo, los efectos del programa sobre el esfuerzo de I+D se miden con el parámetro a. En nuestro caso, participar quiere decir simplemente tener subvención.

Esta especificación plantea, sin embargo, dos problemas. Por

⁷Heckman y Hotz (1989) discuten los problemas asociados a las evaluaciones no experimentales, y proponen diversas formas de realizar contrastes de especificación.

un lado, a menudo la propia variable I es endógena, es decir, la decisión de participar suele depender del propio individuo. Ello obliga a una estimación con variables instrumentales, ya que la estimación por mínimos cuadrados produciría estimadores inconsistentes. Por otro lado, una seria limitación es que el modelo es muy restrictivo, puesto que no permite distinguir entre los efectos directos e indirectos que una determinada variable o característica del individuo puede tener sobre Y , o, en otras palabras, no permite que la relación entre las variables X e Y sea distinta para los dos grupos de individuos o empresas, participantes y no participantes. Por ello, es preferible plantear un modelo más general, que permita contrastar hipótesis en torno a la probabilidad de participación de un individuo, y en torno al efecto de determinadas variables sobre la variable resultante. A continuación se discute cómo se puede especificar un modelo adecuado al problema que nos ocupa.

El esquema que se acaba de esbozar en el apartado anterior conduce de forma bastante directa a la formulación de un modelo econométrico. Las empresas deben tomar dos decisiones en relación a I+D: solicitar o no una ayuda pública, y escoger un determinado nivel de esfuerzo en I+D.

Por lo que respecta al primer nivel de decisión expresado en el diagrama, o 'modelo de participación', la decisión de la empresa de solicitar o no una subvención produce un resultado de

carácter cualitativo, consecuencia de comparar la utilidad esperada de los beneficios netos anticipados de tener o no tener actividad investigadora con y sin subvención. La manera típica de especificar un modelo econométrico para estimar los parámetros correspondientes a las variables presuntamente relacionadas con la evaluación de la utilidad esperada bajo las dos alternativas, solicitar o no solicitar, consiste en utilizar un modelo de elección discreta.

La decisión de la agencia pública de otorgar o no la subvención produce también un resultado cualitativo, consecuencia de la evaluación de la empresa según los propios criterios de la agencia pública. La importancia cuantitativa de las variables determinantes de la decisión de la agencia con respecto a una empresa pueden también estimarse mediante la especificación de un modelo de elección discreta. Es posible que algunas empresas soliciten y no obtengan subvención, en cuyo caso, como se ha dicho antes, se producirá un racionamiento de las subvenciones para una parte de los solicitantes⁸.

Una vez conocida por la empresa la decisión de la agencia pública, aquella debe decidir la magnitud y características del

⁸Podría considerarse un caso más general, que consiste en que cada empresa puede solicitar una subvención mayor o igual que 0. La agencia pública por su parte puede conceder una cantidad menor o igual a la solicitada a cada empresa, pudiendo la restricción, en caso de existir, ser diferente para cada empresa.

esfuerzo en I+D. El disponer o no de fondos públicos para I+D puede influir en el esfuerzo, y la importancia de dicha influencia puede estimarse mediante el planteamiento de un modelo econométrico apropiado.

Definamos I^* , una variable continua que no es directamente observable, y que mide la diferencia entre la utilidad esperada de los beneficios netos si la empresa se acoge a la subvención y la utilidad esperada si no lo hace, es decir,

$$I^* = E U(B') - E U(B)$$

Sólo sabemos, de acuerdo con las hipótesis teóricas discutidas anteriormente, que I^* será función de ciertas características de la empresa, de su entorno, y de la oportunidad tecnológica. Supongamos que se puede determinar un conjunto de variables, que constituyen el vector Z , tal que podemos escribir:

$$I^* = d'Z + u$$

donde u se distribuye según una función de densidad normal con media 0 y varianza igual a 1. Lo que observamos es si la empresa solicita o no la subvención, esto es, observamos la variable I tal que

$$I = 1 \quad \text{si } I^* > 0$$

$$I = 0 \quad \text{si } I^* \leq 0$$

y, entonces,

$$\text{Prob}(I=1) = \Phi(d'Z), \text{ y}$$

$$\text{Prob}(I=0) = 1-\Phi(d'Z)$$

donde Φ es la función de distribución normal.

Supongamos provisionalmente que solicitar la subvención garantiza su obtención. El esfuerzo en I+D, Y , es una variable determinada por un conjunto de variables explicativas contenidas en el vector X , y por e , que es un término aleatorio:

$$Y = b'X + e$$

de forma que u y e tienen una distribución de probabilidad conjunta normal bivalente, con medias iguales a 0, varianzas iguales a 1 y σ_e respectivamente, y covarianza σ_{ue} .

Puede obtenerse una medida de los efectos que tiene el programa para un participante comparando el esfuerzo esperado en I+D, dado que participa, con el esfuerzo esperado que hubiera realizado caso de no haber participado en el programa. En otras palabras, deseamos obtener una estimación de dos esperanzas condicionales, para la misma observación:

$E(Y|I=1)$: valor esperado del esfuerzo dado que participa

$E(Y|I=0)$: valor esperado del esfuerzo si no hubiera

participado.

Si en la muestra tenemos dos tipos de observaciones, correspondientes a participantes y a no participantes, podemos plantear y estimar dos ecuaciones, una para cada tipo de empresa. Para una empresa participante, el esfuerzo observado, Y_1 , es:

$$\begin{aligned} Y_1 &= E(Y|I=1) + v \\ &= b'X + E(e|u > -d'Z) + v \\ &= b'X + \sigma_{ue} \lambda_1(d'Z) + v \end{aligned}$$

donde $\lambda_1(d'Z) = f(d'Z) / F(d'Z)$ ⁹, y $f()$ y $F()$ denotan, respectivamente, la función de densidad y de distribución normales evaluadas en el punto $d'Z$. Análogamente, para una empresa no participante, el esfuerzo observado Y_2 es:

$$Y_2 = E(Y|I=0) + w = b'X + \sigma_{ue} \lambda_2(d'Z) + w$$

donde $\lambda_2 = -f(d'Z)/(1-F(d'Z))$.

El efecto esperado de participar, para un participante con características X y Z , puede calcularse comparando el valor esperado del esfuerzo en caso de tener subvención, con el valor esperado del esfuerzo en caso de no tenerla:

⁹ λ_1 es el inverso del cociente de Mills, que multiplicado por la covarianza entre u y e nos da la esperanza matemática de la distribución truncada de e .

$$E(Y_1 | I_1=1) - E(Y_2 | I_1=1)$$

donde el segundo término representa el valor esperado del esfuerzo en caso de que no hubiera participado, pero teniendo en cuenta que es un participante.

En otras palabras, al estimar el valor esperado del esfuerzo en I+D que habría realizado una empresa de no tener la subvención, deben tenerse en cuenta aquellas características que la llevan a participar, y que pueden influir indirectamente en el esfuerzo, haciendo que éste sea superior al de los no participantes aunque la empresa no haya tenido subvención. Esto es lo que hace en ambas ecuaciones el término con la variable λ_1 . De este modo se puede distinguir, además, entre los efectos directos e indirectos. que una determinada característica de la empresa puede tener sobre el esfuerzo en I+D.

El problema que nos ocupa es de este tipo, con alguna modificación, debido a que el obtener o no obtener subvención depende de la decisión de otro agente. Es decir, debemos especificar un modelo para determinar conjuntamente la probabilidad de que una empresa solicite una subvención y la probabilidad de que la obtenga. El no obtenerla puede ser interpretado, como se ha dicho más arriba, como una situación de

raconamiento ¹⁰. A continuación se describe un modelo que recoge las decisiones de los dos agentes.

3.1. El modelo de participación.

Definamos la variable latente I^* :

$$I^* = Z'd + u ,$$

donde I^* expresa, como antes, la diferencia entre las utilidades esperadas para la empresa bajo cada alternativa. Si $I^* > 0$, la empresa solicita la subvención, y no lo hace en caso contrario.

Por su parte, la agencia pública decide si conceder o no la subvención de acuerdo con sus criterios, entre los que pueden hallarse características del proyecto presentado, características de la empresa, y restricciones presupuestarias o preferencias de la propia agencia pública. Denominemos W al vector que contiene las variables apropiadas. Este vector, multiplicado por un vector de parámetros, determina el valor de la variable I^{**} , variable que

¹⁰Se trata de un racionamiento parcialmente exógeno porque la probabilidad de obtener una subvención depende también de las mismas características no observadas de la empresa que afectan su decisión de solicitarla. El racionamiento sería completamente exógeno si los obstáculos para obtener la subvención fueran totalmente independientes de las características que, observadas o no observadas, explican su decisión de solicitarla. Ver Pudney (1989), 'Modelling individual choice: the econometrics of corners, kinks and holes', Basil Blackwell, Oxford.

puede interpretarse como la valoración que haría la agencia pública para determinar si una empresa es merecedora de una subvención, o dicho de otra manera, la oferta potencial de una subvención. Escribimos, pues,

$$I^{**} = W'f + e$$

Si $I^{**} > 0$ la agencia pública estará dispuesta a ofrecer una subvención a la empresa, y no lo hará en caso contrario. Suponemos que las variables aleatorias latentes I^* e I^{**} tienen una distribución de probabilidad conjunta normal bivalente¹¹.

El problema radica en que ni I^* ni I^{**} son observables. En este caso, el planteamiento de un modelo estimable depende de información que tengamos (composición de la muestra de que disponemos), y de cómo especifiquemos lo que observamos. Los casos siguientes ilustran algunas posibilidades¹²:

Caso 1: Supongamos que observamos unos indicadores cualitativos de I^* y de I^{**} . Estos indicadores son las

¹¹En los modelos con dos agentes que toman una decisión también es usual formular la hipótesis de normalidad del término aleatorio. Véase, por ejemplo, Poirier (1980). Existen algunos estudios en los que se investiga la sensibilidad de los resultados frente al incumplimiento de dicha hipótesis.

¹²La discusión que sigue está parcialmente basada en Maddala (1983) y en Meng y Schmidt (1983).

variables binarias I_1 e I_2 , que corresponden, respectivamente, al resultado de la decisión de la empresa y al de la decisión de la agencia pública. I_1 indica si la empresa solicita o no la subvención:

$$\begin{aligned} I_1 &= 1 && \text{si } I^* > 0 \\ I_1 &= 0 && \text{si } I^* \leq 0 \end{aligned}$$

I_2 nos indica si la agencia pública estaría dispuesta a ofrecer una subvención a una empresa, independientemente de que la haya solicitado o no, es decir, observamos la 'oferta' de subvenciones para cada empresa de la población.

$$\begin{aligned} I_2 &= 1 && \text{si } I^{**} > 0 \\ I_2 &= 0 && \text{si } I^{**} \leq 0 \end{aligned}$$

Si $I_1 = 1$ y $I_2 = 0$, diremos que se produce racionamiento de las subvenciones. También podríamos observar, hipotéticamente, que para algunas empresas $I_1 = 0$ y $I_2 = 1$, situación que podríamos calificar como 'insuficiencia de demanda'. Podemos tener, pues, cuatro situaciones posibles, según los valores de I_1 e I_2 . La probabilidad asociada a cada situación está determinada por integración, en el intervalo apropiado, de la función de densidad normal bivalente. Así, la probabilidad de que una empresa solicite y obtenga financiación viene dada por:

$$\begin{aligned} \Pr(I_1 = 1 \text{ y } I_2 = 1) &= \Pr(u > -d'Z \text{ y } e > -f'W) \\ &= \int_{-d'Z}^{\infty} \int_{-f'Z}^{\infty} f(u, e) du de \end{aligned}$$

donde $f(u, e)$ es la función de densidad normal bivalente con $E(u) = E(e) = 0$, $E(u^2) = \sigma_u^2$, $E(e^2) = \sigma_e^2$, y $E(ue) = \rho$.

Si en la muestra de empresas disponible se encuentran los cuatro tipos de empresas, podremos estimar estas probabilidades y los coeficientes d y f , asociados a la probabilidad de solicitar financiación, y a la probabilidad de obtenerla, respectivamente. La función de verosimilitud de la muestra está compuesta por el producto de las probabilidades de cada uno de los cuatro grupos:

$$\begin{aligned} L &= \Pi_1 \Pr(I=0, I=0) * \Pi_2 \Pr(I=0, I=1) * \\ &\quad \Pi_3 \Pr(I=1, I=0) * \Pi_4 \Pr(I=1, I=1) \end{aligned}$$

donde Π_1 indica el producto de las observaciones que se encuentran la situación correspondiente. También es posible estimar cada ecuación para I_1 e I_2 separadamente, pero si ρ es distinto de 0, la estimación conjunta es más eficiente.

Sin embargo, puede que en la muestra no se encuentren todos los tipos de empresas, por lo que sólo observamos parcialmente, para ciertos subconjuntos de empresas, el

valor de alguno de los indicadores. Los casos 2, 3 y 4 que siguen a continuación describen esta posibilidad.

Caso 2: Observamos el indicador de I^{**} sólo para aquellas observaciones tales que $I_1=1$, es decir, que solicitan. Es decir, el racionamiento se observa parcialmente: sólo para aquellas empresas que han solicitado la subvención y no la obtienen, pero no para aquellas que hubieran estado racionadas de haber solicitado la subvención. En este caso, no se observa I_2 para toda la población, sino sólo para el subgrupo para el que $I_1=1$, o lo que es lo mismo, para aquellas observaciones para las que $I^* > 0$, o $u > -d'Z$. La probabilidad de observar $I_2=1$ es una probabilidad condicional.

Habrán tres tipos de empresas: no racionadas que solicitan y obtienen subvención ($I_1 = 1, I_2 = 1$), las que podemos denominar racionadas ($I_1 = 1, I_2 = 0$), y las 'censuradas' llamadas así porque para estas observaciones observamos que $I_1=0$, pero ignoramos el valor de I_2 . Las probabilidades de pertenecer a cada grupo se especifican a continuación.

Para las que solicitan y obtienen financiación,

$$\Pr(I_2=1|I_1=1) = \int_{-d'Z}^{\infty} \int_{-f'W}^{\infty} f(u,e) du de / \int_{-d'Z}^{\infty} f_u(u) du$$

donde f_u es la función de densidad marginal de u .

Para las que solicitan y no obtienen financiación,

$$\Pr(I_2=0|I_1=1) = \int_{-d'Z}^{\infty} \int_{-\infty}^{-f'W} f(u, e) du de du / \int_{-d'Z}^{\infty} f_u(u) du$$

Y para las que no solicitan,

$$\Pr(I_1=0) = \int_{-\infty}^{-d'Z} \int_{-\infty}^{+\infty} f(u, e) du de = \int_{-\infty}^{-d'Z} f_u(u) du$$

La estimación de la ecuación para I_1 puede realizarse separadamente, pero si $\rho \neq 0$, será ineficiente. La estimación de la ecuación para I_2 será inconsistente a menos que $\rho=0$.

Caso 3: Supongamos que no observamos directamente ni I_1 ni I_2 , sino que sólo observamos si una empresa tiene o no tiene subvención. Podemos expresar este hecho definiendo el indicador $I_4 = I_1 * I_2$, tal que

$$\begin{aligned} I_4 = 1 & \quad \text{si } I_1 = 1 \text{ e } I_2 = 1 \\ I_4 = 0 & \quad \text{si } I_1 = 1 \text{ e } I_2 = 0 \\ & \quad \text{o} \\ & \quad \text{si } I_1 = 0 \text{ e } I_2 = 1 \\ & \quad \text{o} \\ & \quad \text{si } I_1 = 0 \text{ e } I_2 = 0 \end{aligned}$$

Este es un caso aún más acusado de 'observabilidad parcial', análogo al estudiado por Poirier (1980). Sólo

observamos si una empresa tiene o no tiene la subvención, es decir, el resultado de la intersección de I_1 e I_2 . Si una empresa no tiene subvención, no sabemos si es que no la solicitó o que, habiéndola solicitado, no la obtuvo. No observamos tampoco si las que no la solicitan la hubieran obtenido o no de haberlo hecho, es decir, no observamos si se produce racionamiento (que corresponde a no obtenerla de haberla solicitado), ni si se produce insuficiencia de demanda (que se da cuando la oferta potencial es positiva pero la demanda es nula). Si se observa sólo el indicador I_4 , habrá dos grupos de empresas, un tipo de no racionadas, para las que sabemos que $I_1=1$ e $I_2=1$ ($I_4 = 1$) y las censuradas, cuya condición no observamos ($I_4 = 0$).

La probabilidad de que I_4 tome cada uno de los dos valores viene dada por

$$\begin{aligned} \Pr(I_4 = 1) &= \Pr(I_1=1 \text{ y } I_2=1) \\ &= \int_{-f'W}^{\infty} \int_{-d'Z}^{\infty} f(e,u) du de \end{aligned}$$

donde $f(e,u)$ es la función de densidad normal conjunta de e y u . Entonces,

$$\Pr(I_4 = 0) = 1 - \Pr(I_4 = 1).$$

Caso 4: Se puede adoptar un enfoque alternativo, según el cual las dos decisiones que se analizan se toman de forma secuencial, y no conjunta. Este enfoque es análogo al adoptado por Abowd y Farber (1982) en su estudio sobre la

ocupación de puestos de trabajo 'sindicados', en el que los trabajadores deciden si ponerse o no en la cola por un puesto, y las empresas deciden si contratar o no a alguien que está en la cola.

En nuestro caso, se trata de considerar que la decisión de la agencia pública de conceder o no financiación afecta sólo a las empresas que la solicitan, es decir, que el proceso de decisión es secuencial. En este caso, la probabilidad de que el CDTI conceda una subvención es una probabilidad definida sólo para las observaciones para las que $I_1=1$. El CDTI no puede considerar si concedería o no financiación a quien no solicita. Ello equivale a decir que la variable I_2 sólo está definida para las observaciones para las que $I_1^* > 0$. Entonces, para cualquier empresa que ha solicitado, la probabilidad de que se le conceda la subvención viene dada por $\Pr(e > -f'W)$, siendo e y u independientes. Podemos escribir que la probabilidad observar que una empresa tenga una subvención, o $\Pr(I_4=1)$, es:

$$\begin{aligned} \Pr(I_4=1) &= \Pr(I_1=1) * \Pr(I_2=1 | I_1=1) \\ &= \Pr(I_1=1) * \Pr(I_2=1) \\ &= \int_{-d'Z}^{\infty} f(u) du * \int_{-f'W}^{\infty} f(e) de \end{aligned}$$

Asimismo,

$$\Pr(I_4 = 0) = 1 - \Pr(I_4 = 1)$$

La función de verosimilitud estará compuesta por el producto de las probabilidades de los dos grupos de observaciones.

Caso 5: En los casos anteriores, se pretende, a partir de la limitada información disponible, decir algo sobre las dos decisiones, la de la empresa y la de la agencia pública, por separado. Supongamos que se desea describir simplemente la probabilidad de tener financiación pública, y el efecto neto que determinadas variables tienen sobre dicha probabilidad. Ello equivale a definir una nueva y única variable latente, llamémosla 'propensión a tener financiación pública', o P^* , tal que

$$P^* = \gamma'V + \varepsilon$$

donde V es un vector de características de la empresa. Observamos solamente si una empresa la tiene o no, es decir, un indicador cualitativo 'tener financiación', indicador que toma el valor 1 (o sí) cuando P^* sobrepasa un cierto valor:

$$P = 1 \text{ si } P^* > 0$$

$P = 0$ en caso contrario.

Una posible justificación reside en que es posible que no existan diferencias entre las variables que determinan la solicitud y las que determinan la concesión de ayudas públicas. Esto se daría, por ejemplo, en el caso siguiente. Podemos pensar que para cualquier empresa existe una cartera de proyectos de I+D posibles, unos susceptibles de recibir subvención y otros no. La empresa, conociendo los criterios de selección de la agencia pública, presentará una solicitud de financiación si puede diseñar un proyecto de I+D que reúna los requisitos adecuados. En este caso, como la empresa anticipa (o interioriza) los criterios de la agencia pública, sólo es preciso modelar de hecho una decisión, la de la empresa, porque el hecho de solicitar implica automáticamente obtener. Se trata de determinar las probabilidades siguientes:

$$\Pr(I = 1) = \Pr(I^* > 0) \quad \text{y}$$

$$\Pr(I = 0) = \Pr(I^* \leq 0)$$

donde ahora $I^* = \delta'Z + f'W + \omega$, siendo ω un nuevo término aleatorio con una función de distribución normal.

En este caso la estimación de los coeficientes de las variables que determinan la probabilidad se simplifica, puesto que se puede hacer mediante un modelo probit univariante.

Debe notarse que, a excepción del modelo considerado como Caso 1, pueden darse problemas de identificación de los parámetros, bien como consecuencia de la configuración de las variables exógenas (posibilidad apuntada por Poirier (1980)), o bien como consecuencia de los valores de los parámetros (como apuntan Meng y Schmidt (1983)). Asimismo, a medida que los modelos utilizan menos información, los estimadores pierden en eficiencia asintótica¹³.

Un factor viene a complicar un poco más el análisis en nuestro caso, debido al tipo de datos de que se dispone. Este es que las empresas pueden solicitar subvenciones de dos tipos de instituciones públicas: del CDTI y de la CE. Ello implica que las ecuaciones que representan la decisión de la empresa y la decisión de la agencia pública se multiplican por dos: hay que añadir las ecuaciones análogas que representarán la decisión de la empresa de solicitar fondos de la CE, y la decisión de la agencia de la CE de conceder o no, así como los indicadores correspondientes. La complejidad del modelo puede ser sustancial, como se verá a continuación. Para este caso, definiremos:

I_1^{*C} : valoración que hace la empresa de solicitar fondos CDTI

¹³Véase el artículo citado de Meng y Schmidt (1980).

- I_1^{*e} : valoración que hace la empresa de solicitar fondos CE
- I_2^{**c} : valoración que hace el CDTI respecto a la capacidad de I+D de la empresa
- I_2^{***e} : valoración que hace la CE respecto a la capacidad de I+D de la empresa

Si observáramos éstas variables o los indicadores cualitativos respectivos: I_1^c , I_1^e , I_2^c , I_2^e , la determinación de la probabilidad conjunta vendría dada por una distribución normal multivariante, de dimensión igual a cuatro. Podría haber, de acuerdo con el valor tomado por cada indicador, 16 grupos de empresas.

Si nos encontramos en un caso análogo al descrito en el Caso 2, entonces observaríamos I_1^c , I_1^e , I_3^c , I_3^e . La probabilidad de cada suceso vendría determinada por una distribución de probabilidad cuatri-variante con selectividad. Esto representa que aparecen en total 9 tipos empresas, según soliciten o no subvenciones al CDTI y a la CE, y según las tengan o no. Nueve sería, pues, el número de ecuaciones en la parte del modelo que corresponde al esfuerzo¹⁴.

¹⁴La tabla siguiente muestra los grupos:

Solicitar CDTI	Solicitar EC	Tener CDTI	Tener EC
0	0	0	0
0	1	0	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	0	0	0
1	1	0	0
1	1	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

Si, de forma análoga al Caso 3, observásemos únicamente los indicadores I_4^c e I_4^e , donde $I_4^i = I_1^i * I_2^i$, tendríamos cuatro tipos de empresas. Las probabilidades serían también determinadas por la correspondiente integración de la función de densidad normal cuatrivariante ¹⁵.

En cualquiera de estos casos, las dificultades de evaluar las integrales correspondientes a distribuciones multivariantes de dimensión superior a dos hacen que haya que introducir necesariamente algunos supuestos simplificadores con el fin de plantear un modelo estimable. Estos se discutirán tras presentar los datos.

3.2. El modelo de Esfuerzo.

Finalmente, dadas las decisiones de la empresa y de la agencia pública (suponiendo que sólo hay una), una empresa decide su esfuerzo en I+D. Dicho esfuerzo puede variar según la empresa haya solicitado o no la subvención, y según la haya obtenido o no de haberla solicitado. La especificación de un modelo econométrico

¹⁵Otra posibilidad es que se observe solamente $I_5 = I_4^c * I_4^e$, es decir, si una empresa tiene o no tiene fondos públicos de una u otra agencia.

para el esfuerzo en I+D dependerá del caso en el que nos hallemos en relación a la participación. En el caso de que se observen los indicadores I_1 e I_2 , habrá cuatro posibles grupos de empresas en la muestra, y para cada uno de ellos se especificaría una ecuación de esfuerzo, con el fin de estimar las siguientes esperanzas condicionales:

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= E(Y|I_1=1 \text{ e } I_2=1) + v_1 && \text{(no racionadas)} \\
 Y_2 &= E(Y|I_1=1 \text{ e } I_2=0) + v_2 && \text{(racionadas)} \\
 Y_3 &= E(Y|I_1=0 \text{ e } I_2=1) + v_3 && \text{(insuf. dda.)} \\
 Y_4 &= E(Y|I_1=0 \text{ e } I_2=0) + v_4 && \text{(no racionadas)}
 \end{aligned}$$

En la estimación de cada una de estas ecuaciones deberá tenerse en cuenta que la probabilidad de pertenecer a cada subgrupo depende parcialmente de la propia empresa. Es decir, hay que tener en cuenta, al igual que en el caso sencillo explicado más arriba, la selectividad de la muestra, que en este caso es doble, porque existen dos criterios de selección: el de la propia empresa y el de la agencia pública.

Denominemos X al vector que contiene las variables que explican el esfuerzo. Es posible que en los vectores X , W y Z , se hallen variables comunes, asociadas a características de la empresa y del sector. Otras pueden ser específicas: el vector W , por ejemplo, puede incluir además variables que reflejen los criterios de selección de las instituciones que los conceden. Los

términos aleatorios en todas las ecuaciones pueden estar, en principio, correlacionados debido a la presencia de variables omitidas comunes.

En el capítulo que sigue se describen, en primer lugar, las principales características de la base de datos que se utiliza en esta investigación. Seguidamente, dada la información disponible, se definen las variables contenidas en los vectores W , Z y X .

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Abowd, J.M., y Farber, H.S. (1982), 'Job Queues and the Union Status of Workers', *Industrial and Labor Relations Review*, Vol. 35, No 3.
- Blundell, R. y C. Meghir (1987), 'Bivariate alternatives to the tobit model', *Journal of Econometrics* 34, pp. 179-200.
- Brandts, J. et al (1989), 'An overall evaluation of the state of R&D in Spain', Report to the Commission of the European Communities, Contract PSS*/0082/00.
- Catsiapis, G. y C. Robinson, (1982), 'Sample selection bias with multiple selection rules: an application to student aid grants', *Journal of Econometrics* 18, pp. 351-368.
- CDTI, Memoria 1988. Ministerio de Industria y Energía.
- Greene, W. (1990), 'Econometric Analysis', MacMillan Publishing Company, New York.
- Heckman, J.J. y Singer, B. (1985), 'Longitudinal Analysis of Labor Market Data', *Econometric Society Monographs*, Cambridge University Press.
- Heckman, J.J. y Hotz, V.J. (1989), 'Choosing among Alternative Nonexperimental Methods for Estimating the Impact of Social Programs: The Case of Manpower Training', *Journal of the American Statistical Association*, Vol 84, No. 408.
- Maddala, G.S. (1983), 'Limited-dependent and qualitative variables in econometrics', Cambridge University Press.
- Meng, Chun-Lo, y Schmidt, P. (1983), 'On the cost of partial observability in the bivariate probit model', mimeo.
- Poirier, D.J. (1980), 'Partial Observability in Bivariate Probit Models', *Journal of Econometrics* 12.
- Pudney, S. (1989), 'Modelling individual choice: the econometrics of corners, kinks and holes', Basil Blackwell, Oxford.
- Robinson, C. (1989), 'The Joint Determination of Union Status and Union Wage Effects: Some Tests of Alternative Models', *Journal of Political Economy*, Vol 97, no. 3.

CAPITULO IV

DESCRIPCION DE LOS DATOS Y DEFINICION DE VARIABLES

1. Características del cuestionario y de la muestra utilizada.

La información de que se dispone para realizar el análisis esbozado en el capítulo anterior fue obtenida a través de una encuesta realizada en 1988 a 194 empresas españolas, de las que 154 dedican recursos a la investigación, sea ésta de tipo básico, aplicado o desarrollo¹. El objetivo de la encuesta consistía fundamentalmente en averiguar el grado de información que sobre los programas públicos de I+D tienen las empresas, y su grado de satisfacción con los procedimientos administrativos para solicitar fondos públicos comunitarios².

¹La definición de cada tipo de I+D es la siguiente. La **investigación fundamental** consiste en emprender trabajos originales con la finalidad de adquirir conocimientos científicos nuevos. No está orientada principalmente a un fin o aplicación práctica específica. La **investigación aplicada** consiste en emprender trabajos originales con la finalidad de adquirir conocimientos científicos o técnicos nuevos, orientados a un objetivo práctico determinado. Finalmente, el **desarrollo tecnológico** consiste en la utilización de conocimientos científicos existentes para la producción de materiales, dispositivos, productos, procedimientos, sistemas o servicios nuevos, o para su mejora sustancial, incluyendo la realización de prototipos y de instalaciones piloto.

²Como se ha dicho con anterioridad, la encuesta se realizó para elaborar un informe sobre la participación de las empresas españolas en los programas de I+D comunitarios. Ver J. Brandts et al. (1988).

Las empresas que forman parte de la muestra fueron escogidas aleatoriamente de entre los siguientes grupos: de las 500 empresas con mayor volumen de ventas, según el ranking de Fomento de la Producción, 1987; del listado de 2600 empresas con contratos de transferencia de tecnología del Ministerio de Industria y Energía; de la lista de 576 solicitantes de fondos del Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI); de la lista de empresas que participan en los programas EUREKA y COST. A esta lista se añadieron, si no hubieran resultado ya incluidas, las empresas que según la CE participan en algún programa de I+D comunitario, y las 50 empresas con mayor gasto de I+D.

En el cuestionario se incorporaron preguntas que permitieran clasificar las empresas según algunas variables típicas, tales como su tamaño, sus ventas, o el sector en el que se encuadran. Se introdujeron asimismo algunas preguntas menos habituales, dirigidas a obtener información sobre comportamiento estratégico de las empresas en los mercados respectivos³. La necesidad de mantener la extensión del cuestionario dentro de unos límites aceptables explica que se no se incluyeran algunas preguntas que hubiera sido deseable formular con vistas a profundizar en el

³Frente a la práctica extendida de utilizar el número de empresas o su cuota de mercado como indicador del poder de mercado, la escuela de la 'nueva organización industrial empírica' propone la utilización de un modelo econométrico apropiado para estimar la divergencia entre el coste marginal y el precio, idea ya presente en otros autores anteriores. Para ello, se deben utilizar datos de variables observables para cada empresa o industria (precio del producto y de los inputs, y cantidad producida e inputs utilizados) e imponer de hipótesis específicas sobre la forma de las funciones de demanda y de costes.

estudio de las decisiones de I+D, por ejemplo, sobre la formación del personal de la empresa, tanto de producción como de administración y gestión, o sobre el tipo de estructura organizativa y sobre el estilo de gestión de la empresa. Seguidamente se describen con mayor detalle los datos y sus limitaciones.

1.1. Características típicas de las empresas de la muestra.

Un primer grupo de preguntas del cuestionario hacían referencia a la edad de la empresa, al volumen de ventas en España y en el resto del mundo, por separado⁴, a la inversión realizada, al número de empleados, al número de empleados dedicados a I+D, a las patentes obtenidas en los últimos 10 años, a los gastos en I+D, a los pagos e ingresos anuales por royalties desde 1980, a la disponibilidad de fondos públicos para I+D, a la estructura del capital (público, privado nacional y extranjero), y al sector de actividad. Todos los datos están referidos a 1987.

Las tablas 1 a 4 resumen los rasgos más importantes de las empresas que componen la muestra⁵.

⁴Las cifras de ventas, inversiones y valor añadido de que se dispone no son el valor exacto de estas variables para cada empresa, sino que se pedía a la empresa que se autclasificara de acuerdo con 20 intervalos previamente definidos.

⁵Se han eliminado de la muestra original las empresas que declaran no hacer I+D. Debe recordarse que existen problemas en la medición del gasto de I+D. Por un lado, muchas empresas pueden no

Tabla 1
Algunas características de la muestra

	N	Media	Desviac. Típica	Min	Max
Empleo	151	1614	3273	1	24895
Gasto I+D	154	353	800	1	5000
Personal I+D	153	51	104	1	650
Gasto ID/empleo	150	0,6	1	0,005	7,5
Pers ID/empleo %	149	12,5	19	0,01	100
Gasto ID/pers I+D	153	9,7	39	0,3	478
Edad empresa	154	31,7	25	2	94
Patentes	79	13		0	99

Puede verse que la muestra está compuesta por empresas muy diversas en términos de las variables que aparecen en la tabla, a juzgar por los elevados valores de la desviación típica de cada una de ellas en relación a su media. La excepción la constituye la antigüedad de las empresas, observándose que más de la mitad declaran tener más de 25 años de existencia. Por lo que se refiere al elevado valor de la media de las demás variables, debe notarse que éste se debe a la presencia de pocas observaciones con valores muy elevados. La tabla 2 aporta información importante a este respecto.

planificar explícitamente partidas presupuestarias para este tipo de actividades, aunque de hecho las estén realizando. Esto ocurrirá sobre todo en pequeñas empresas, donde estas actividades las realiza parte del personal durante parte del tiempo (a este respecto, véase Kleinknecht, 1987). Por otra parte, es posible que las empresas que sí asignan un presupuesto a I+D tiendan a utilizar un concepto demasiado amplio para dichas actividades.

Tabla 2
Empleo, Personal y Gasto de I+D
Distribución por percentiles.

Percentil	Empleados	Personal I+D	Gasto I+D
1	17	3	7
2	40	4	15
3	100	5	25
4	300	9	48
5	457	15	80
6	750	20	120
7	1136	40	235
8	1900	59	399
9	4943	136	820
10	24895	650	5000

En el 70 % de las empresas, el personal empleado en actividades de I+D no representa más del 13 % del personal total. Sólo el 5 % de las empresas declaran dedicar más del 50 % del personal a actividades de I+D, es decir, que existen muy pocas empresas especializadas exclusivamente en I+D.

El gasto en I+D por persona dedicada a estas actividades no rebasa los 5 millones de ptas. para la mitad de las empresas de la muestra, y para el 95 % de las empresas, no supera los 19,2 millones.

Respecto al número de patentes, resulta relativamente sorprendente que sólo hayan obtenido alguna patente en los últimos diez años la mitad de las empresas de la muestra, dado que todas declaran realizar actividades de I+D. Este hecho puede ser reflejo, entre otros, de que las innovaciones producidas sean incrementales o no patentables, o de que se prefiera no patentar

para no transmitir ninguna información a posibles empresas rivales.

Por lo que se refiere al tamaño de las empresas, medido por el número de empleados, la mitad de la muestra la constituyen empresas de más de 500 empleados, es decir, empresas grandes. La tabla 3 contiene información adicional respecto al tamaño medido por las ventas.

Tabla 3
Distribución por tamaños, según ventas

Intervalo	Ventas España		Exportaciones	
	N	%	N	%
< 10 millones pts	6	3,9	44	28,6
10≤x≤24	2	1,3	5	3,2
25≤x≤49	1	0,7	6	3,9
50≤x≤99	4	2,6	6	3,9
100≤x≤149	4	2,6	4	2,6
150≤x≤249	8	5,3	8	5,2
250≤x≤499	11	7,2	8	5,2
500≤x≤999	7	4,6	9	5,8
1000≤x≤1499	11	7,2	12	7,8
1500≤x≤1999	3	2,0	3	1,9
2000≤x≤2999	10	6,6	6	3,9
3000≤x≤4999	5	3,3	7	4,5
5000≤x≤9999	15	9,9	11	7,1
10000≤x≤24999	23	15,1	4	2,6
25000≤x≤49999	15	9,9	5	3,2
50000≤x≤99999	12	7,9	4	2,6
100000≤x<200000	6	3,9	2	2,3
200000≤x<300000	4	2,6	0	
300000≤x<500000	3	2,0	0	
500000<x	2	1,3	0	
Ningún intervalo	2		1	0,6
No contesta	0		9	5,8

Buena parte de las empresas han obtenido alguna vez financiación pública para sus actividades de I+D, bien a través de programas del CDTI, de programas de la Comunidad Europea o de ambas fuentes, tal como muestra la tabla 4.

Tabla 4

Número de empresas que tienen o han tenido alguna vez financiación del CDTI o de la CE.

		CDTI		
		Sí	No	
CE	Sí	25	17	42
	No	50	62	112
		75	79	154

Finalmente, la tabla 5 muestra la composición de la muestra por sectores.

Tabla 5

Distribución por sector de actividad

Sector	Número de empresas
Alimentación	12
Textil	4
Electrónica	22
Energía	16
Químico	21
Farmacéutico	9
Metalúrgico/Sider.	28
Máquinas y Herram.	12
Transportes y Comun.	4
Informática	4
Servicios	14
Construcción	1
Otros transform. metal.	5
Otros	1

Como se ha dicho más arriba, se formularon asimismo algunas preguntas poco usuales, entre ellas algunas dirigidas a caracterizarlas según su estrategia de precios, de producción y de I+D, preguntas inspiradas en los modelos teóricos más extendidos de I+D, y que han sido comentados en el Capítulo I. A continuación se describe este segundo grupo de preguntas.

1.2. Actitudes estratégicas.

Varias de las preguntas que se formularon a cada empresa pretendían detectar el tipo de comportamiento estratégico de la misma tanto por lo que se refiere al mercado del producto final como a la política de I+D. En la literatura de organización industrial, se distingue entre varios tipos de mercados, según las estrategias seguidas por las empresas y el equilibrio resultante. Por un lado, mercados en los que las empresas deciden fundamentalmente el precio del producto, tomando como referencia el precio fijado por los competidores. En este tipo de mercados se establece una rivalidad caracterizada en el modelo de Bertrand. Un segundo tipo de mercado es aquel en el que las empresas deciden fundamentalmente la cantidad de producto, en función de las cantidades escogidas por los rivales, ajustándose el precio en función de la demanda. Este es el tipo de mercado caracterizado en el modelo de Cournot. En el cuestionario realizado a las empresas, se incluyó una pregunta cuyo sentido debe interpretarse desde esta perspectiva. En concreto, se preguntaba a cada empresa si

normalmente fijaban el precio de sus productos, y luego ajustaban su producción, o si hacían lo contrario, primero escoger un nivel de producción y luego ajustar el precio. Si su comportamiento no correspondía a ninguna de las dos posibilidades, se pedía a la empresa que especificara cual era su política. Las respuestas obtenidas se muestran en la tabla 6⁶.

Algo más del 60 % de las empresas de la muestra se identifican con una de las dos primeras respuestas. La interpretación que se podría hacer de ello es que buena parte de las empresas escogen una respuesta que implica bien que compiten en precios, o bien que compiten en cantidades. Agrupando todas las respuestas posibles de acuerdo con el grado de desviación que pueden suponer con respecto al comportamiento competitivo, se puede hacer la interpretación siguiente. Si la respuesta de la empresa es la que corresponde al código 1, o 4, o 8, o 9 o 14, se interpreta que la actitud de la misma es básicamente la de competir en precios. El modelo de Bertrand predice que en estas condiciones el precio de equilibrio estará próximo al competitivo. Por el contrario, si la respuesta es la 2, o la 6, se interpreta que compiten en cantidades, lo que corresponde a un comportamiento tipo Cournot. Si la respuesta es la 10, se interpreta que la empresa actúa como si tuviera una posición de monopolio. Si la

⁶Las dos primeras eran las previstas en el cuestionario; las restantes corresponden a lo que las empresas contestaron en el espacio en blanco reservado para el caso en que las respuestas 1 y 2 no fueran una descripción adecuada del comportamiento de la empresa.

respuesta es la 3, o la 7 o la 13, se puede considerar que se trata de una empresa regulada. Las respuestas 5, 11 o 12 son de difícil interpretación: no parecen contener información alguna en el sentido deseado.

Tabla 6

Estrategias declaradas de precios y producción

	Numero empresas	Código resp.
Fijan precio para el producto, y luego se ajusta la producción a la demanda.....	58	1
Establecen plan de producción, y luego ajustan precios.....	38	2
Según tarifas oficiales.....	8	3
En función del precio de compra.....	2	4
Según el mercado de oferta y demanda.....	8	5
Trabajan bajo pedidos.....	7	6
Los fija la CE (política de cuotas).....	2	7
Según la demanda.....	6	8
Por concurso.....	2	9
Establecen plan de producción para el precio de mercado conveniente.....	4	10
Según tarifas de venta.....	1	11
Según la oferta.....	1	12
Precio fijado por la administración.....	13	13
Se fija un precio con margen de beneficio.....	3	14

En principio, la respuesta dada a la pregunta de cuál es el

criterio utilizado para la fijación de planes de producción y de precios puede utilizarse como indicador del grado de rivalidad, y en alguna medida, del poder de mercado de cada empresa. Sin embargo, pueden plantearse dudas sobre esta interpretación. En primer lugar, la mayor parte de las empresas suelen producir muchos productos al mismo tiempo, y por ende, estar presentes en muchos mercados, pudiendo seguir una estrategia distinta en cada uno de ellos. En segundo lugar, las respuestas de competencia monopolística, previstas no permiten detectar otro tipo de mercado, caracterizado por la diversificación del producto, en el que las empresas pueden tanto decidir precios como cantidades.

Varias preguntas intentaban recoger las actitudes de la empresa en relación a las actividades de I+D. Se pedía, en primer lugar, que la empresa diera su valoración de la importancia, a corto y largo plazo, de las actividades de I+D para la misma.

Tabla 7

Importancia de las actividades de I+D para la empresa

Número de empresas para cada respuesta

	0	1	2	3	Total
A corto plazo	3	22	47	82	154
A largo plazo	5	12	36	101	154

Donde 0=irrelevante, 1=algo importante, 2=bastante importante, 3=muy importante.

La muestra está compuesta por empresas que dedican recursos a I+D; sin embargo, solamente algo más de la mitad de las empresas

de la misma consideran que las actividades de I+D son muy importantes a corto plazo. Ello parece indicar que las empresas de la muestra tienen un horizonte temporal amplio.

Se preguntaba, más adelante, cual era el origen de sus ideas para proyectos de I+D, distinguiéndose entre patentes propias, patentes de competidores, productos de competidores, entre otras posibilidades. Las respuestas posibles y el número de empresas que mencionaron cada una de ellas aparecen en la tabla 8. Para interpretarlas, es útil clasificar las respuestas en tres grupos. Un primer grupo que responde a un origen de ideas interno a la empresa: patentes propias, o ideas propias sin patentar. El segundo grupo, engloba las que se originan al observar a los competidores: patentes de competidores. El resto podemos considerar que reflejan una actitud de 'observar activamente al resto del mundo'⁷.

Tabla 8

Origen de las ideas para proyectos de I+D

Número de empresas que declaran haber utilizado alguna vez como punto de partida alguna de las siguientes fuentes⁸ :

Patentes de la propia empresa	87
Patentes de competidores	17
Patentes de otras empresas	7
Licencias	27
Ideas propias sin patentar	59

⁷Un resultado sorprendente es que ninguna empresa declara haber utilizado alguna vez estudios de mercado, es decir, evaluado la demanda. Esto contrasta con la actitud de algunas empresas japonesas de reconocida capacidad innovadora.

⁸Cada empresa podía indicar varias de estas posibilidades.

Contactos con otros países	9
Consultas a Universidad y Organiz.	15
Copias a extranjeros	3
Colaboración con otras empresas	7
Otras aplicaciones sin patentes	7
Estudios de mercado	0

La información que se puede extraer de las respuestas a esta pregunta se completa con las obtenidas a otra pregunta, formulada en otro momento de la encuesta, sobre la importancia que distintos factores juegan en la generación de ideas para proyectos de I+D. La comparación del número de respuestas en cada caso, sugiere que la observación de lo que hacen los competidores no aparece muy bien reflejada en la tabla anterior:

Tabla 9

Importancia de algunos factores en la generación de ideas para innovación de productos

	0	1	2	3
Análisis de productos de competidores	27	31	57	37
Personal de la propia empresa	6	24	59	64
Información científica/técnica	14	52	61	24
Medio científico	40	57	37	16
Necesidades clientes			10	25
Otras			2	13

0=nada importante; 1=algo; 2=bastante; 3=mucho.

En resumen, con las respuestas a ambas preguntas se pueden hacer las siguientes observaciones:

En primer lugar, tiene gran importancia, para buena parte de

las empresas, la generación interna de ideas por parte del personal de la propia empresa. Esto confirma que la calidad del capital humano del que dispone la empresa es un factor crucial en la generación de ideas. Sugiere también que es preciso que las empresas disponga de personal con capacidad de asimilar la información del exterior, y de utilizarla para generar ideas propias; las empresas no se limitan a copiar o imitar lo que ya existe.

En segundo lugar, se observa que tiene bastante importancia el análisis de los productos de los competidores. Si buen número de empresas consideran que esta es una fuente importante de ideas, podemos decir que ello es un indicador de que existen externalidades positivas, o se producen efectos difusión, punto que subrayan los modelos teóricos comentados en el Capítulo I. En cambio, es muy poca la del medio científico, para la mayoría, aunque bastante de la información científico/técnica. Una interpretación que se puede hacer de estos datos es que la generación de innovaciones requiere el uso de información muy específica. La información que proporciona el medio científico puede que sea bien muy general, o bien muy especializada en áreas que no son de interés para la empresa. Es posible que la información científica sea demasiado amplia, y resulte arriesgado o costoso utilizarla como punto de partida para generar nuevas ideas. Por esto se buscan en medios donde existe un 'pool' de información específica similar a la que ya posee la empresa, como son empresas que producen productos parecidos, o medios

científico-técnicos.

En tercer lugar, el elevado número de empresas que declaran que las patentes propias han originado nuevas ideas puede revelar dos cosas. Por un lado, pone de manifiesto el carácter acumulativo del conocimiento, o la importancia de la experiencia. Por otro, que la información contenida en la propia patente no agota todas las posibilidades de uso de la misma.

Clasifiquemos las respuestas en tres grupos como sigue: un primer grupo, incluye sólo patentes de la propia empresa; un segundo grupo, incluye patentes de competidores y considerar como bastante o muy importante analizar productos de competidores; y el tercer grupo, incluye todas las restantes excepto ideas propias sin patentar. Definamos una variable binaria para cada uno de los tres grupos. Obtenemos que una gran mayoría de las empresas, 139, consideran importante o han utilizado información proveniente del tercer grupo de respuestas, es decir, de fuentes relativamente públicas. 98 empresas han utilizado ideas provenientes del análisis de productos de competidores o de sus patentes. Y 87 empresas han utilizado ideas generadas a partir de patentes propias.

Esto sugiere dos observaciones adicionales. Primero, que aunque el 'pool' de conocimientos públicos puede no ser en sí mismo fuente de ideas, el 88 % de las empresas de la muestra consideran que contiene información necesaria, aunque no

suficiente. Y segundo, que si casi el 65 % considera importante analizar o analiza los productos de competidores, es porque la 'imitación' o adquisición gratuita de información es posible potencialmente.

El bajo número de empresas que valoran como muy importante el conocimiento de las necesidades de los clientes es coherente con el nulo número de empresas que buscan ideas mediante estudios de mercado.

Finalmente, se preguntó a cada empresa cómo reaccionaría si una empresa rival iniciara I+D en un proyecto similar a los suyos. Entre las respuestas posibles, se encontraba la posibilidad de llegar a un acuerdo (cooperar), y la de acelerar la ejecución del propio proyecto. La tabla 10 da cuenta de las respuestas obtenidas con las empresas de la muestra.

Tabla 10

Actitud ante la I+D de empresas rivales

Número de empresas que declaran adoptarían una de las actitudes siguientes en caso de descubrir que otra empresa del mismo sector tiene el mismo proyecto de I+D:

Llegar a un acuerdo	63
Acelerar propio proceso I+D	89
Abandonar proyecto	3
Ignorar este hecho	9
Continuar con algún cambio	4
No se da este caso	2
Según la posición de la otra empresa	1

Las empresas se dividen básicamente en dos grupos: las que

buscarían colaborar, y las que prefieren competir ('luchar'). La respuesta escogida puede variar en función de diversos factores. Algunos de ellos pueden ser los siguientes: la naturaleza de los proyectos (costosos, con indivisibilidades; con externalidades, del tipo estandarización, compatibilidad; con externalidades, del tipo difusión: todos estos factores crearían incentivos para colaborar) o bien el tipo de competencia en el mercado del producto (cooperar en I+D puede verse como una forma de eludir la legislación sobre prácticas colusivas, utilizando la cooperación en I+D para realizar acuerdos en relación a precios, producción y distribución).

1.3. Características de los proyectos de I+D.

Un tercer grupo de preguntas hacía referencia a los objetivos de los proyectos de investigación, al horizonte temporal de los mismos, y al tipo de investigación. Las respuestas posibles a la primera pregunta distinguían entre los objetivos de reducción de costes, aumento de calidad de los productos, introducción de nuevos modelos de productos existentes, y generación de nuevos productos. Por lo que respecta al horizonte temporal, se preguntó a cada empresa cuántos proyectos producirían resultados a 1 año, cuántos entre 1 y 5 años, y cuántos a más de 5 años. Y finalmente, respecto al tipo de proyecto, se preguntaba cómo se distribuía el gasto en I+D entre las tres categorías de investigación fundamental, aplicada y desarrollo. A continuación se describen

las características de la muestra en cada uno de estos aspectos.

Tabla 11

Objetivos de los proyectos de I+D

	<u>Numero de empresas</u>
Reducir costes	74
Incrementar la calidad de los productos	73
Nuevos modelos a partir de productos existentes	82
Nuevos productos	118

Observamos que la mayoría de empresas tienen proyectos que cubren varios tipos de objetivos. Si consideramos que reducir costes es lo mismo que generar una innovación de proceso, pocas empresas emprenden investigación con este único objetivo explícito: 7 empresas. Generar exclusivamente nuevos productos es el objetivo de 28 empresas; exclusivamente mejorar la calidad, 4 empresas, y exclusivamente nuevos modelos, 9 empresas. También observamos que de las 154 empresas, 80 no tienen proyectos para reducir costes, mientras que 36 no tienen proyectos para introducir nuevos productos. Sería interesante ver qué factores llevan a emprender investigación para reducir costes.

Tabla 12

Horizonte esperado de los resultados

Número de empresas que tienen algún proyecto cuyos resultados podrán implementarse

Antes de un año	114
Entre 1 y 5 años	113
Más tarde	33
No se acaban	19

A pesar de que la desagregación temporal prevista en el cuestionario no parece suficientemente desagregada (el intervalo entre 1 y 5 años es probablemente demasiado amplio), puede apreciarse que en la mayoría de los casos los proyectos de I+D no tienen un horizonte muy largo. Sólo alrededor de un 20 % de las empresas tienen, aparentemente, un horizonte temporal superior a cinco años.

Se preguntó a cada empresa cómo se repartía el gasto total en actividades de I+D en las tres categorías clásicas de investigación fundamental, aplicada y desarrollo. Quizá más que el porcentaje medio dedicado, por ejemplo, a investigación fundamental, resulta de interés simplemente ver cuántas empresas dedican algún recurso a este tipo de investigación. Con las respuestas se ha elaborado la Tabla 13, que permite realizar algunas observaciones.

Tabla 13

Tipo de I+D

Fundamental sólo	3
Aplicada sólo	29
Desarrollo sólo	47
Fundamental y aplicada	4
Fundamental y desarrollo	2
Aplicada y desarrollo	46
Fundamental, aplicada y desarrollo	23

Observación 1: aproximadamente la mitad hacen exclusivamente

un tipo de I+D. La otra mitad tienen proyectos que cubren al menos dos tipos de investigación, lo que sugiere que existen interacciones importantes entre diversos tipos de investigación.

Observación 2: sólo la tercera parte de las empresas (47) tienen exclusivamente proyectos de desarrollo, es decir, proyectos que en principio sólo requieren 'procesar' información científica o técnica existente. Dos terceras partes tienen proyectos en los que se generan conocimientos científicos. Y casi la mitad de las empresas (2+46+23) tienen proyectos en los que se generan y procesan conocimientos científicos⁹.

Observación 3: de las 154 empresas, 32 declaran hacer investigación fundamental, 102 aplicada, y 118 desarrollo. Es decir, pocas hacen investigación fundamental, y en cambio la mayoría sí hacen desarrollo. Esto puede ser debido a diversas causas. Es posible que la investigación básica sea, simplemente, muy costosa en relación a la aplicada o desarrollo; en segundo lugar, es posible que los problemas de apropiabilidad de los beneficios sean mayores en la investigación básica; o es posible, simplemente, que los conocimientos científicos básicos ya existentes puedan generar muchas aplicaciones potenciales mediante experimentaciones específicas.

⁹Scott y Pascoe (1987) presentan evidencia de que las empresas diversifican premeditadamente los objetivos de sus actividades de I+D, y de que la asignación de recursos a cada tipo de I+D depende de las condiciones de apropiabilidad de los resultados.

Tabla 14

¿Cómo se organiza la I+D ?

		En colaboración	
		Sí	No
En solitario	Sí	95	41
	No	17	0

El 73 % de las empresas (112) tienen proyectos en colaboración, para lo que una explicación potencial es la importancia de las externalidades, indivisibilidades y complementariedades en la investigación. Al mismo tiempo, se observa que pocas empresas (sólo 17) tienen únicamente proyectos en colaboración. Es interesante que un obstáculo para la colaboración, citado por las empresas, es que los colaboradores potenciales sean empresas rivales, lo que coincide con las predicciones de algunos modelos teóricos citados en el Capítulo I. Un segundo obstáculo lo constituyen los problemas que se presentan en la definición del proyecto.

Otro aspecto interesante acerca de cómo se realizan las actividades de I+D reside en su grado de complementariedad con la que se realiza fuera de las fronteras del país en el que se encuentra una empresa. En concreto, ¿se compra tecnología al tiempo que se hace I+D ? Casi la tercera parte de las empresas de la muestra (46 de 154) importan tecnología, es decir, declaran haber realizado pagos en concepto de royalties a lo largo del período 1980-85, en 1986 y en 1987. Una cuestión que se puede

plantear es la de si I+D e importación de tecnología son actividades complementarias o substitutivas. Un argumento en favor de la hipótesis de complementariedad es que para realizar investigación es posible que haga falta importar tecnología de investigación, o simplemente, adquirir una licencia también es una forma de obtener información. Deolalikar y Evenson (1989), por ejemplo, han investigado la relación entre inversión en I+D y compras de tecnología como decisiones conjuntas de una empresa. El resultado de su estudio empírico, aplicado a una muestra de empresas indias, muestra que la oferta extranjera de tecnología induce tanto I+D propios como compras de tecnología, es decir, que son actividades complementarias. Otro resultado es que el tamaño de la empresa, el tipo de propiedad, y la estructura industrial afectan la proporción en que se dividen ambas actividades.

1.4. Algunas preguntas.

La descripción de las respuestas de la encuesta suscita múltiples preguntas. Por ejemplo, ¿podemos encontrar alguna relación entre el tamaño y la estrategia de mercado de las empresas y el gasto en I+D, como se predice en la línea de la hipótesis schumpeteriana ? ¿ Cuáles son las características de las empresas que pueden estar relacionadas con la probabilidad de solicitar y obtener fondos del CDTI y de la CE ? ¿Cuál es el impacto cuantitativo de cada variable ? ¿ Existen diferencias importantes entre las variables que afectan la solicitud de fondos

a cada institución ? ¿ Existen diferencias entre las variables que explican la probabilidad de solicitar fondos y la de obtenerlos ? ¿Cómo afecta las decisiones de I+D la disponibilidad de fondos públicos: aumenta el gasto, varían las características de los proyectos ?

Para contestar estas preguntas, se estimarán una serie de modelos derivados de los discutidos en el Capítulo 3, utilizando para ello variables definidas a partir de las preguntas y respuestas a la encuesta descrita. Dadas las características de la muestra y la información que proporciona, podremos definir como variables dependientes: la probabilidad de solicitar financiación pública a cada institución; la probabilidad de obtener financiación; el gasto en I+D; la cantidad de personal de I+D; y características del proceso de I+D tales como: el objetivo de los proyectos, el tipo de I+D, el horizonte temporal de los resultados, la colaboración con otras empresas, y las compras de tecnología del exterior. En el apartado que sigue se definen las variables construidas.

2. Definición y medición de las variables.

A continuación se discute la definición y medición de todas las variables utilizadas en el análisis empírico, creadas a partir de la información generada por la encuesta. En cada caso, se exponen, cuando ello es oportuno, las limitaciones que se derivan bien del propio carácter de la variable, bien de su medición.

2.1. Las variables dependientes o endógenas.

Se definen tres tipos de variables dependientes. En primer lugar, las que corresponden a lo que en el Capítulo III se denomina 'modelo de participación', y que corresponde a solicitar y/o tener fondos públicos para I+D. En segundo lugar, las variables que corresponden al 'modelo de esfuerzo' en I+D, entendiendo por tal el gasto o el personal dedicado a I+D. Y en tercer lugar, un conjunto de variables que recogen distintas características de los proyectos de I+D, que forman parte de las decisiones de la propia empresa en relación a sus actividades de I+D. Entre ellas están el objetivo de los proyectos de I+D, o el horizonte de sus resultados.

2.1.1. Participación en programas públicos de I+D.

La participación en un programa público de I+D es, en

principio, resultado de las decisiones de dos agentes, la empresa y la agencia pública. En las dos tablas que siguen puede verse cómo se distribuyen las empresas de la muestra en los grupos que surgen al clasificarlas según hayan solicitado o no financiación del CDTI o de la CE, y según la hayan obtenido o no.

Tabla 15

Solicitud y obtención de fondos públicos para I+D

CDTI			CE		
	Obtenido			Obtenido	
	Sí	No		Sí	No
Solicitado	75	12	Solicitado	42	10
	No	0	No	0	102

El 56 % de las empresas de la muestra declaran haber solicitado alguna vez financiación para I+D al CDTI, y de éstas, el 86 % declaran haberla obtenido. Por lo que respecta a financiación proporcionada por la CE, el 34 % de las empresas de la muestra la han solicitado alguna vez, habiéndola obtenido el 81 % de los solicitantes. No sabemos si estas proporciones son similares a las que existen para toda la población de empresas¹⁰.

¹⁰Según la Memoria CDTI 1988, durante este año se presentaron 541 proyectos, de los que fueron aprobados 219, es decir, alrededor del 40 %. Sin embargo, este porcentaje no dice nada respecto al número de empresas cuya solicitud fue denegada, puesto que puede darse el caso de que una empresa presentara más de un proyecto, siendo unos aprobados y otros denegados. En la misma Memoria pueden encontrarse casos de empresas con varios proyectos aprobados.

Haber solicitado financiación pública para realizar actividades de I+D es observable, y es posible crear, por tanto, una variable binaria que corresponde al indicador I_1 definido en el Capítulo III para cada institución¹¹: I_1^C para el CDTI e I_1^E para la CE. Tenemos en la muestra los cuatro tipos de empresas, y por ello es posible, en principio, estimar la probabilidad de solicitar financiación de una u otra fuente en función de diversas características de las empresas.

Tenemos también información sobre algunas empresas que declaran haber solicitado pero no obtenido financiación: puede observarse que, según las tablas, 12 de las 87 empresas que solicitan fondos del CDTI no los obtienen, y que 10 de las 50 que solicitan fondos de la CE no los obtienen. Podemos crear, por tanto, el indicador I_3 ¹² correspondiente al Caso 2. Sin embargo, el bajo número de observaciones para las que $I_3=0$ hace que se puedan anticipar problemas en la estimación de un modelo correspondiente a este caso.

Podemos pensar en utilizar simplemente la información que tenemos sobre haber obtenido financiación, y no sobre haberla solicitado. Ello lo haremos mediante la definición de una variable

¹¹ $I_1 = 1$ si una empresa solicita financiación.

¹² $I_3 = 1$ si $I_1=1$ e $I_2=1$; $I_3=0$ si $I_1=1$ y $I_2=0$. I_2 refleja la decisión de la agencia pública de conceder o no la ayuda.

binaria que corresponde al indicador I_4 , definido en el Capítulo III. Teniendo en cuenta las dos fuentes de financiación, definiremos dos indicadores: I_4^c e I_4^e . En la tabla siguiente se recuerda el número de empresas en cada situación posible:

		Tener CE y/o tener CDTI		
		CDTI		
		No	Sí	
CE	No	62	50	112
	Sí	17	25	42
		79	75	154

Con esta información, es razonable plantearse bien la estimación de un modelo bivalente, del tipo que corresponde al Caso 3 o al Caso 4, o bien la estimación de un modelo univalente, correspondiente al Caso 5.

2.1.2. El esfuerzo en I+D.

Como medida del esfuerzo innovador, en el sentido de esfuerzo en la búsqueda de información susceptible de convertirse en una innovación, se utilizan dos tipos de variables. Por un lado los gastos en I+D, bien en niveles absolutos, o bien en términos relativos, es decir, en relación al volumen de ventas o en relación al número total de empleados. Por otro lado, se utiliza como medida del esfuerzo el personal de la empresa dedicado a actividades de I+D, bien en niveles absolutos, o bien en relación al personal total.

Debe esperarse que los resultados obtenidos en las estimaciones correspondientes a las variables absolutas y a las relativas sean consistentes, en el sentido de que si en el caso de las primeras se obtiene, hipotéticamente, que el coeficiente estimado correspondiente a la variable '*tamaño de la empresa*' es inferior a la unidad, entonces en la ecuación de niveles debe obtenerse para esta variable un coeficiente estimado con signo negativo.

El motivo por el que se mide el esfuerzo tanto a través del gasto como del personal dedicado a actividades de I+D es que el esfuerzo como tal es inobservable, y las dos variables mencionadas son simplemente indicadores imperfectos del mismo. Los resultados obtenidos con uno y otro indicador pueden diferir, según la naturaleza del propio proceso de investigación (por ejemplo, una empresa puede adoptar un proceso de búsqueda muy intensivo en capital físico, y otra un proceso intensivo en capital humano).

2.1.3. Características de los proyectos de I+D.

Es posible plantear además una serie de modelos para el conjunto de variables dependientes que recogen algunas características del esfuerzo en I+D. Una de las conclusiones que se desprende del análisis de algunos trabajos empíricos sobre I+D es precisamente la conveniencia de distinguir entre diversos tipos

de I+D. La información disponible en este estudio nos permite hacer un pequeño esfuerzo en esta dirección.

Podemos distinguir entre los proyectos de I+D de acuerdo con varios criterios. La información proporcionada por la encuesta nos permite hacer las siguientes distinciones:

a) Según su objetivo: proceso o producto.

Riesgo, nivel de conocimientos existente, oportunidad tecnológica, tipo de competencia prevalente en el mercado de los productos finales, pueden influir sobre el tipo de proyecto que se decide llevar a cabo. Los conocimientos necesarios para introducir nuevos productos pueden ser más accesibles (más baratos) que los necesarios para reducir costes, o en otras palabras, la oportunidad tecnológica puede influir en la elección del tipo de proyecto. En mercados caracterizados por competencia monopolística puede ser más rentable la introducción de innovaciones de producto que de proceso¹³.

La información disponible permite definir una variable binaria (que se denominará PROCESO) que tomará el valor 1 si una empresa declara tener algún proyecto cuyo objetivo sea la

¹³Véase por ejemplo Lunn, J. (1986), quien encuentra evidencia empírica de que el grado de concentración está positivamente relacionado con las patentes de proceso en sectores de baja oportunidad tecnológica, pero no en sectores en las que ésta es elevada. El grado de concentración no parece influir, en cambio, en las patentes de productos.

introducción de una innovación de proceso, y el valor 0 en caso contrario.

b) Según el tipo de conocimientos perseguidos: básicos, aplicados, desarrollo.

La información recogida en la tabla 13 de este capítulo mostraba que aproximadamente la mitad de las empresas tienen proyectos 'especializados', en el sentido de que los conocimientos generados pertenecen exclusivamente a uno de los tres tipos posibles. La especialización más frecuente es en desarrollo. Podemos preguntarnos si existen características de la empresa que estén asociadas al tipo de proyectos realizados. Puede hacerse una primera distinción entre proyectos sólo de desarrollo y el resto. Para ello definiremos una variable binaria (FUNDAPB) que tomará el valor 0 si una empresa tiene sólo proyectos de desarrollo. O bien puede definirse una variable de carácter continuo: el porcentaje del presupuesto de I+D dedicado a investigación básica y/o aplicada (PFUNDAP).

c) Según cómo se realice la I+D: en colaboración con otras empresas, o en solitario.

Se define una variable binaria que toma el valor 1 si la empresa tiene algún proyecto en colaboración con otra u otras empresas (IDCOLAB).

d) Según el horizonte temporal de los resultados esperados: corto, medio o largo plazo.

Se define una variable binaria que toma el valor 1 si la empresa tiene proyectos cuyos resultados sean utilizables en al menos 5 años (HORLAR).

2.2. Las variables exógenas.

El análisis teórico nos proporciona algunas claves sobre cuales son los factores que pueden afectar las decisiones de I+D: la presencia de incertidumbre, de indivisibilidades, y de externalidades asociadas a los proyectos de investigación son algunos de ellos. También lo hacen, por consiguiente, las actitudes frente al riesgo de la empresa, su experiencia, restricciones de liquidez, o el tipo de competencia en los mercados en los que la empresa es activa. A partir de los supuestos y proposiciones enunciados en el Capítulo I, podría hacerse una lista de variables de las que sería deseable disponer para realizar un análisis empírico. Sin embargo, uno de los problemas más serios que se presentan es la cuantificación directa o indirecta de los conceptos; aún así, cuando en algunos casos ésta es posible, es difícil disponer de una encuesta que recoja información sobre todas las variables potencialmente relevantes. Por esta razón, entre otras, es inevitable realizar, en mayor o menor medida, un salto entre las hipótesis teóricas y la especificación de un modelo estimable. A continuación se describen las variables que podemos considerar como propiamente exógenas o

dadas cuando se toman decisiones de I+D, elaboradas a partir de la información disponible.

Como se ha dicho más arriba, la hipótesis Schumpeteriana constituye una de las principales teorías sobre el esfuerzo innovador de las empresas, que ha dado lugar a los resultados establecidos en el Capítulo I. En los modelos que aquí se estimarán, se introducen dos tipos de variables explicativas que pretenden recoger los efectos del poder de mercado: el tamaño de la empresa por un lado, y por otro, las que se pueden denominar variables estratégicas, que hacen referencia al comportamiento de las empresas en el mercado del producto y a sus actitudes frente a las actividades de I+D de empresas rivales¹⁴.

TAMAÑO.

El tamaño de la empresa, medido mediante el volumen de ventas, puede influir en las actividades de I+D por varios motivos. Primero, porque en la medida en que innovar requiera unos gastos fijos, cuanto mayor sea el volumen de ventas mejor repartidos se hallan los costes. Es decir, una empresa grande puede satisfacer más fácilmente los costes fijos que una empresa pequeña. Segundo, porque una gran empresa puede diversificar

¹⁴Contrastar la relevancia estadística de los incentivos asociados al poder de mercado antes y después de introducir una innovación requiere la disponibilidad de datos de panel, es decir, de datos para una muestra de empresas a lo largo del tiempo. No se dispone aquí de este tipo de información.

mejor los riesgos, tanto diversificando sus mercados como cartera de proyectos de investigación. Tercero, es razonable suponer que la capacidad de organización y tratamiento de la información aumenta en mayor proporción que los medios empleados, al menos hasta un cierto tamaño. Cuarto, por la posible relación entre tamaño, cuota de mercado, y poder de mercado. Por todo ello, se esperaría encontrar una relación positiva entre el tamaño de la empresa y el esfuerzo innovador.

Sin embargo, también existen argumentos para esperar la presencia de efectos negativos originados por el tamaño. El más importante es que con aquel aumenta la complejidad de la organización y de las tareas que se deben llevar a cabo, apareciendo deseconomías de escala, como las apuntadas por Holmström. El efecto neto de factores positivos y negativos puede variar según el área de investigación. Por tanto, no podemos asignar a esta variable un signo definido de antemano.

Como indicador del tamaño se dispone de dos variables: el número total de empleados, y el intervalo de ventas en el que la empresa se autclasifica¹⁵.

¹⁵En las estimaciones se utiliza, en lugar del número de intervalo (existen 20 valores posibles), el valor de las ventas que corresponde al punto medio del mismo. Existe, por tanto, un error de medición.

ESTRATEGIA.

a) Estrategia de precios y producción en el mercado del producto.

Para evaluar los posibles efectos de la estrategia comercial de la empresa en las decisiones de investigación, se han definido cinco variables binarias, que toman el valor 1 o 0 según la respuesta que la empresa diera a la correspondiente pregunta del cuestionario. En la tabla que sigue se asigna cada respuesta a las cinco posibles estrategias, que son: Bertrand (DBERTR), Cournot (DCOURN), Empresa regulada (DREGUL), monopolio (DMONOP), y otras. Esta última categoría se ha definido para las respuestas de difícil interpretación. Si la respuesta es cualquiera de las que aparecen en la línea correspondiente, el valor de la variable es 1, y 0 en caso contrario.

Variable Binaria	Código de la respuesta	Número de empresas
DBERTR	1, 4, 8, 9, 14	65
DCOURN	2, 6	45
DREGUL	3, 7, 13	23
DMONOP	10	4
DOTRA	5, 11, 12	10

Resultados anticipados: se esperaría una relación positiva entre el gasto en I+D y la variable binaria DBERTR, debido a que los modelos teóricos predicen que el gasto en I+D que realizan las empresas es superior cuando éstas compiten en precios (hay competencia tipo

Bertrand) en el mercado del producto que cuando compiten en cantidades (competencia tipo Cournot)¹⁶ o, en general, cuanto más competitivo sea el comportamiento.

b) Estrategia de I+D.

Se intenta recoger, mediante el uso de variables apropiadas, los efectos que la actitud que dice mantener una empresa frente a las actividades de I+D de empresas rivales tiene sobre su propio esfuerzo investigador. Para ello se definen las variables que a continuación se describen, apareciendo entre paréntesis el nombre utilizado en las tablas de resultados:

Competencia en I+D. Se define una variable binaria que toma el valor 1 si la empresa declara que aceleraría la ejecución de sus propios proyectos si descubriera que otra empresa lleva a cabo una investigación con la misma finalidad, y 0 en caso contrario (IRIVALL). Se espera una relación positiva entre el esfuerzo en I+D y esta variable.

Opiniones sobre la colaboración con otras empresas: se define una variable binaria que toma el valor 1 si la empresa señala como factor importante para no colaborar el hecho de que la otra empresa pertenezca al mismo

¹⁶Ver Delbono y Denicolo (1990).

sector y sea una empresa rival (NCOLCOM).

Sin embargo, la hipótesis schumpeteriana no es la única posible, y factores adicionales pueden explicar de manera importante las diferencias observadas en el comportamiento innovador, tal como se desprende del análisis de la literatura realizado en el Capítulo I. Entre ellas, se pueden citar la experiencia de la empresa en I+D o en el mercado, o las expectativas sobre el futuro de la empresa, o el estado de la ciencia en cada especialidad. Por ello se introducen en el análisis una serie de variables explicativas adicionales, algunas de las cuales intentan recoger la influencia de factores distintos a la estructura de mercado. A continuación se describen estas variables, y se argumenta cuál es la relación esperada entre éstas y las actividades de I+D.

TIPO DE CAPITAL.

La participación de capital público o de capital extranjero en la empresa puede afectar las decisiones sobre I+D de diversas maneras. Una de ellas es que estos factores pueden reflejar la facilidad de acceso a la información tecnológica que circula en distintos mercados (nacional-internacional, por ejemplo), o bien la facilidad de acceso a los mercados de capitales, así como distintas actitudes respecto a la innovación como parte de la política estratégica de la empresa. Los accionistas extranjeros de una empresa pueden estar en

mejor situación para diversificar riesgos y, por tanto, estar más predispuestos a invertir en proyectos de investigación. Sin embargo, también es posible que si una empresa española forma parte de una estructura multinacional, las actividades de I+D estén centralizadas fuera de España. Ello dependerá de la ventaja comparativa que exista para las actividades de investigación. Por tanto, el signo de la relación entre las variables de capital extranjero y esfuerzo innovador no está definido.

En concreto, se han definido cuatro variables binarias. La primera, simplemente pretende reflejar la presencia o ausencia de capital público (DKPUB); la segunda, la presencia o ausencia de capital extranjero (DKEX); la tercera, la presencia o ausencia de capital público mayoritario (PUBPU), y la cuarta la presencia o ausencia de capital extranjero mayoritario (EXPU).

OPORTUNIDAD TECNOLÓGICA.

En la muestra estudiada se hallan empresas que pertenecen a distintos sectores productivos. Como se ha puesto de manifiesto en el Capítulo I, no puede ignorarse el papel potencialmente crucial que puede jugar la oportunidad tecnológica en el esfuerzo de I+D. Sin embargo, tal como ya se comentó, la principal dificultad que se afronta para incorporar este factor en el análisis empírico es su cuantificación. Una

aproximación muy limitada consiste en introducir variables binarias para tipos de sectores, clasificados según las oportunidades que ofrece el estado de la ciencia básica, mediante información de carácter cualitativo. Este es el método que utiliza Scherer (1982), y que se utiliza aquí porque no se dispone de información para hacerlo de forma más adecuada. Las limitaciones de que adolece este procedimiento son conocidas: los coeficientes correspondientes a las variables sectoriales pueden reflejar el efecto de varios factores, desde diferencias en el estado de la ciencia en cada uno de los campos respectivos, hasta diferencias en el tipo de mercado (tanto en cuanto a estructura de mercado como en cuanto a crecimiento de la demanda, o elasticidad de la misma). Además, la clasificación surge de considerar sectores muy agregados, y es posible que existan diferencias notables de oportunidad entre diferentes subsectores.

Para esta investigación, se ha definido una variable binaria para cada una de las categorías siguientes ¹⁷: industria química (incluye el sector farmacéutico), industria electrónica (electrónica e informática), industria de bienes de capital (maquinaria, transporte y

¹⁷Scherer (1982) utiliza una clasificación en siete grupos de acuerdo con la riqueza de la base de conocimientos: química orgánica, otras químicas, sistemas y artículos electrónicos, otro equipo eléctrico, sector metalúrgico, industrias tradicionales (refino del azúcar, hilatura textil, cementos), y sector base (industrias con tecnología mecánica).

comunicaciones), industrias de la energía, industria tradicional (alimentación, textil, metalurgia y siderurgia), servicios y resto.

PATENTABILIDAD (APROPIABILIDAD) Y EXPERIENCIA EN I+D.

Como ya se ha dicho anteriormente, uno de los rasgos de la actividad innovadora es que sus resultados no siempre son apropiables, dificultad en parte solventada por el sistema de patentes. El número de patentes que una empresa haya conseguido en el pasado puede reflejar el grado de 'patentabilidad' y por ende de rentabilidad privada de la actividad innovadora.

Por otra parte, el 'aprender haciendo' es otra de las características de la actividad de investigación, y en este sentido el número de patentes obtenidas en el pasado (PATENT) es una medida también, aunque imperfecta, de la experiencia de una empresa en investigación. Por ambas razones, el número de patentes obtenido en el pasado es una de las variables independientes consideradas, esperándose una relación positiva entre esta variable y el esfuerzo innovador.

EDAD DE LA EMPRESA: EXPERIENCIA GLOBAL.

La edad de la empresa puede interpretarse como un indicador de la capacidad de sobrevivir en bajo una variedad de circunstancias, o capacidad de adaptación. Adaptarse a situaciones cambiantes requiere flexibilidad

y cierta capacidad de innovación organizativa o tecnológica por parte de la empresa. En este sentido, cabría esperar una relación positiva entre esta variable y el esfuerzo innovador.

EXPECTATIVAS DE RENTABILIDAD.

Las expectativas sobre el crecimiento de la demanda del producto afectan sin duda en alguna medida la evaluación que una empresa realiza de los beneficios futuros con y sin actividad investigadora. Sin embargo no disponemos de información directa sobre las mismas. Una posibilidad es considerar como indicador de las mismas las inversiones realizadas por la empresa, ponderadas por las ventas o por el empleo. Esta variable podría recoger las percepciones de cada empresa individual (INVENT, INVEMP).

Para recoger posibles efectos sectoriales, no específicos de una empresa, se puede asignar cada una de ellas a uno de los tres grupos siguientes, de acuerdo con el sector al que pertenezca.

Tipo de Demanda	Sector
Baja	Transformados metálicos, vidrio textil, siderurgia
Intermedia	Alimentación, máquina-herram. transportes y comunicaciones
Alta	Electrónica, Informática, Químico y Farmacéutico.

Se ha definido una variable binaria para cada tipo de demanda. Hay que notar, sin embargo, que dado el nivel de agregación sectorial, se producen bastantes coincidencias entre la clasificación según oportunidad tecnológica y tipo de demanda. Debido a ello, en este estudio no podremos evitar la ambigüedad característica en la interpretación de los coeficientes estimados para este conjunto de variables.

EXTERNALIDADES.

La existencia y magnitud de los efectos difusión son una característica de la información, característica que no es plenamente controlable por la empresa. Podemos pensar que las nuevas ideas (en el sentido de ideas iniciales o puntos de partida) se tenderán a buscar allí donde hay mayor probabilidad de encontrarlas y a un coste más bajo. En toda investigación, se suele examinar aquel conjunto de trabajos existentes que puedan contener mayor potencial de nuevos desarrollos. Dos preguntas de la encuesta nos permiten crear algunas variables que pueden ser indicadoras del potencial de diversas fuentes de ideas. En una de las preguntas, se pedía cuál era el porcentaje de actividades de I+D que habían tomado como punto de partida cada una de las siguientes fuentes: patentes propias, patentes expiradas de competidores, patentes expiradas de una empresa de otro sector,

licencias. La segunda pregunta, formulada más adelante, pedía que se asignara el orden de importancia de cada una de las siguientes fuentes: análisis de los productos de competidores, los propios empleados, información científica y técnica. Ambas proporcionan una idea respecto a la posibilidad que tiene cada empresa de aprovechar información generada por otras. Con esta información se crean las variables binarias siguientes:

IDEARIV, que toma el valor 1 si se considera importante para las propias actividades de I+D el análisis de productos de empresas competidoras, o si se utilizan patentes expiradas de empresas rivales. Esta variable toma el valor 1 para 98 empresas de la muestra.

IDEXT, que toma el valor 1 si algunas de las siguiente son fuentes de ideas: contactos con otros países, consultas a organizaciones y universidades, copias a empresas extranjeras, colaboración con otras empresas, información de medios científicos y técnicos.

IDEAPT, que toma el valor 1 si se toman como punto de partida patentes propias.

En el Cuadro 1 se resume la definición de todas las variables y su denominación en las tablas en las que se presentan las estimaciones.

CUADRO 1

VARIABLES EXÓGENAS

Nombre	Descripción
TVENTAS	Valor de las ventas totales
VENTES	Valor de las ventas en España
EDAD	Edad de la empresa
EXPORT	Valor de las exportaciones
INVENT	Cociente inversión/ventas
EMPLEO	Número total de empleados
PATENT	Número de patentes obtenidas últimos 10 años
VENTEM	Ventas/empleo total
DBERTR	Binaria; valor=1 si estrategia es Bertrand
DCOURN	Binaria; valor=1 si estrategia es Cournot
DREGUL	Binaria; valor=1 si está regulada
DMONOP	Binaria; valor=1 si estrategia es monopolio
DOTRA	Binaria; valor=1 si estrategia no es ninguna anterior
IRIVALL	Binaria; valor=1 si lucha ante I+D rival
IDEARIV	Binaria; valor=1 si la empresa valora o realiza estudios de los productos de competidores
ACORTO	Binaria; valor=1 si da gran importancia a I+D a corto plazo
COLAB	Binaria; valor=1 si colabora con otras instituciones
DEMANA	Binaria; valor=1 si es sector de demanda alta
DEMANI	Binaria; valor=1 si es sector de demanda intermedia
DEMANB	Binaria; valor=1 si es sector de demanda baja
DEMANO	Binaria; valor=1 si no es ninguna de las anteriores
OPORI	Binaria; valor=1 si sector=electrónica o informat.
OPORQ	Binaria; valor=1 si sector=químico-farmacéutico
OPORE	Binaria; valor=1 si sector=energía
OPORK	Binaria; valor=1 si sector=transporte o máq-herram.
OPORT	Binaria; valor=1 si sector=textil, aliment, metalurg.
OPORV	Binaria; valor=1 si sector=otros
EXPU	Binaria; valor=1 si capital extranjero > 50 %
PUBPU	Binaria; valor=1 si capital público > 50 %

VARIABLES ENDOGENAS

GID	Gasto en I+D en 1987.
PERSID	Personal empleado en I+D
PERSEM	Personal I+D/empleo total
GID/PERS	Gasto de I+D por empleado en I+D
GID/EMPLEO	Gasto de I+D por empleado
PFUNDAP	Gasto en fundamental+aplicada / Gasto total en I+D
PROCESO	Binaria; =1 si objetivo I+D es reducir costes
FUNDAP	Binaria; =1 si I+D es fundamental o aplicada
HORLAR	Binaria; =1 si producen resultados a + de 5 años
HACDTI	Binaria; =1 si tiene o ha tenido ayuda CDTI
HAEC	Binaria; =1 si tiene o ha tenido ayuda CE

Finalmente, en la tabla 15 se presentan las correlaciones simples entre las variables continuas. Destacan la elevada correlación positiva entre el gasto en I+D y el personal empleado en I+D, y entre el empleo y el valor de las exportaciones. La correlación entre el gasto en I+D o el personal de I+D y el empleo es moderada.

Tabla 15

Algunas correlaciones simples

Edad	1.0																			
Ventes	0.3	1.0																		
Export	*	0.6	1.0																	
Tventas	0.3	0.9	0.7	1.0																
Invemp	*	0.4	*	0.3	1.0															
Ventemp	*	0.5	*	0.4	0.8	1.0														
Empleo	0.2	0.4	0.7	0.5	*	*	1.0													
Gasto ID	0.3	0.3	0.4	0.4	*	*	0.6	1.0												
Pers. ID	*	0.2	0.3	0.2	*	*	0.5	0.9	1.0											
Pers/emp	-0.4	*	*	-0.2	*	*	-0.2	*	*	1.0										
Gid/emp	-0.2	*	*	*	*	*	-0.2	*	*	0.7	1.0									
Gid/pers	0.2	0.2	*	0.2	*	*	0.2	0.2	*	-0.2	*	1.0								
Proy	*	0.3	0.3	0.3	*	*	0.3	0.3	0.3	*	*	*	1.0							

Notas:

- 1) El símbolo * indica que la correlación no es significativamente distinta de 0. El nivel de significación es 95 %.
- 2) La variable Proy indica pagos por royalties.

2.3. Variables no incluidas.

Existe un conjunto de factores que pueden incidir en el esfuerzo innovador, pero que no se incorporan en la presente investigación debido, exclusivamente, a que la encuesta utilizada no proporciona la información necesaria para hacerlo. Algunos de

ellos son los siguientes:

-los precios esperados de los factores en el futuro, o el crecimiento esperado de la demanda (en línea con la hipótesis de la innovación inducida);

-la intensidad de uso de los factores (puede incidir sobre el tipo de proyectos de I+D);

-indicadores del tipo de organización de los flujos de información dentro de la empresa y del estilo de gestión (grado de descentralización o jerarquía, rapidez de circulación, conexión entre gestión de producción y comercialización)¹⁸;

-características del proceso productivo que se lleva a cabo en la empresa, tales como el grado de diversificación de la producción, que mide la complejidad y multiplicidad de tareas a realizar; o la flexibilidad en la capacidad de producción;

-indicadores de capital humano de todo el personal empleado;

-gasto efectivo en I+D de los rivales directos de la empresa;

-vinculación de la empresa a asociaciones de empresas;

-disponibilidad de otros recursos públicos para I+D;

-grado de endeudamiento de la empresa;

-tiempo que la empresa lleva produciendo cada producto;

-cuota de mercado.

¹⁸Ver The Economist.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Bresnahan, T. (1989), 'Empirical Studies of Industries with Market Power', en Handbook of Industrial Organization, North Holland.
- Brandts, J. et al (1989), 'An overall evaluation of the state of R&D in Spain', Report to the Comission of the European Communities, Contract PSS*/0082/00.
- CDTI (1988), Memoria. Ministerio de Industria y Energía.
- CDTI (1988), 'Actuaciones y Servicios', Ministerio de Industria y Energía.
- Comission des Communautés Européenes (1987), Vademecum de la recherche communautaire. No de catalogue: CD-46-86-266 FR-C, Luxemburg.
- Comunidades Europeas (1988), 'Política de investigación y desarrollo tecnológico', No de catálogo CB-PP-88-011-ES-C, Luxemburgo.
- Deolalikar, A. y Evenson, R. (1989), 'Technology production and technology purchase in Indian industry: an econometric analysis', The Review of Economics and Statistics 21, No 4.
- Kleinknecht, A. (1987), 'Measuring R&D in small firms: how much are we missing?', The Journal of Industrial Economics, Vol. 36.
- Lunn, J. (1986), 'An empirical analysis of process and product patenting: A simultaneous equation framework', The Journal of Industrial Economics, Vol. 34, No. 3.
- Schmalensee, R. (1989), 'Inter-Industry Studies of Structure and Performance', en Handbook of Industrial Organization, editado por R. Schmalensee y R. Willig, North Holland.
- Scherer, F.M. (1982), 'Demand-pull and technological invention: Schmookler revisited', The Journal of Industrial Economics, Vol. 30.
- Scott, J.T. y Pascoe, G. (1987), 'Purposive diversification of R&D in manufacturing', The Journal of Industrial Economics 36, No. 2.
- The Economist, December 1, 1990.
- The Economist, January 12, 1991.

CAPITULO V

ESTIMACION: DETERMINANTES DE LA PARTICIPACIÓN

EN PROGRAMAS PUBLICOS DE I+D

1. Introducción.

En este capítulo se presentan y discuten los resultados de la estimación de un conjunto de modelos correspondientes a las decisiones de solicitar fondos públicos para realizar actividades de I+D por parte de las empresas y de concederlos por parte del CDTI y de la CE. Para abreviar, los denominaremos modelos de participación en el CDTI y modelos de participación en la CE, respectivamente. En el capítulo siguiente, se hará lo mismo para los modelos correspondientes al esfuerzo en I+D, y características del mismo.

2. Especificación y problemas generales de estimación.

El modelo general que se desea estimar está constituido por las siguientes ecuaciones:

$$I^{*c} = d_c' Z_c + e_1$$

$$I^{**c} = f_c' W_c + e_2$$

$$I^{*e} = d_e' Z_e + e_3$$

$$I^{**e} = f_e' W_e + e_4$$

$$Y_{kj} = b_{kj}' X_{kj} + v_{kj}$$

donde I^* e I^{**} son las variables latentes definidas en el Capítulo III, que dan lugar a la decisión cualitativa observada de solicitar o no solicitar, y de conceder o no conceder. Los super-índices c y e se refieren a las decisiones relativas al CDTI y a la CE respectivamente, y Y_{kj} se refiere a cada una de las variables endógenas de esfuerzo o características de los proyectos de I+D para cada tipo de empresas, clasificadas éstas según dispongan o no de financiación pública. Se supondrá, como se explicará más adelante, que los términos aleatorios v_{kj} son independientes entre ellos, y que e_1 y e_2 son independientes de e_3 y e_4 . El carácter binario de las variables dependientes realmente observadas obliga, tal como se ha discutido en el Capítulo III, a especificar y estimar un modelo de elección discreta de los analizados en dicho capítulo. Previamente, es preciso hacer algunas consideraciones generales.

Al abordar un análisis empírico es inevitable enfrentarse en mayor o menor medida a una serie de problemas comunes, unos relacionados con la identificación de los parámetros del modelo, y otros con la estimación. El problema de la identificación consiste en determinar si existe un sólo modelo teórico, y sólo uno, que pueda dar lugar a los datos observados. En caso afirmativo, se pueden entonces obtener estimaciones de los parámetros estructurales de las ecuaciones que componen el citado modelo. En

caso contrario, quiere decir que pueden existir varias teorías o modelos compatibles con las observaciones, y por tanto se dice que estos modelos son equivalentes observacionalmente. No es posible, en este caso, obtener estimaciones de los parámetros estructurales. Otra forma de expresar el problema es decir que pueden existir varios modelos estructurales que tienen la misma forma reducida. La condición necesaria y suficiente para la identificación de modelos lineales es que el rango de la matriz del coeficientes de la forma reducida sea igual al número de variables endógenas. En general, la condición necesaria para la identificación de los parámetros cualquier modelo es que la matriz de información sea no-singular. Aun cuando un modelo o una ecuación no estén identificados, es siempre posible obtener una estimación consistente de los parámetros de la forma reducida.

En el caso del modelo que nos ocupa, las ecuaciones que corresponden a la participación de las empresas en programas públicos pueden presentar, como se verá más adelante, problemas de identificación, debido a los factores mencionados en el Capítulo III, y que están relacionados con la cantidad de información disponible, o grado de observabilidad de las diferentes decisiones.

Otros problemas comunes son los errores de medición de las variables explicativas, la omisión de variables relevantes, o la simultaneidad de la determinación de las variables. Estas situaciones pueden ser causa de errores de especificación, que

acarrear, como es sabido, estimaciones inconsistentes. A continuación se discuten estos problemas, referidos al tema que nos ocupa.

En primer lugar, nos enfrentamos al problema de las variables omitidas. El capítulo anterior concluía con una lista de factores que pueden afectar, potencialmente, las decisiones relacionadas con la I+D, pero sobre los que los datos disponibles no proporcionan información. Idealmente, estos factores deberían incluirse en las correspondientes ecuaciones. Ante la falta de información, puede formularse y mantenerse la hipótesis de que los efectos combinados de las variables no incluidas están incorporados en el término aleatorio de la ecuación, y que éste satisface las condiciones requeridas para que la estimación sea consistente.

En segundo lugar, nos enfrentamos al problema de las interrelaciones entre las variables dependientes, es decir, al de simultaneidad. Ya se ha dicho que tanto el esfuerzo en I+D (medido por el gasto o el personal) como las características del mismo están condicionados por haber obtenido o no subvenciones públicas. Al propio tiempo, solicitarlas u obtenerlas puede depender de la magnitud del esfuerzo en I+D que una empresa desee hacer. También podemos pensar que la magnitud del esfuerzo en I+D, puede variar según el tipo de proyecto que se emprenda. Por ejemplo, según se haga o no investigación básica, o según el horizonte del mismo.

Estas consideraciones apuntan que, al menos en la ecuación que corresponde al esfuerzo en I+D, deberían incluirse como variables explicativas (es decir, en el vector X) algunas características de los proyectos, que son a su vez variables endógenas. Sin embargo, el relativamente reducido número de variables exógenas de que se dispone hace pensar que no tenemos instrumentos suficientes para identificar, y por tanto estimar, los parámetros estructurales de un modelo completo. Por ello, se plantearán ecuaciones que tienen el carácter de forma reducida. Es decir, que los parámetros estimados recogerán la suma de los efectos directos e indirectos, o efecto neto, que las variables exógenas tienen sobre las endógenas, pero no obtendremos estimaciones de las interrelaciones entre las propias variables endógenas.

3. Modelos de Participación.

El modelo general comprende las siguientes ecuaciones:

$$I^{*c} = Z_c' d_c + e_1$$

$$I^{**c} = W_c' f_c + e_2$$

$$I^{*e} = Z_e' d_e + e_3$$

$$I^{**e} = W_e' f_e + e_4$$

donde la función de densidad conjunta de los elementos aleatorios es normal cuatrivariante. Las variables dependientes no son

observables, pero disponemos de indicadores binarios de las mismas.

Una de las dificultades que presenta la estimación de este modelo, que comprende simultáneamente la solicitud y obtención de subvenciones del CDTI y de la CE, reside en la complejidad de la función de verosimilitud de la muestra, que requiere la integración de una función de densidad cuatrivariante. Ante esta dificultad, una opción viable consiste en proceder a la estimación de las ecuaciones correspondientes a cada institución por separado. Puede considerarse que esto es equivalente a utilizar un procedimiento de 'información limitada' en vez de uno de información completa, con lo que se puede producir una pérdida de eficiencia en la estimación, aunque no de consistencia (Greene, 1988).

Para cada una de las dos instituciones pueden estimarse modelos que correspondan a los Casos 1, 2, 3, 4 o 5 descritos en el Capítulo III, dependiendo de cuáles sean los indicadores observados. En ambos casos, se parte de la especificación más general posible, y posteriormente, se plantean y contrastan modelos más restringidos o anidados, resultado de imponer determinadas hipótesis sobre el valor de algunos parámetros de la especificación general¹.

¹Para contrastar la especificación, en el caso de modelos anidados disponemos de diversas posibilidades: Cociente de verosimilitud,

Para modelos cualitativos, de entre las diferentes medidas de la bondad del ajuste que se han propuesto destaca el índice de verosimilitud (*likelihood ratio index*), también llamado pseudo-R²:

$$\text{LRI} = 1 - \frac{\ln \hat{L}}{\ln L_0}$$

cuyos valores pueden oscilar entre 0 y 1, de forma análoga al coeficiente R². También se puede utilizar este coeficiente corregido por los grados de libertad.

Por lo que respecta a la capacidad predictiva de los modelos de elección discreta, puede utilizarse una tabla de doble entrada en la que se registren el número de casos predichos correcta e incorrectamente. La interpretación de dicha tabla debe tener en cuenta que un modelo en el que la única variable explicativa fuera el término constante (o equivalentemente, en el que los coeficientes de todas las variables explicativas fueran iguales a 0), prediciría correctamente un número de casos igual al número de observaciones en la muestra para las que la variable dependiente toma uno de los valores².

test de Wald o multiplicador de Lagrange. En el caso de modelos no anidados, disponemos del criterio de información de Akaike.

²Ver, por ejemplo, Greene, 1990, Capítulo 20.

A continuación se discuten las estimaciones realizadas para cada institución separadamente.

3.1. Participación en programas del CDTI.

La información que nos proporciona la base de datos disponible sugiere que o bien nos encontramos en la situación de observabilidad parcial descrita como Caso 3 o Caso 4 en el Capítulo III, o bien nos encontramos en el Caso 5. Ciertamente, no disponemos de observaciones para las que $I_1 = 0$ e $I_2 = 1$, lo que descarta la posibilidad de utilizar un modelo correspondiente al caso 1. Algunas empresas de la muestra declaran haber solicitado y no obtenido financiación pública, por lo que podemos decir que disponemos de tres tipos de empresas, situación se corresponde con la descrita como caso 2 en el Capítulo III. Sin embargo, el escaso número de empresas que, en la muestra, manifiestan haber solicitado y no obtenido subvenciones refleja, sin duda, que uno de los criterios utilizado para componerla fue que se incluyeran empresas que hubieran obtenido subvenciones para I+D, pero no se consideró explícitamente que hubiera una representación apropiada de las que solicitaron pero no obtuvieron. Por ello, parece más indicado considerar que sólo observamos dos tipos de empresas, las que tienen y las que no tienen financiación (observamos el indicador $I_4 = I_1 * I_2$), y por tanto que sólo se puede plantear una

estimación bajo los supuestos del Caso 3 o los del Caso 4³, casos que plantean el modelo adecuado cuando no se observan las decisiones de cada parte (empresa y CDTI) separadamente, sino sólo el resultado final. En estos casos, conocidos como 'modelos con observabilidad parcial', debe recordarse que la estimación presenta dos tipos de problemas: por un lado las estimaciones presentan pérdida de eficiencia con respecto al modelo en el que la observabilidad es completa, y por otro, se presentan dificultades en la identificación de los parámetros.

La primera decisión que debe tomarse al especificar un modelo para estimar la probabilidad de que una empresa pertenezca al grupo de las que solicitan y obtienen una subvención del CDTI es la elección de variables explicativas que determinan la decisión de solicitar, I_1 , y la de conceder, I_2 , y por lo tanto I_4 . Por lo que respecta a la decisión de solicitar una subvención, podemos pensar que, en principio, cualquiera de las variables que pueden influir sobre la decisión de realizar un determinado esfuerzo en I+D también puede conducir a solicitar una subvención. Si acaso, se puede aventurar que las empresas que se hallan en sectores donde la presencia de externalidades (efectos difusión) es notable, o donde investigar requiere incurrir en importantes costes fijos, tenderán, ceteris paribus, a solicitar subvenciones

³Se intenta más adelante, de todos modos, estimar un modelo que corresponde al Caso 2, incorporando a la muestra el subgrupo correspondiente de empresas.

con mayor probabilidad. También tenderán a hacerlo las empresas para las que las restricciones de financiación sean más vinculantes. Por lo tanto, se formulará un modelo 'general', que incluya todas las variables potencialmente relevantes, relacionadas con el tamaño de la empresa, con su estrategia de mercado, con su experiencia en I+D, con su estructura de capital, y con alguna medida de las externalidades.

Por lo que respecta a las variables vinculadas a la probabilidad de que una subvención sea concedida, debemos buscarlas en las condiciones impuestas por el CDTI. Los requisitos explicitados por el CDTI son muy generales, ya que se refieren a la disponibilidad de equipo técnico y gerencial para ejecutar el proyecto (capital humano), a la capacidad de la empresa de financiar un 30 % como mínimo del proyecto, y a la viabilidad y carácter innovador del mismo. Estos requisitos no sugieren que existan unas preferencias por proyectos en ciertos sectores. Se pueden considerar como requisitos dirigidos simplemente a verificar la capacidad de ejecución del proyecto por parte de la empresa solicitante, y la viabilidad técnica y económica del proyecto. Si no hay diferencias de información entre la empresa y la agencia pública sobre la tecnología para producir innovaciones, ambas tendrán en cuenta probablemente las mismas variables en el momento de evaluar un proyecto y la capacidad de llevarlo a cabo.

La estimación de un modelo que contenga las mismas variables

en los vectores Z y W, sin embargo, no es posible cuando la información que tenemos corresponde al caso 3 o caso 4. Ello es así porque se plantea un problema de identificación ⁴. Por ello, es preciso imponer algunas restricciones. Aún así, no hay garantías de que el modelo esté identificado cuando entre las variables explicativas se hallan variables binarias ⁵. Efectivamente, se han presentado problemas en la maximización de la función de verosimilitud según el tipo de restricciones impuestas⁶, como se verá a continuación.

3.1.1. Estimaciones correspondientes al Caso 3.

En el Cuadro 1 se presenta un resumen de las distintas especificaciones formuladas del Caso 3. En la primera columna figura la lista de variables utilizadas en las distintas especificaciones, la función de verosimilitud, y el coeficiente pseudo-R². Cada una de las columnas restantes corresponde a una especificación, donde el símbolo 'x' indica que la variable se ha incluido en la misma, y el símbolo 'X' indica que el coeficiente

⁴Recuérdense los trabajos citados en el Capítulo II de Poirier (1980) y de Meng y Schmidt (1983), en los que se estudia la identificación y estimación de modelos probit bivariantes. En estos modelos con dos ecuaciones, si las variables exógenas presentes en ambas son las mismas, y los coeficientes correspondientes también, entonces la matriz de información será singular. Si los coeficientes son distintos, entonces el modelo estará identificado.

⁵Ver Poirier, op.cit.

⁶El software utilizado para realizar todas las estimaciones es LIMDEP, de W. Greene.

de dicha variable es estadísticamente significativo.

Cuadro 1
Tener o No Tener fondos CDTI
Estimaciones Caso 3

Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CONST	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
EXPU	x	x	x	x	x	X'	X'	X'	X'	X'	X'
LPATENT	x	x	x	x	x	X'	X'	X'	X'	X'	X'
ACORTO	x	x	x	x	x	X'	X'	X'	X'	X'	X'
DOTRA				x							
DCOURN		x	x								
DEMANA					x	x					
IRIVALL		x					x	x		x	x
LEDAD		x									
LTVENTS		x	x					x		x	
LEXPOR								x			
PUBPU											
CONST	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
LEDAD	x	x	x	x	x	x	x	X'	x	X'	x
LTVENTS	x	x	x	x	x	X'	X'	x	X'	x	X'
PUBPU	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
EXPU					x						
DEMANA	x										
OPORI				x							
OPORQ		x	x				x	x	x	x	x
DREGUL					x						
LPATENT		x	x				x	x		x	
rho						x	x	x	x	x	x
-ln L	-	-	-	-	-	61.7	60.1	59.5	61.8	59.6	60.4
-ln L _o						94.1	94.1	94.1	94.1	94.1	94.1
Pseudo-R ²						0.34	0.36	0.36	0.34	0.37	0.36
Pseudo-R ² corregido						0.26	0.25	0.24	0.26	0.25	0.26

Las observaciones que se pueden hacer a la vista de estos resultados son las siguientes:

a) Puede observarse que para las cinco primeras especificaciones no ha sido posible obtener, mediante los algoritmos usuales, un máximo para la función de verosimilitud. A pesar de la imposición de restricciones sobre algunos parámetros, no es posible encontrar un máximo para la función en estos casos.

b) Aun imponiendo restricciones sobre algunos coeficientes, la configuración de las numerosas variables explicativas binarias hace que muchas especificaciones no sean estimables. Este problema tiende a presentarse en aquellas en las que se incluyen las variables binarias sectoriales.

c) A pesar de estas dificultades, se ha conseguido estimar una serie de especificaciones que son estadísticamente significativas y cuya capacidad de predicción no es despreciable. Además, se observa una regularidad importante, y esta es que en general las variables que son significativas son las mismas en las distintas especificaciones. A continuación se discuten con mayor detalle estos resultados.

La comparación entre especificaciones se realiza en base al cociente de verosimilitud para los modelos anidados, el coeficiente pseudo- R^2 y la capacidad predictiva.

La especificación más general que se ha conseguido estimar es la 8 del Cuadro 1. Las especificaciones 7, 9, 10, 11 y 12 (esta

última no aparece en la tabla) están anidadas en la 8, es decir, que constituyen sendos modelos restringidos. Para contrastar la hipótesis nula de que un subconjunto de coeficientes son iguales a 0, se ha utilizado el cociente de verosimilitud⁷. La especificación más general es la 8, que aparece detallada en la Tabla 1, y la más restringida la 12, presentada en la Tabla 2. En ambas tablas aparecen, además de los coeficientes estimados, los resultados relativos a la capacidad predictiva de cada especificación.

El contraste de verosimilitud es: $-2*(-61.906 + 59.51) = 4.8$ y, dado que el valor crítico de la distribución chi-cuadrado para 5 grados de libertad y nivel de significación del 10 % es 9,24, no se rechaza la hipótesis nula de que los coeficientes de las variables omitidas sean iguales a 0. Las tablas 2 y 3 muestran los resultados de la estimación del modelo general y del restringido, pudiéndose apreciar dos diferencias. La primera consiste en que en el modelo general las ventas no son significativas, pero sí la edad de la empresa, mientras que en el modelo restringido ocurre lo contrario. La segunda concierne a la capacidad predictiva de los modelos: el modelo general predice correctamente un porcentaje

⁷Para contrastar hipótesis sobre un coeficiente en particular, se puede utilizar la desviación típica del estimador para calcular el valor asintótico del estadístico t. Para contrastar hipótesis sobre un conjunto de coeficientes, se pueden utilizar el test de Wald, el ratio de verosimilitud (*likelihood ratio test*) o el multiplicador de Lagrange.

de observaciones algo superior que el modelo restringido.

Teniendo presente que se ha decidido a priori que algunas variables podían estar potencialmente asociadas a la decisión de la empresa pero no a la decisión de la agencia pública (caso de las variables de estrategia de mercado), los resultados sugieren la siguiente interpretación. La probabilidad de que una empresa solicite ayuda para I+D al CDTI está relacionada con la valoración que haga la empresa respecto de las actividades de I+D a corto plazo, y con el número de patentes obtenidas en el pasado. Es decir, *ceteris paribus*, tienden a solicitar ayudas del CDTI empresas cuyas actividades de I+D son consideradas por la empresa una parte importante su actividad total, y aquellas que tienen experiencia anterior.

Se obtiene además otro resultado que concuerda con los obtenidos en investigaciones de otros autores⁸: la presencia de capital extranjero mayoritario reduce la probabilidad de que una empresa solicite ayudas al CDTI para realizar I+D, apuntando la posibilidad de que o bien este tipo de empresas no se enfrentan a ninguna restricción en relación con la financiación de I+D, o bien no realizan I+D en España.

⁸Por ejemplo, Lafuente, Salas y Yagüe (1985) obtienen que en ciertos sectores productivos, las empresas que tienen mayor participación de capital extranjero tienden a gastar menos en I+D.

Finalmente, ni la actitud frente a la I+D de empresas rivales, ni la magnitud de la actividad exportadora de la empresa, ni el volumen total de sus ventas parecen influir sobre la decisión de solicitar financiación al CDTI.

Por lo que respecta a los factores que determinan la probabilidad de concesión de financiación por parte del CDTI, parece que, de acuerdo con los resultados, ceteris paribus se tiende a favorecer a las empresas pequeñas o medianas⁹. La presencia de capital público mayoritario, haber obtenido patentes en el pasado, ser una empresa regulada o pertenecer al sector químico-farmacéutico no influyen aparentemente en la decisión del CDTI.

⁹Debe recordarse que gran parte de las empresas de la muestra son grandes.

Tabla 1
 Participacion CDTI. Caso 3
 Especificación 8

Maximum Likelihood Estimates

Log-Likelihood.....	-59.506
Restricted (Slopes=0) Log-L.	-94.136
Chi-Squared (13).....	69.259
Significance Level.....	.65034E-11

Variable	Coefficient	Std. Error	T-ratio	Prob: t ≥x
-----	-----	-----	-----	-----
ONE	.696255	1.05188	.662	.50803
LTVENTS	-.145024	.123260	-1.177	.23937
LEXPORT	.314188E-01	.808115E-01	.389	.69743
EXPU	-2.14351	.838877	-2.555	.01061
LPATENT	.615986	.379279	1.624	.10435
IRIVALL	.559242	.553318	1.011	.31216
ACORTO	1.32876	.637035	2.086	.03699
ONE	.194238	.776856	.250	.80256
LEDAD	.602650	.345056	1.747	.08072
LTVENTS	-.154757	.124556	-1.242	.21406
PUBPU	.379561	.615265	.617	.53730
LPATENT	.942976E-01	.304059	.310	.75646
OPORQ	1.79328	7.34555	.244	.80713
Rho(1,2)	-.309122	1.25528	-.246	.80548

Number of Observations = 136

Frequencies of actual & predicted outcomes
 Predicted outcome has maximum probability.

		Predicted	
Actual	TOTAL	0	1
	TOTAL	136	51 85
0	65	46	19
1	71	5	66

Porcentaje de predicciones correctas: 82 %

Porcentaje de predicciones correctas si las pendientes=0: 52 %

Tabla 2
Participación CDTI. Caso 3
Especificación 12

Maximum Likelihood Estimates

Log-Likelihood.....	-61.906
Restricted (Slopes=0) Log-L.	-94.136
Chi-Squared (8).....	64.459
Significance Level.....	.37127E-13

Variable	Coefficient	Std. Error	T-ratio	Prob: t ≥x
ONE	-.471177	.565870	-.833	.40504
EXPU	-2.32916	1.00284	-2.323	.02020
LPATENT	.871070	.463939	1.878	.06044
ACORTO	1.37672	.612221	2.249	.02453
IRIVALL	.760477	.603373	1.260	.20753
ONE	1.09598	.781049	1.403	.16055
LEDAD	.406798	.266757	1.525	.12727
LTVENTS	-.164869	.887400E-01	-1.858	.06319
Rho(1,2)	-.465988	1.16653	-.399	.68955

Number of Observations = 136

Frequencies of actual & predicted outcomes
 Predicted outcome has maximum probability.

		Predicted	
Actual	TOTAL	0	1
	TOTAL	136	49 87
0		65	42 23
1		71	7 64

Porcentaje de predicciones correctas: 78 %

Porcentaje de predicciones correctas si las pendientes=0: 52 %

3.1.2. Estimaciones correspondientes al Caso 4.

En el Cuadro 2 se muestran los resultados obtenidos con las especificaciones en las que se impone la restricción de que la correlación entre los términos aleatorios de las ecuaciones que representan ambas decisiones sea nula (Caso 4). Al igual que en el caso anterior, aparecen problemas en la función de verosimilitud de algunas especificaciones. Sin embargo, para otras sí es posible obtener estimaciones de los parámetros, lo que permite realizar un contraste entre las distintas estimaciones obtenidas dentro de este caso, y entre éstas y las correspondientes al Caso 3.

Este contraste se puede realizar con el cociente de verosimilitud. Comparemos el modelo restringido del caso 3 y el restringido del caso 4, mostrado en la tabla 3. El cociente de verosimilitud es:

$$-2*(-62.012 + 61.906) = 0.21$$

y, siendo el valor crítico de la distribución chi-cuadrado con un grado de libertad igual a 2.7 para un nivel de significación del 10 %, concluimos que no podemos rechazar la hipótesis nula de que los términos aleatorios de la ecuación que representa la decisión de la empresa, y de la que representa la decisión del CDTI sea nula, o $\rho=0$.

Los resultados obtenidos con las especificaciones que corresponden al caso 4 son muy similares a los obtenidos con las

especificaciones correspondientes al caso 3. Solamente cabe destacar que en la mayoría de las estimaciones tanto la edad como las ventas son significativas, y que en una de ellas una de las variables sectoriales también lo es. Los resultados aparecen en el Cuadro 2.

Cuadro 2
Tener o No Tener fondos CDTI
Estimaciones Caso 4

Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CONST	x	x	x	x	x	x	x	X'	x
EXPU	x	x	X'						
LPATENT	x	x	X'						
ACORTO	x	x	X'						
LTVENTS	x		x	x					X'
LEXPOR	x	x	x	x					
IRIVALL	x	x	x	x	x		x	x	
DEMANA	x	x							X'
DCOURN					x				x
<u>LEDAD</u>									x
CONST	x	x	x	x	x	x	x	x	x
LEDAD	x	x	X'	X'	X'	x	X'	X'	x
LTVENTS	x	x	X'	x	X'	X'	X'	X'	x
PUBPU	x	x	x	x	x	x			
OPORQ				x		x	x		
LPATENT	x	x	x	x	x		x		
DEMANA			x		x				
-ln L	-	-	57.8	59.5	58.5	61.9	60.4	62.0	58.6
-ln L ₀			94.1	94.1	94.1	94.1	94.1	94.1	94.1
Pseudo-R ²			0.39	0.37	0.38	0.34	0.36	0.34	0.38
Pseudo-R ² corregido			0.27	0.25	0.27	0.27	0.25	0.26	0.26

Tabla 3
Participación CDTI. Caso 4
Modelo restringido

Maximum Likelihood Estimates

Log-Likelihood.....	-62.012
Restricted (Slopes=0) Log-L.	-94.136
Chi-Squared (7).....	64.247
Significance Level.....	.32173E-13

Variable	Coefficient	Std. Error	T-ratio	Prob: t ≥x
ONE	-.635270	.329942	-1.925	.05418
EXPU	-2.53158	.853533	-2.966	.00302
LPATENT	.954213	.403423	2.365	.01802
IRIVALL	.844296	.617971	1.366	.17186
ACORTO	1.43890	.592416	2.429	.01515
ONE	1.04843	.807063	1.299	.19392
LEDAD	.442312	.263309	1.680	.09299
LTVENTS	-.174523	.838041E-01	-2.083	.03730

Number of Observations = 136

Frequencies of actual & predicted outcomes
Predicted outcome has maximum probability.

		Predicted	
Actual	TOTAL	0	1
TOTAL	136	49	87
0	65	42	23
1	71	7	64

Porcentaje de predicciones correctas: 78 %

Porcentaje de predicciones correctas si las pendientes=0: 52 %

3.1.3. Interpretación de los resultados de los modelos bivariantes.

Las conclusiones que se pueden extraer a partir de los resultados obtenidos con la estimación de los modelos bivariantes son los siguientes:

a) La probabilidad de solicitar y obtener fondos CDTI aumenta si una empresa que valoran mucho la I+D a corto plazo, o cuya experiencia en I+D en el pasado les ha permitido obtener patentes, o con la edad de la empresa. Debe recordarse que todas las empresas de la muestra realizan I+D, por tanto es de suponer que todas ellas valoran este tipo de actividad. Sin embargo, para unas puede constituir la actividad principal de la empresa, mientras que para otras puede ser una actividad complementaria, punto éste sobre el que no tenemos realmente información.

b) La probabilidad de solicitar y obtener fondos CDTI disminuye bien a medida que aumenta el tamaño de la empresa medido por las ventas, o bien si la empresa tiene participación mayoritaria de capital extranjero. En las especificaciones correspondientes a los modelos bivariantes con observabilidad parcial, se obtienen indicios de que las empresas tienden a solicitar fondos independientemente de su tamaño, pero que el CDTI, en igualdad de condiciones, tiende a conceder ayudas a empresas relativamente pequeñas. Sin embargo, los problemas de identificación discutidos más arriba permiten abrigar dudas sobre

la posibilidad de discriminar realmente el papel de esta variable en la decisión de la empresa y la del CDTI separadamente.

c) No juegan ningún papel, ni positivo ni negativo, las variables relacionadas con la estrategia de mercado.

d) La evidencia respecto a las variables sectoriales no es concluyente. En las especificaciones mostradas en el Cuadro 1, estas variables no influyen, aparentemente, sobre la probabilidad de solicitar y obtener fondos CDTI. Ni las empresas de un sector particular son más proclives a solicitarlos, ni el CDTI parece imponer efectivamente preferencia alguna en este sentido. Sin embargo, en la última especificación mostrada en el Cuadro 2, la pertenencia al sector químico o farmacéutico, o al de la electrónica e informática, influye significativamente en la probabilidad de solicitar fondos del CDTI. Dado que precisamente la estimación de algunas especificaciones no era posible al introducir este tipo de variables, cualquier conclusión sobre este tipo de variables debe esperar a la realización de otras estimaciones.

Una ilustración: probabilidades para algunos tipos de empresa.

A partir de la especificación número 8 del Cuadro 2, se pueden calcular las probabilidades de solicitar y obtener fondos CDTI para cualquier empresa, esté ésta incluida o no en la muestra.

Para empresas que no tienen capital extranjero mayoritario, no valoran la I+D a corto plazo, no lucharían ante I+D de rivales, y no han obtenido patentes en el pasado, las probabilidades estimadas son muy bajas: oscilan entre 0.16 y 0.24, variando en función de la edad y del tamaño de la empresa. Es decir, es muy poco probable que una empresa, aunque sea pequeña y haya existido durante bastantes años, solicite y obtenga fondos del CDTI si no da mucha importancia a las actividades de I+D a corto plazo, o no ha obtenido patentes en el pasado, o no tiene un comportamiento competitivo ante el de empresas rivales. En la medida que se cumplen alguna o varias de estas condiciones, aumenta la probabilidad de solicitar y obtener fondos CDTI, en función del tamaño y edad de la empresa. A continuación se presentan las probabilidades estimadas para algunos tipos de empresas.

Para empresas que no tienen capital extranjero mayoritario, no han patentado anteriormente, pero valoran altamente la I+D a corto plazo y acelerarían su I+D ante I+D de empresas rivales (grupo 1):

Código empresa	Edad	Ventas	Probabilidad
1	9	412	0.79
16	10	150000	0.47
22	14	217	0.85
26	15	205	0.86
50	89	75005	0.82
89	6	750	0.72
81	28	825	0.87

Para empresas que reúnen las mismas condiciones, excepto que han obtenido patentes en el pasado (grupo 2):

Num	Edad	Ventas	Probabilidad
4	21	750	0.89
42	13	450	0.87
46	89	325	0.97
53	6	575	0.76
88	48	8750	0.88
93	7	11500	0.61
100	45	205	0.95
141	24	2500	0.86
152	45	2700	0.91

Para empresas que no tienen capital extranjero mayoritario, no han obtenido patentes en el pasado, valoran mucho la I+D a corto plazo, pero no acelerarían su I+D ante la de rivales (grupo 3):

Num	Edad	Ventas	Probabilidad
73	6	380	0.63
79	31	575	0.73
95	3	10	0.69
118	25	3750	0.67
131	16	450	0.70

Para empresas que tienen capital extranjero mayoritario, han obtenido patentes en el pasado, valoran altamente la I+D a corto plazo y compiten en I+D con las rivales (grupo 4):

	Edad	Ventas	Probabilidad
35	6	2505	0.39
68	45	4005	0.51
76	64	25000	0.80
80	28	2500	0.36
108	31	18750	0.76
123	36	19250	0.65
110	64	4375	0.85

Otra ilustración: los efectos marginales.

Puede calcularse, asimismo, el efecto que un cambio en cualquiera de las variables independientes, tiene sobre la probabilidad de solicitar y obtener fondos CDTI, para cualquier

empresa. Es decir, podemos calcular los efectos marginales de una variable determinada sobre la probabilidad de solicitar fondos, sobre la probabilidad de obtenerlos, y sobre la probabilidad conjunta. Estos efectos se pueden calcular, utilizando las estimaciones obtenidas con el modelo correspondiente al Caso 4 más restringido, de la siguiente forma:

$$\frac{\partial \Pr(I_1=1)}{\partial z_1} = f(d'_1 Z_1) * d_1 \quad ;$$

$$\frac{\partial \Pr(I_2=1 | I_1=1)}{\partial w_1} = f(f'_1 W_1) * f_1 \quad y$$

$$\frac{\partial E(I_4)}{\partial x} = \frac{\partial \Pr(I_4=1)}{\partial x} =$$

$$= \frac{\partial \Pr(I_1=1)}{\partial x} * \Pr(I_2=1 | I_1=1) + \frac{\partial \Pr(I_2=1 | I_1=1)}{\partial x} * \Pr(I_1=1)$$

donde z, w y x designan cualquier variable de las contenidas en Z y W; f(·) es la función de densidad normal estandarizada, y d y f ess el coeficiente que corresponde a la variable en cuestión.

Efectos marginales del tamaño y de la edad de la empresa.

Para las empresas de la muestra que pertenecen a cada uno de los grupos anteriores, puede observarse que el efecto de un aumento del tamaño reduce la probabilidad de solicitar y obtener fondos CDTI entre 0.01 y 0.07 puntos. Un aumento de la edad incrementa dicha probabilidad entre 0.02 y 0.17 puntos. Dado que el tamaño es una variable que no afecta la probabilidad de

solicitar fondos, sino la de que éstos sean concedidos, dado que se han solicitado, su efecto marginal cuantifica la repercusión que sobre la probabilidad de obtener financiación tiene un aumento de las ventas:

Grupo 1			Grupo 3		
Obs	Tamaño	Edad	Obs	Tamaño	Edad
1	-0.04	0.10	73	-0.04	0.10
16	-0.07	0.17	79	-0.02	0.05
22	-0.03	0.07	95	-0.03	0.07
26	-0.03	0.07	118	-0.03	0.08
50	-0.04	0.09	131	-0.03	0.07
89	-0.05	0.13			
81	-0.03	0.08			

Grupo 2			Grupo 4		
Obs	Tamaño	Edad	Obs	Tamaño	Edad
4	-0.03	0.08	35	-0.04	0.09
42	-0.04	0.09	68	-0.02	0.04
46	-0.009	0.02	76	-0.03	0.09
53	-0.05	0.13	80	-0.01	0.04
88	-0.03	0.09	108	-0.05	0.12
93	-0.07	0.17	123	-0.04	0.09
100	-0.01	0.03	110	-0.02	0.06
141	-0.04	0.10			
152	-0.03	0.07			

Para apreciar los efectos que tienen sobre la probabilidad de solicitar y obtener fondos CDTI cambios en las variables cualitativas, se puede considerar una empresa hipotética. Supongamos que se trata de una empresa cuya edad es de 7 años, y cuyo volumen de ventas es de 100 millones de pesetas. Si no tiene capital extranjero, no ha patentado anteriormente, no da gran importancia a la I+D a corto plazo, ni aceleraría su I+D ante la

de rivales, entonces para esta empresa la probabilidad estimada es de 0.23. Sin embargo, si las actividades de I+D son consideradas por la empresa como muy importantes a corto plazo, la probabilidad aumenta hasta 0.68. Si además compite en I+D, la probabilidad pasa a ser 0.82. La tabla siguiente nos describe algunos de los efectos de las variables discretas, para una empresa de este tipo:

EXPU	ACORTO	RIVALL	PATENTE	PROBABILIDAD
0	0	0	0	0.23
0	0	0	1	0.44
0	0	1	0	0.50
0	1	0	0	0.68
1	0	0	0	0.0007
0	1	1	0	0.82
0	0	1	1	0.70
0	1	0	1	0.80
0	1	1	1	0.86
1	1	1	1	0.36

Puede apreciarse el efecto notable, en sentido negativo, que tiene la presencia mayoritaria de capital extranjero. De todas las características consideradas individualmente y en ausencia de las otras, la que aparece como más importante es la valoración que la propia empresa haga de las actividades de I+D a corto plazo.

3.1.4. Estimaciones adicionales: Caso 2 y Caso 5.

También se ha estimado un modelo correspondiente al caso 2, bajo el supuesto de que se dispone de los indicadores I_1 e I_3 . Ello se ha hecho porque en la muestra, algunas empresas declaran

haber solicitado y no haber obtenido fondos del CDTI. Al igual que en los modelos precedentes, para algunas especificaciones no es posible maximizar la función de verosimilitud, posiblemente debido a problemas de identificación. Para otras, se producen estimaciones del coeficiente de correlación que están fuera del intervalo de valores admisibles para este parámetro¹⁰. Las especificaciones que es posible estimar se pueden ver en el apéndice a este capítulo. Los resultados son similares a los obtenidos en los modelos anteriores. Únicamente cabe señalar que el coeficiente de la variable IRIVALL es significativo y de signo positivo, sugiriendo que, en igualdad de condiciones, aquellas que tienen un comportamiento competitivo en relación a I+D (acelerarían su I+D si supieran que una empresa rival tiene el mismo proyecto) tenderán a solicitar subvenciones con mayor probabilidad.

Finalmente, se estima un modelo que corresponde al Caso 5, es decir, aquel que se obtiene bajo el supuesto de que no se distingue de hecho entre la decisión de una empresa y la del CDTI. Ello equivale a definir una nueva y única variable latente, llamémosla 'propensión a tener financiación pública', o P^* , tal que

$$P^* = \gamma'V + \varepsilon$$

¹⁰Una posible causa sería la presencia de errores de especificación.

donde V es un vector de características de la empresa. Observamos solamente si una empresa la tiene o no, es decir, un indicador cualitativo 'tener financiación', indicador que toma el valor 1 (o sí) cuando P^* sobrepasa un cierto valor. En este caso, puede interpretarse que los coeficientes de las variables reflejan el efecto neto de las mismas.

La estimación de este modelo produce los resultados mostrados en la tabla 4¹¹. Las variables explicativas introducidas son las mismas que en los modelos anteriores, con la excepción de que en vez de la variable sectorial OPORQ (pertenencia al sector químico-farmacéutico) se ha utilizado la variable binaria DEMANA (pertenencia a un sector de demanda alta). Para contrastar este modelo con el que resulta de suponer una distribución de probabilidad bivariante (la estimación del mismo aparece en la tabla 5), puede utilizarse el test del cociente de verosimilitud¹². En este caso, $-2(58,56 - 60,07) = 3,02$, inferior al valor crítico para un nivel de significación del 90 %. Se concluye, por tanto,

¹¹La estimación que se obtiene al utilizar como medida del tamaño de la empresa el número de empleados en vez de las ventas, genera los mismos resultados en lo que respecta a la significación de las variables y a la bondad del ajuste; presenta unas diferencias muy pequeñas en cuanto a la magnitud de los coeficientes.

¹²En Abowd y Farber (1982) se utiliza este test para contrastar un modelo univariante con uno bivariante. Consideran estos autores que el modelo univariante está anidado en el segundo, puesto que equivale a restringir a 0 todos los coeficientes de la función que determina la probabilidad condicional de ser elegido dado que se ha solicitado, a excepción del término constante, que se restringe a un valor positivo y elevado.

que no puede rechazarse la hipótesis nula.

De la estimación correspondiente al modelo univariante se puede concluir que la mayoría de las conclusiones extraídas con las estimaciones bivariantes se mantienen. El número de patentes obtenido en el pasado (experiencia en I+D y patentabilidad de los resultados), importancia concedida a las actividades de I+D y edad de la empresa, influyen positivamente en la probabilidad de tener financiación del CDTI. También lo hace la pertenencia a uno de los sectores siguientes: químico, farmacéutico, electrónica e informática. En cambio, existe una relación negativa, estadísticamente significativa, entre el volumen de ventas o la presencia de capital extranjero mayoritario y la probabilidad de disponer de un crédito del CDTI.

Tabla 4

PARTICIPACION CDTI
Modelo probit univariante

Maximum Likelihood Estimates

Log-Likelihood.....	-60.071
Restricted (Slopes=0) Log-L.	-94.136
Chi-Squared (9).....	68.129
Significance Level.....	.32173E-13

Variable	Coefficient	Std. Error	T-ratio	Probit: $\geq x$
ONE	-.545665	.545932	-1.000	.31755
EXPU	-1.53362	.379520	-4.041	.00005
PUBPU	.608672	.430596	1.414	.15749
DCOURN	-.456665E-01	.319149	-.143	.88622
LPATENT	.362579	.129268	2.805	.00503
IRIVALL	.426902	.308718	1.383	.16672
ACORTO	.809396	.279627	2.895	.00380
LEDAD	.449378	.199457	2.253	.02426
LTVENTS	-.202768	.677146E-01	-2.994	.00275
DEMANA	.622608	.303177	2.054	.04001

Number of Observations = 136

Frequencies of actual & predicted outcomes
Predicted outcome has maximum probability.

		Predicted	
Actual	TOTAL	0	1
TOTAL	136	63	73
0	65	51	14
1	71	12	59

Porcentaje total de predicciones correctas: 81 %
 Porcentaje de 'No' correctos: 78 %
 Porcentaje de 'Si' correctos: 83 %
 Porcentaje de predicciones correctas si pendientes=0: 52 %.

Tabla 5
ESTIMACION PROBIT BIVARIANTE

Maximum Likelihood Estimates

Log-Likelihood.....	-58.560
Restricted (Slopes=0) Log-L.	-94.136
Chi-Squared (12).....	71.150
Significance Level.....	.49387E-12

Variable	Coefficient	Std. Error	T-ratio	Probit: $\geq x$
ONE	-.720381E-01	.776156	-.093	.92605
EXPU	-1.62078	.411871	-3.935	.00008
PUBPU	.540295	.544479	.992	.32104
DCOURN	-.224319E-01	.381361	-.059	.95309
LPATENT	.429067	.163350	2.627	.00862
IRIVALL	.516975	.372102	1.389	.16473
ACORTO	.843052	.317452	2.656	.00791
LEDAD	.216109	.298915	.723	.46969
LTVENTS	-.175518	.844440E-01	-2.079	.03766
DEMANA	.657507	.385805	1.704	.08834
ONE	-1.48444	2.00453	-.741	.45897
LEDAD	3.16386	3.43926	.920	.35761
LTVENTS	-.443799	.559260	-.794	.42746

Frequencies of actual & predicted outcomes
Predicted outcome has maximum probability.

Actual	TOTAL	Predicted	
		0	1
TOTAL	136	61	75
0	65	50	15
1	71	11	60

3.2. Participación en programas de I+D de la CE.

3.2.1. Criterios de selección de la CE.

Los objetivos e instrumentos de la intervención de la Comunidad Europea en relación a la I+D se encuentran definidos en el 'Programa marco de investigación y desarrollo tecnológico'. El primer Programa marco fue aprobado para el período 1984-87, y el segundo para el período 1987-91. Estructurado en programas concretos (BRIT, ESPRIT, RACE, EURAM, entre otros), el objetivo general es promocionar las investigaciones que sólo son posibles a escala europea, o que favorezcan el establecimiento del mercado interior, o para las que las complementariedades entre los distintos países son importantes ¹³. En el Programa marco, se establece como uno de los instrumentos para tal objetivo una subvención parcial (del 50 % en promedio) de los gastos de investigación de empresas, universidades o centros de investigación. Los criterios generales, comunes a todos los programas específicos, para la concesión de una subvención son: concordancia del proyecto presentado con los objetivos del programa específico, colaboración entre empresas/instituciones de al menos dos Estados miembros, viabilidad del proyecto, capacidad del equipo investigador, valor científico y técnico del mismo, realismo de las previsiones de financiación de la investigación, y, para los proyectos industriales, impacto previsible sobre la

¹³Ver 'Política de Investigación y Desarrollo Tecnológico', Colección Documentación Europea, Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 1988.

competitividad de las empresas¹⁴. A excepción del primer criterio, los demás son análogos a los que establece el CDTI.

El análisis empírico que se describe a continuación tiene por objetivo estimar la relación que pueda existir entre un conjunto de características de las empresas y su participación en algún programa de I+D de la CE.

3.2.2. Las estimaciones.

Para analizar la participación en programas de la CE se ha seguido un proceso análogo al del CDTI. La información disponible permite plantearse en principio la estimación de los modelos que corresponden a los casos 2, 3, 4 y 5 descritos en el Capítulo 3. En los modelos de los casos 2, 3 y 4 se diferencia entre la decisión de la empresa y la de la CE, y ello exige decidir cuáles son las variables que se incluyen en cada nivel. Por lo que respecta a la decisión de solicitud por parte de la empresa, en principio todas de las variables para las que se dispone de información pueden afectarla. Por ejemplo, es posible que la presencia mayoritaria de capital extranjero afecte positivamente la probabilidad de solicitar subvención, porque facilita cumplir con uno de los criterios de selección de la CE, cual es que cooperen instituciones o empresas de dos países miembros. Las

¹⁴Ver 'Vade-mecum de la recherche communautaire', Commission des Communautés Europeennes, 1987.

demás variables están relacionadas con la experiencia en I+D de la empresa (LPatent), estrategia de mercado (Dcourn, Dmonop, etc.), o tamaño (Ltvents), que pueden incidir en la rentabilidad de las actividades de I+D de la empresa. Por parte de la agencia pública, en este caso la CE, también es posible que sean estas mismas variables las que afecten su evaluación de la capacidad y rentabilidad de las actividades de I+D que propone llevar a cabo una empresa española junto con otra u otras no españolas.

Sin embargo, al igual que ocurría al analizar la participación en el CDTI, la estimación de un modelo bivariante con observabilidad parcial no es posible si el modelo no está identificado, lo que ocurre si las variables incluidas en las dos decisiones son las mismas. Por ello, se ha decidido incluir las variables sectoriales sólo en la decisión de la CE, y no en la de la empresa, porque el presupuesto de la CE para subvencionar actividades de I+D está desagregado por áreas o sectores, reflejando unas prioridades predeterminadas. A igualdad de condiciones, un proyecto presentado en un área mejor dotada tendrá más probabilidades de obtener la subvención.

En el Cuadro 3 se presentan los modelos que se han estimado. En la columna 1 se halla la especificación que corresponde al Caso 2 (modelo bivariante condicional). Bajo el supuesto de que lo que observamos es el indicador I_4^e , (Caso 3 o caso 4, con observabilidad parcial) ha sido posible estimar las

especificaciones detalladas en las columnas 2 a 5. Bajo el supuesto de que observamos simplemente un indicador de la propensión a participar (Caso 5, o modelo univariante), ha sido posible obtener las estimaciones presentadas en las columnas 6 a 9.

Cuadro 3
Participación en Programas de la CE

Variables	Caso 2		Caso 3 y 4			Caso 5			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Constante	x	x	x	x	x	X'	x	X'	X'
EXPU	x	x	x	x	X'	X'	x	X'	X'
LPATENT	x	x	x	x	x	x			
ACORTO	x	x	x	x	x	X'	X'	X'	X'
IRIVALL	x	x	x	x	X'	X'	X'	X'	X'
LTVENTS		x		x					
LEXPOR		x							
DCOURN						x	x		
IDEARIV								x	
LINVENT								x	
VESTER								x	
Constante	x	x	X'	x	x				
LEDAD	x	x	x	x	x	x	x	x	x
LTVENTS	x	x	X'	x	X'	X'	X'	X'	X'
EXPU	x								
LPATENT		x							
PUBPU		x				X'	X'	X'	X'
OPORQ	x	x		x	x	x	x	x	x
OPORI	x	x		x	x	X'	x	X'	X'
OPORE	x								
OPORS	x								
rho		x	x						
-Ln L	-	-	64.7	58.3	61.4	65.7	61.4	52.5	53.0
-Ln L ₀			82.2	82.2	82.2	85.0	82.2	76.0	76.0
Pseudo R ²	-	-	0.21	-	0.25	0.23	0.25	0.31	0.30
Pseudo R ²			0.11	0.17	0.14	0.11	0.14	0.16	0.20
N	147	138	138	138	138	147	138	128	128

Las conclusiones que se derivan de estos resultados se pueden resumir en los siguientes puntos:

a) Al igual que ocurría en el caso de las estimaciones correspondientes a la obtención de fondos del CDTI, se observa que el comportamiento de la función de verosimilitud para algunos modelos bivariantes, parece no ser adecuado, lo que puede estar relacionado bien con la configuración de las variables cualitativas, bien con el tamaño de los grupos de empresas en que se halla dividida la muestra (sólo 47 empresas de las 147 que quedan en la muestra tras eliminar aquellas para las que no se disponía de alguna variable han solicitado fondos de la CE, y de éstas, sólo 9 no los obtienen). Así, no ha sido posible obtener una estimación del modelo que corresponde los indicadores I_1^e y a I_2^e (Caso 2), y algunas del Caso 3.

b) La 'bondad' de las estimaciones obtenidas, medida por el pseudo- R^2 y el pseudo- R^2 corregido es, en general, inferior a la que se obtenía para las estimaciones de participación en el CDTI. Parecen producir mejores resultados en este sentido los modelos univariantes que los bivariantes, cuando además se eliminan de la muestra empresas que habían declarado solicitar y no haber obtenido fondos de alguna de las dos instituciones públicas.

c) La capacidad predictiva, medida por el número de

observaciones correctamente predichas en exceso de lo que se hubiera predecido bajo la hipótesis nula (o modelo totalmente aleatorio), es muy baja: oscila entre peor que éste, en los modelos bivariantes, y hasta 9 observaciones más en algunos modelos univariantes. Debe concluirse, por tanto, que las variables incluidas en la estimación tienen alguna capacidad explicativa, pero no son necesariamente las más importantes, dada su débil capacidad predictiva.

d) Atendiendo a la capacidad predictiva, los mejores resultados son los que se obtienen con las especificaciones 8 y 9. Según las mismas, las variables que inciden positivamente en la probabilidad de obtener financiación de la CE son: tener participación mayoritaria de capital público, valorar de gran importancia las actividades de I+D a corto plazo, tener un volumen de ventas elevado y pertenecer al sector de la electrónica e informática. Inciden negativamente en esta probabilidad, la participación mayoritaria de capital extranjero, y tener una actitud no cooperativa frente a la I+D de empresas rivales.

3.3. Participación en programas del CDTI y de la CE: comparación de los resultados.

Bajo la hipótesis de que los modelos univariantes, dada la información disponible, describen el proceso de participación en

programas de I+D de cada institución, se ha estimado conjuntamente la probabilidad de participar en una y otra, con el fin de comprobar si existe una correlación entre los términos aleatorios subyacentes en ambos casos.

La estimación se ha llevado a cabo con la muestra compuesta por empresas que han obtenido o no han obtenido subvenciones, pero no se han incluido las pocas empresas que declaran haber solicitado y no haberla obtenido. Las estimaciones obtenidas aparecen en las tablas del apéndice a este capítulo. Las conclusiones se pueden resumir en los siguientes puntos:

a) Una vez se han tenido en cuenta los efectos de las variables explicativas, la correlación estimada de los términos aleatorios que corresponden a las ecuaciones de obtener fondos de las dos instituciones no es significativamente distinta de 0.

b) Los factores que inciden sobre la probabilidad de obtener fondos del CDTI y de la CE no son exactamente los mismos, o no inciden con el mismo signo. Las diferencias más notables conciernen al papel de dos variables: la edad de la empresa y el tamaño de la misma. La primera variable no influye en la probabilidad de participar en la CE, y la segunda influye positivamente. En cambio, la probabilidad de participar en el CDTI aumenta con la edad de la empresa, pero disminuye con su tamaño. Además, la presencia de capital público mayoritario y una actitud

cooperativa de la empresa también inciden positivamente en la probabilidad de obtener financiación de la CE. Sin embargo, el papel que juegan estas dos variables en relación a la obtención de financiación del CDTI no parece ser significativo, de acuerdo con la estimación conjunta.

c) Por lo que respecta a las variables que inciden con el mismo signo en ambos casos, hay que notar que la valoración de las actividades de I+D por la empresa, la pertenencia de la empresa al sector informático o electrónico aumenta la probabilidad de participación, y, en el caso del CDTI, también lo hace la pertenencia al sector químico o farmacéutico. También en ambos casos, la presencia mayoritaria de capital extranjero reduce la probabilidad de participación.

4. Conclusiones del análisis de la participación.

De forma muy abreviada, las principales conclusiones que se derivan de las estimaciones realizadas son las siguientes:

a) Se obtiene evidencia de que los programas I+D de la CE y CDTI son complementarios ex-post: acceden a ellos distintos tipos de empresas.

b) El hecho de que una de las variables que afectan

positivamente la participación sea la valoración que la propia empresa concede a las actividades de I+D sugiere que las subvenciones o créditos subvencionados 'funcionan' o llegan a este tipo particular de empresas, o dicho de otra manera, tienden a participar empresas muy motivadas.

c) La conclusión anterior plantea la posible necesidad de una política dirigida a difundir información entre las empresas, con el fin de incidir en la valoración de las mismas respecto a las actividades de I+D. Habría que investigar la hipótesis de que no solicitan, y por tanto no tienen subvención, las empresas que por ignorancia, y no por otras razones (por ejemplo, vinculadas a la 'oportunidad tecnológica'), no valoran mucho la I+D.

d) El tamaño afecta la probabilidad de obtener fondos públicos; no sabemos, sin embargo, en qué medida atribuir este efecto a la agencia pública y a las propias empresas. Esta afirmación también es cierta para el resto de variables explicativas incluidas. La distinción sólo será posible si se dispone de información que permita estimar un modelo de observabilidad total.

APENDICE

TABLA 1

Probabilidad de participar en Programa EC

Maximum Likelihood Estimates

Log-Likelihood.....	-53.221
Restricted (Slopes=0) Log-L.	-82.165
Chi-Squared (10).....	57.888
Significance Level.....	.77526E-10

Variable	Coefficient	Std. Error	T-ratio	Prob: t >x
ONE	-3.06419	.781398	-3.921	.00009
EXPU	-1.45656	.475266	-3.065	.00218
PUBPU	.767389	.370542	2.071	.03836
ACORTO	.386291	.314678	1.228	.21961
COLAB	1.80029	.510758	3.525	.00042
DCOURN	-.190587	.328144	-.581	.56137
LPATENT	-.280894E-01	.108847	-.258	.79636
LEDAD	.928736E-01	.195478	.475	.63471
LTVENTS	.808874E-01	.729413E-01	1.109	.26746
OPORI	.485226	.375801	1.291	.19664
OPORQ	-.914288	.445012	-2.055	.03992

Frequencies of actual & predicted outcomes
 Predicted outcome has maximum probability.

Actual	TOTAL	Predicted	
		0	1
TOTAL	138	101	37
0	99	87	12
1	39	14	25

TABLA 2

Probabilidad de participar en CDTI.

Maximum Likelihood Estimates

Log-Likelihood.....	-61.267
Restricted (Slopes=0) Log-L.	-95.524
Chi-Squared (8).....	68.515
Significance Level.....	.32173E-13

Variable	Coefficient	Std. Error	T-ratio	Prob: t >x
ONE	-1.06599	.551382	-1.933	.05320
EXPU	-1.35301	.375279	-3.605	.00031
PUBPU	.619406	.420683	1.472	.14092
LPATENT	.330408	.122644	2.694	.00706
ACORTO	.886328	.283886	3.122	.00180
IRIVALL	.374571	.303402	1.235	.21699
LEDAD	.575708	.196921	2.924	.00346
LTVENTS	-.220439	.684737E-01	-3.219	.00129
DEMANA	.772789	.293682	2.631	.00850

Frequencies of actual & predicted outcomes
 Predicted outcome has maximum probability.

		Predicted	
Actual	TOTAL	0	1
TOTAL	138	73	65
0	72	57	15
1	66	16	50

TABLA 3

FIML Estimates of Bivariate Probit Model

Participar en CE, participar en CDTI

Variable	Coefficient	Std. Error	T-ratio	Probit:ix
ONE	-2.97144	.908195	-3.272	.00107
EXPU	-1.51667	.579453	-2.617	.00886
PUBPU	.737872	.403834	1.827	.06768
ACORTO	.387918	.405456	.957	.33870
COLAB	1.80840	.693468	2.608	.00911
DCOURN	-.157241	.371163	-.424	.67182
LPATENT	-.244891E-01	.110970	-.221	.82534
LEDAD	.840357E-01	.223964	.375	.70750
LTVENTS	.732037E-01	.938850E-01	.780	.43556
OPORI	.459679	.454213	1.012	.31152
OPORQ	-.980923	.637092	-1.540	.12364
ONE	-1.08176	.584616	-1.850	.06426
EXPU	-1.31370	.375680	-3.497	.00047
PUBPU	.606695	.509119	1.192	.23340
LPATENT	.319192	.143580	2.223	.02621
ACORTO	.877175	.342092	2.564	.01034
IRIVALL	.427545	.374720	1.141	.25388
LEDAD	.566443	.225626	2.511	.01205
LTVENTS	-.215628	.781100E-01	-2.761	.00577
DEMANA	.718980	.368658	1.950	.05114
RHO(1,2)	.336312	.230557	1.459	.14465

Joint Frequency Table: Columns=HACDTI
 Rows=HAEC
 (N) = Count of Fitted Values

	0	1	TOTAL
0	57 (55)	42 (45)	99 (100)
1	15 (17)	24 (21)	39 (38)
TOTAL	72 (72)	66 (66)	138 (138)

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Greene, W. (1988), LIMDEP, Version V.

Greene, W. (1990), 'Econometric Analysis', MacMillan Publishing Company, New York.

Lafuente, A, V. Salas y M.J. Yague (1985), 'Formación de capital tecnológico en la industria española', Revista Española de Economía Vol 2.

Meng, Chun-Lo y P. Schmidt (1983), 'On the cost of partial observability in the bivariate probit model', mimeo.

Poirier, D.J. (1980), 'Partial observability in bivariate probit models', Journal of Econometrics 12.

CAPITULO VI
EL ESFUERZO EN I+D DE LAS EMPRESAS:
EFFECTOS DE LA PARTICIPACION EN PROGRAMAS PUBLICOS
Y CARACTERISTICAS DEL MISMO

1. Introducción.

En este capítulo se presentan y discuten los resultados de la estimación de un conjunto de modelos especificados para dos tipos de variables: por un lado, el esfuerzo en I+D de las empresas, y por otro ciertas características de los proyectos de investigación y desarrollo de las mismas.

Dada la información disponible a través de la encuesta descrita en el Capítulo IV, las variables dependientes de los modelos serán las siguientes. En los modelos de esfuerzo se distinguirá entre el esfuerzo absoluto y relativo en I+D; el primero será medido por el gasto total en I+D y por el personal de I+D de las empresas; el segundo, por el porcentaje que el personal destinado a actividades de I+D representa respecto al empleo total de la empresa. Se distinguirá entre empresas participantes y empresas no participantes en programas públicos de I+D, lo que permitirá hacer inferencias respecto a la existencia de efectos-expulsión derivados de la financiación pública, efectos que se detectan en el estudio de Lichtenberg (1989), comentado en

el Capítulo II.

El segundo tipo de modelos permitirán estimar la posible relación entre un conjunto de características de las empresas y algunas características de los proyectos de I+D. En particular, se estimará la relación existente entre determinadas características de las empresas y la probabilidad de que una empresa emprenda proyectos para producir innovaciones de proceso; la probabilidad de que realice investigación básica y aplicada, y la probabilidad de que sus proyectos de I+D tengan un horizonte temporal largo.

La organización del capítulo es la siguiente. En el apartado 2, se discute la estimación del modelo de esfuerzo y se evalúan los efectos de la financiación pública; en el apartado 3, se discuten los resultados relativos a las características de los proyectos de I+D, y finalmente el apartado 4 contiene las conclusiones generales del capítulo.

2. El esfuerzo en I+D y el impacto de la financiación pública.

Centrándonos primero en las ecuaciones de esfuerzo, y dado que hay cuatro tipos de empresas en la muestra debido a que existen dos fuentes de financiación de las actividades de I+D, el CDTI y la CE, puede estimarse una ecuación de esfuerzo para cada grupo, controlando por la probabilidad de que una empresa pertenezca al mismo. El modelo completo es, bajo el supuesto de que la participación en programas de I+D de cada institución puede explicarse mediante una única variable latente no observada, el siguiente:

$$\begin{aligned}
 I_c^* &= \gamma_c' Z_c + \varepsilon_c & 1 \\
 I_e^* &= \gamma_e' Z_e + \varepsilon_e & , \quad \Sigma = \begin{matrix} \sigma_{ec} & 1 \\ \sigma_{uc} & \sigma_{ue} & \sigma_u \end{matrix} \\
 Y &= B'X + u
 \end{aligned}$$

donde cada uno de los términos aleatorios tiene una función de densidad normal con media igual a 0 y varianza constante.

La estimación puede realizarse por dos procedimientos. El primero consiste en especificar la función de verosimilitud del modelo completo. Se estiman simultáneamente los parámetros que corresponden al modelo de participación y al modelo de esfuerzo. Bajo el supuesto de que la especificación es correcta, el método de máxima-verosimilitud proporciona estimadores consistentes y

eficientes.

El segundo procedimiento consiste en utilizar el método en dos etapas propuesto por Heckman¹. Se estiman, en la primera etapa, las ecuaciones de participación. Ello permite, a su vez, estimar el valor, para cada observación, de dos variables adicionales que representan el valor esperado del término aleatorio dada la pertenencia de la observación a uno de los grupos (es decir, $E(u|\varepsilon_c, \varepsilon_e)$). En la segunda etapa, se estima la ecuación de esfuerzo por mínimos cuadrados ponderados, incluyendo las dos variables adicionales mencionadas. Los estimadores así obtenidos son consistentes.

La estimación conjunta de la probabilidad de tener financiación del CDTI y financiación de la CE, comentada en el apartado 3.3. del capítulo anterior, había conducido a la conclusión de que los términos aleatorios de los modelos que determinan ambas probabilidades no estaban correlacionados. Ello permite especificar la ecuación correspondiente al esfuerzo condicional como sigue²:

$$E(Y|\varepsilon_c, \varepsilon_e) = X'\beta + \sigma_{uc} \frac{f(Z_c \gamma_c)}{F(Z_c \gamma_c)} + \sigma_{ue} \frac{f(Z_e \gamma_e)}{F(Z_e \gamma_e)} \quad [1]$$

¹Véase, por ejemplo, Heckman (1979), Heckman y Singer (1985)

²Ver Maddala (1983), capítulo 9, pag. 282.

donde $\sigma_{uc} = \rho_c \sigma_u$ representa la covarianza entre el término aleatorio de la ecuación de esfuerzo (u), y el término aleatorio de la ecuación que determina la probabilidad de tener fondos del CDTI (ε_c); σ_{ue} es la covarianza entre el término aleatorio de la ecuación de esfuerzo y el término aleatorio de la ecuación que determina la probabilidad de tener fondos de la CE (ε_e); y los cocientes son las variables adicionales mencionadas anteriormente, conocidas como la inversa del ratio de Mills correspondiente.

Las variables explicativas, todas ellas hipotéticamente predeterminadas en el momento en que una empresa toma las decisiones de I+D, son las descritas en el Capítulo IV. En principio, todas ellas pueden afectar cualquiera de las diversas decisiones relacionadas con las actividades de I+D, y no parece que existan razones evidentes para excluir alguna variable a priori. De los modelos teóricos desarrollados en torno al comportamiento estratégico de las empresas en relación a I+D se desprende que el tipo de mercado en el que éstas operan puede explicar las diferencias observadas en el gasto en I+D. Por ello, se incluyen en el modelo empírico las variables binarias asociadas a la estrategia revelada de precios y producción. Los efectos asociados a la presencia de externalidades pueden recogerse, parcialmente, por las variables binarias asociadas a la actitud ante la I+D de empresas rivales (se puede suponer que si las externalidades son importantes, las empresas tenderán a manifestar una actitud cooperativa más que competitiva), o a la importancia

que el estudio de los productos de las empresas competidoras tiene en la generación de ideas para la propia I+D. Las variables binarias sectoriales pueden recoger, aunque no exclusivamente, efectos asociados a la oportunidad tecnológica. El número de patentes obtenido en el pasado es un indicador de la experiencia (aprendizaje acumulado). El tamaño de la empresa está asociado a su vez a un conjunto de factores (capacidad de autofinanciar de los proyectos, capacidad de soportar riesgos, tasa de descuento) que inciden en la rentabilidad percibida de las actividades de I+D.

2.1. Esfuerzo absoluto: el gasto en I+D o el personal de I+D.

Al proceder a estimar el modelo completo, con las dos ecuaciones de participación y la de esfuerzo medido por el gasto en I+D, han aparecido dificultades que impiden la estimación, tanto en el proceso bietápico de Heckman, como en el de máxima verosimilitud. Puede pensarse en diversas causas de tales dificultades. Por un lado, el número de observaciones de dos de los cuatro grupos de empresas es muy reducido, especialmente en relación a las variables explicativas incluidas. Este es el caso de las empresas que participan en programas comunitarios, que siendo en total 31, sólo 10 no reciben financiación pública a través del CDTI. Por otro lado, tampoco puede descartarse que se dé un elevado grado de colinealidad, debida, por ejemplo, a una

elevada correlación entre la inversa del ratio de Mills de una o ambas ecuaciones de participación y alguna o varias de las otras variables explicativas. Ello puede ocurrir si se incluye entre las variables explicativas COLAB, cuyo valor es 1 para todas las que participan en programas comunitarios. Sin embargo, aunque se omita esta variable en la ecuación de esfuerzo, persiste el problema.

Dados los datos disponibles, no es posible introducir información adicional que permita subsanar las dificultades. Por ello, se abandona el objetivo de estimar el valor esperado del esfuerzo en I+D, dada la participación o no participación en los dos tipos de programas públicos, es decir, de $E(Y|\varepsilon_c, \varepsilon_e)$. Se puede plantear, sin embargo, la estimación del valor esperado del esfuerzo según se tenga o no financiación del CDTI, es decir, de $E(Y|\varepsilon_c)^3$.

Los resultados de las estimaciones realizadas para el gasto de I+D en valor absoluto se resumen en el Cuadro 1, y aparecen con mayor detalle en la Tabla 1. Las variables explicativas consideradas son las que aparecen en la primera columna, y son las mismas para todas las estimaciones. Estas se han realizado bajo la hipótesis de que la probabilidad de que una empresa tenga una subvención del CDTI está determinada por una función de

³Cabe plantearse también la posibilidad de que las dificultades mencionadas sean generadas por la presencia de errores de especificación.

distribución normal univariante. La última variable, LAMBDA, es la inversa del ratio de Mills; el contraste de significación de su coeficiente equivale a un contraste de selectividad. Este coeficiente no es más que la estimación de la covarianza entre el término aleatorio de la ecuación de esfuerzo y el término aleatorio de la ecuación de participación. En el Cuadro 1 aparecen solamente los signos de los coeficientes significativamente distintos de cero⁴.

⁴En la estimación de alguna de las ecuaciones correspondiente a un subgrupo de observaciones se ha presentado una dificultad que es frecuente en este tipo de estudios (véase Greene, op. cit.) y ello es que la estimación de la correlación entre u y ε_c puede no hallarse en el intervalo (0,1). Ello ha ocurrido en algún caso al utilizar la muestra con 136 observaciones.

Cuadro 1

Gasto de I+D

	Tienen CDTI			No tienen CDTI		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
C						
Expu						
Pubpu				+	+	
Acorto				+	+	+
Dcourn					-	-
Monop	+	+	+			
Lemple	+	+	+	+	+	+
Ideariv				-		-
Colab	+	+				+
Lpatent	+	+	+			
Lexport				+	+	+
Oporq.	+	+				
Opori	+	+		+	+	+
Opork	+	+				+
OporS	+	+	+	+	+	+
Lambda						
σ_y^2	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0
ρ_{uc}^2	0.3	0.4	0.9	0.2	0.01	0.2
R^2	0.84	0.84	0.82	0.68	0.68	0.73
F	17.3	17.3	10.0	7.9	6.5	7.5
Chi-2	120	120	78	81	70	75
Obs	66	66	45	70	61	57
N total	136	127	102	136	127	102

Nota: Cada columna expresa los resultados obtenidos al incluir las mismas variables explicativas pero distinto número de observaciones. La muestra total (muestra 1) es de 136 observaciones. Al eliminar las empresas que han solicitado pero no tienen subvenciones del CDTI, quedan 127 (muestra 2). Si se eliminan las que tienen subvenciones de la CE, quedan 102 (muestra 3).

Tabla 1

Esfuerzo absoluto en I+D: Gasto

	Tienen CDTI		No tienen CDTI	
	Selecc.	MQO	Selecc.	MQO
C				
Expu		0.62		
Pubpu			1.08	1.09
Acorto			0.86	0.81
Dcourn			-0.72	-0.72
Monop	2.15	2.20		
Lemple	0.66	0.66	0.41	0.41
Ideariv				
Colab	0.46	0.49		
Lpatent	0.27	0.18		
Lexport			0.13	0.13
Oporq	0.80	0.64		
Opori	0.72	0.64	1.82	1.81
Oporc	0.81	0.76		
Opors	1.71	1.74	1.07	1.08
Lambda				
σ_u	0.82	0.85	0.98	1.12
ρ_{uc}^2	0.39		0.01	
R^2	0.84	0.84	0.68	0.68
F	17.29	18.6	6.5	7.1
Chi-2	120	119	70	70
Obs	66	66	61	61
N total	127		127	127

Las principales observaciones que se desprenden de los resultados obtenidos en la estimación de la ecuación en la que la variable dependiente es el GASTO en I+D (en logaritmos), son las siguientes:

a) Se obtiene una elevada bondad de ajuste para las empresas que reciben una subvención del CDTI. La bondad de ajuste es más reducida en el caso de las empresas que no tienen subvención, sugiriendo que el efecto potencial de las variables omitidas es importante para este grupo de empresas.

b) No puede rechazarse la hipótesis nula de que la covarianza entre los términos aleatorios de las ecuaciones que representan la participación y el esfuerzo medido por el gasto es igual a 0, es decir, que no se produce un efecto de selectividad. En la segunda columna de la tabla 1 aparecen los resultados de la estimación por mínimos cuadrados, muy similares a los de la estimación en dos etapas, que aparecen en la primera columna.

c) La eliminación de la muestra de las 8 empresas que declaran haber solicitado y no obtenido subvención no altera en general cualitativamente los resultados, y muy poco cuantitativamente.

d) La eliminación de la muestra de las empresas que

participan en programas comunitarios si altera los resultados: la actitud colaboradora (COLAB) y la pertenencia a determinados sectores deja de ser significativa si se excluyen este tipo de empresas.

Interpretacion de los resultados.

Se observa, en primer lugar, que existen algunas coincidencias entre los resultados obtenidos para los dos tipos de empresas (con y sin subvención). Son estadísticamente significativas las variables que tradicionalmente lo son en otros estudios empiricos: el tamaño (medido por el EMPLEO) y la pertenencia a determinados sectores (en particular al sector de la electrónica e informática). El coeficiente del tamaño es positivo pero en todos los casos inferior a la unidad, es decir, que el gasto en I+D aumenta menos que proporcionalmente con el tamaño de la empresa. Este resultado puede tener las siguientes interpretaciones :

a) que aumentando poco los 'inputs' para las actividades de I+D, la producción de ideas (el output) aumente en mayor proporción debido a la presencia de complementariedades bien con otras actividades de la empresa⁵, o bien por la generación de

⁵Del estudio de algunas experiencias concretas se desprende que pueden existir importantes complementariedades entre las

externalidades asociadas al propio 'tamaño' de las actividades de I+D; por ello el gasto aumentaría poco en relación con el 'producto' de I+D, cuya importancia en relación con los otros productos de la empresa podría mantenerse o aumentar; se trataría, en definitiva, de la existencia de economías de escala o de alcance ;

b) que la relación entre inputs de I+D y output de I+D, exhiba rendimientos constantes, y la complementariedad con otras actividades de la empresa disminuya a medida que aumenta el tamaño de la empresa (por la complejidad de la coordinación y gestión a medida que aumenta el tamaño, acompañada normalmente de una mayor burocratización y rigidez en la toma de decisiones). En este caso, la importancia relativa del output de las actividades de I+D dentro de la empresa disminuiría a medida que aumenta el tamaño. Las deseconomías de alcance aumentan a medida que aumenta la escala de la producción y de la investigación.

actividades de investigación y las de producción. Un ejemplo puede encontrarse en la misma Universidad, donde las actividades productivas son dos: docencia e investigación. No es difícil pensar que existen complementariedades entre la docencia de doctorado y la actividad investigadora. La docencia avanzada permite procesar detallada y sistemáticamente la 'nueva información' generada por otros investigadores, y promover la generación de nuevas ideas, además de ayudar a mantener las habilidades necesarias para desarrollar la actividad investigadora. Permite, asimismo, disponer de ayudantes de investigación, una mayor audiencia especializada que favorece la realización de seminarios, y compartir otros bienes públicos de capital (hemeroteca, apoyo informático). La tendencia de los institutos de investigación a ubicarse cerca de las universidades corrobora esta hipótesis.

c) Una tercera posibilidad es que el tamaño de la empresa sea simplemente un indicador de las actitudes frente al riesgo de la misma. Puede pensarse, en particular, que a medida que aumenta el tamaño de la empresa, se apuesta proporcionalmente menos en proyectos arriesgados, cual es el caso, en general, de los proyectos de I+D.

Por lo que se refiere a las variables sectoriales, la pertenencia al sector de la electrónica e informática y al sector de servicios aumenta el gasto en I+D tanto si las empresas reciben alguna forma de subvención pública como si no. Este resultado sugiere que la percepción de mayor oportunidad tecnológica conduce a las empresas a 'buscar' más.

Por otra parte, se observan divergencias interesantes en el papel que determinadas variables juegan en explicar las diferencias en el gasto de I+D entre los dos grupos de empresas. Primero, la presencia de capital público mayoritario ejerce una influencia positiva en el caso de las empresas que no reciben subvención. Este resultado puede reflejar una mayor concienciación y valoración en el sector público que en el privado de la importancia de las actividades de I+D. Las empresas con participación mayoritaria de capital extranjero no se comportan de manera significativamente distinta a las demás, tengan o no subvenciones públicas.

Segundo, la valoración que las empresas conceden a las actividades de I+D a corto plazo (ACORTO) contribuye a explicar las diferencias observadas en el gasto de las empresas que no reciben subvención, y no en el de las que las reciben. Recuérdese que esta variable binaria era una de las que afectaban la probabilidad de tener subvención. De ambos resultados puede concluirse que las actitudes de las empresas juegan un papel importante en emprender actividades de I+D, y que puede haber por lo tanto un lugar para políticas (tales como provisión de información) dirigidas a incidir sobre las actitudes. Debería investigarse también si dichas actitudes están asociadas a factores de carácter objetivo, como por ejemplo el grado de penetración de productos importados, la importancia de la I+D como variable estratégica, o el grado de oportunidad tecnológica.

Tercero, las estimaciones sugieren que las variables que reflejan la actitud estratégica de las empresas contribuyen a explicar diferencias en el gasto de I+D de las empresas, y que este papel puede ser distinto según las empresas reciban o no subvención. Los modelos teóricos predicen que el tipo de mercado, desde el punto de vista estratégico, en el que opera la empresa influirá en el esfuerzo en I+D, y desde esta perspectiva general, los resultados confirman la hipótesis teórica. Las que declaran tener una estrategia de precios que correspondería a la de un monopolista, tienden a gastar más en I+D que las restantes,

recibiendo todas subvención del CDTI. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que sólo para una empresa de este grupo la variable MONOP tiene un valor igual a 1, por lo que el coeficiente puede estar recogiendo la importancia de otros factores específicos de la empresa, no necesariamente relacionados con su comportamiento estratégico en el mercado. La otra variable estratégica, DCOURN, no es significativa. Entre las empresas que no tienen subvención, los resultados obtenidos varían según el número de observaciones utilizadas. Aunque la variable MONOP no lo es en ningún caso⁶, sí varía la significación de la variable DCOURN. Esta lo es si se utiliza la muestra 2. Este resultado estaría en la línea de que una estructura de mercado competitiva tiende a estimular el gasto en I+D. La disponibilidad de una subvención altera los resultados, ya que las empresas que declaran determinar cantidades de producción (DCOURN) no gastan en I+D ni más ni menos que las otras.

Cuarto, las empresas que reciben subvención del CDTI y declaran colaborar con empresas rivales, tienden a gastar más en I+D. Este resultado es coherente con el hecho de que, como se recordará, buena parte de las que están dispuestas a colaborar participan en un programa de la CE, y por tanto disponen de fondos adicionales.

⁶Esta variable sólo tiene un valor positivo para 3 observaciones de este subgrupo de empresas, por lo que el resultado puede no ser generalizable.

Quinto, la elasticidad del gasto de I+D con respecto al tamaño medido por el número de empleados es inferior a la unidad para los dos grupos de empresas. Sin embargo, dicha elasticidad es algo superior para las que reciben subvención. Una parte de este resultado puede ser debida a que las empresas de mayor tamaño que reciben subvención del CDTI también es probable que reciban subvenciones de otras fuentes, por ejemplo de la CE.

Sexto, un resultado interesante es que el volumen de exportaciones incide positivamente en el gasto de las empresas que no reciben subvención, mientras que no tiene importancia para las que sí reciben⁷. Si se considera aceptable interpretar que la presencia de una empresa en los mercados mundiales es un indicador no sólo de competitividad, sino del acceso que tiene una empresa a información específica sobre los mercados y tecnología mundiales, tenemos que se confirma la hipótesis de que esta presencia puede explicar, en parte, el comportamiento de las empresas en cuanto a I+D. Existe, potencialmente, un problema de simultaneidad o interrelación entre el esfuerzo en I+D y la capacidad exportadora, puesto que la actividad innovadora mejora la capacidad competitiva, y por tanto permite introducirse y mantenerse en los mercados mundiales. Sin embargo, los efectos que la I+D tiene

⁷En otros trabajos empíricos se obtiene una relación positiva entre volumen de exportaciones e I+D: véase Zif et al., y los trabajos citados en el mismo.

sobre las exportaciones se producen sin duda con un cierto desfase temporal.

Séptimo, la experiencia en I+D patentable en el pasado contribuye a explicar las diferencias en el gasto en I+D presente para las empresas que tienen subvención; no contribuye a explicarlas para las empresas que no tienen subvención.

En resumen, los resultados obtenidos muestran que los factores explican el gasto absoluto en I+D de las empresas no son los mismos, o no inciden de igual forma, según las empresas reciban o no financiación pública. Este resultado puede ser debido a que la cuantía de la financiación pública que reciben las empresas sea función de determinadas características (recogiendo, por tanto, criterios de asignación de la agencia pública). Como no tenemos datos individuales sobre la magnitud de la subvención recibida, no podemos comprobar este extremo.

Finalmente, si bien dos variables sectoriales (pertenencia al sector electrónico/informático, y al sector servicios) son significativas para los dos grupos de empresas, según las estimaciones realizadas, recibir subvención hace que además empresas que pertenecen a los sectores químico y bienes de capital realicen mayor esfuerzo en I+D.

¿Varían estos resultados si en vez de medir el esfuerzo en

I+D por el gasto, se mide por el personal destinado a actividades de I+D? Para comprobarlo, se ha realizado una estimación en la que la variable dependiente es el logaritmo del personal de I+D. Los resultados obtenidos para los dos grupos de empresas se muestran en la tabla 2.

La bondad del ajuste es muy similar a la obtenida con el gasto para los dos tipos de empresas, es decir que es superior para las que reciben financiación pública. Asimismo, tampoco se puede rechazar la hipótesis nula de que no se da un problema de selectividad. En la misma tabla aparecen los resultados de la estimación por mínimos cuadrados.

Para las empresas que reciben subvención del CDTI, las variables que explican las variaciones en el personal de I+D son las mismas que en el caso del gasto, a excepción de la presencia de colaboración (COLAB) y de capital extranjero mayoritario, que ahora no son significativas. Tamaño de la empresa, experiencia vinculada a patentabilidad de los resultados, y las variables sectoriales, continúan estando relacionadas con signo positivo con el esfuerzo en I+D. No lo está, aparentemente, la variable estratégica DCOURN.

Tabla 2

Esfuerzo absoluto en I+D: Personal de I+D

	Tienen CDTI		No tienen CDTI		
	Select.	MQO	Selectividad		MQO
C	-1.37	-0.81			
Expu					
Pubpu					
Acorto			0.79	0.67	0.72
Dcourn				-0.57	-0.57
Monop	1.48	1.58	1.50	1.62	1.56
Lemple	0.53	0.53	0.35	0.33	0.33
Ideariv					
Colab					
Lpatent	0.31	0.18			
Lexport			0.12	0.11	0.11
Oporq	1.04	0.83			
Opori	1.06	0.95	1.39	1.49	1.51
Oporc	0.91	0.84	1.14	0.93	0.94
Oporo	1.34	1.39			
Lambda					
σ_u	0.81	0.85	0.84	0.82	0.94
ρ_{uc}^2	0.66		0.02	0.02	
R^2	0.81	0.84	0.69	0.69	0.68
F	14.1	18.6	7.9	6.5	7.2
Chi-2	109	119	83	70	71
Obs	66	66	70	61	61
N total	136	127	136	127	127

Para aquellas empresas que no reciben subvención, se observan algunas diferencias entre los resultados correspondientes al gasto y los correspondientes al personal. En este último caso, dejan de ser significativas las variables PUBPU y OPORS. Por el contrario, son ahora significativas las variables OPORK⁸, lo que sugiere que en el sector de bienes de capital, las actividades de I+D son relativamente más intensivas en capital humano, y MONOP. Estas diferencias pueden ser debidas a que mientras que el gasto en I+D mide el esfuerzo total en I+D, el personal de I+D mide, y de forma imperfecta, el esfuerzo en recursos humanos, y las diferencias en la intensidad de utilización de cada uno de los inputs pueden explicar las diferencias observadas en las estimaciones.

2.2. Esfuerzo relativo.

Tanto el gasto en I+D como el personal de I+D son indicadores del esfuerzo en I+D que realiza una empresa en términos absolutos. Una medida de la importancia relativa de las actividades de I+D dentro del conjunto de actividades productivas de la empresa, o **esfuerzo relativo en I+D**, en recursos humanos, nos la puede dar el

⁸Se producen algunas diferencias según se mantengan o no en la muestra las empresas que declaran haber solicitado y no obtenido subvención del CDTI. Estas diferencias afectan las variables DCOURN y MONOP, tal como puede verse en la tabla 8.

porcentaje de personal dedicado a I+D en relación al personal total de la empresa⁹.

En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos para los dos tipos de empresas, cuando la variable dependiente es el cociente entre el personal de I+D y el empleo total.

La interpretación de dichos resultados se pueden resumir en los puntos siguientes:

1. La capacidad explicativa de las variables consideradas es inferior, en este caso, a la que se obtenía en las ecuaciones de esfuerzo absoluto, especialmente para las empresas que reciben subvención. A pesar de ello, es considerable, dado que se utilizan datos de corte transversal.

⁹La medida clásica es el cociente entre el gasto de I+D y las ventas de la empresa. Sin embargo, dado que en los datos utilizados en esta investigación la magnitud de las ventas está medida con error, se ha preferido no utilizar este cociente.

Tabla 3

Personal de I+D / Empleo total		
	Tienen CDTI	No tienen CDTI*
C	39.32	28.14
Expu		
Pubpu		
Acorto		
Dcournot		
Monop	69.48	17.07
Lemple	- 6.08	-4.64
Ideariv	- 8.95	
Colab		
Lpatent		
Lexport		0.83
Oporq		
Opori		10.55
Opork	14.16	
Opors		
Lambda		
σ_u	15.5	6.7
ρ^2	0.32	0.14
R^2	0.58	0.62
F	4.6	4.9
Chi	57.2	59.4
Obs	66	61
N total	136	127

Nota: Se presentan los resultados obtenidos con la muestra 2 porque con la muestra 1 la estimación de ρ se halla fuera del intervalo admisible.

2. Las diferencias en el esfuerzo relativo en recursos humanos realizado por las empresas que reciben subvención del CDTI son atribuibles, en parte, a diferencias en el tamaño. Cuanto mayor es éste, menor es el esfuerzo relativo, siendo este resultado consistente con el signo y la magnitud del coeficiente correspondiente al tamaño en la ecuación de personal de I+D. Un cambio interesante en relación a los resultados para el esfuerzo absoluto es que la variable IDEARIV es significativa, y su signo negativo, sugiriendo posiblemente que la presencia de externalidades 'ahorra' esfuerzo de I+D. Finalmente, de las variables sectoriales, sólo una es significativa, y ésta es la pertenencia al sector de bienes de equipo, pudiendo ello ser un reflejo de que el 'proceso de búsqueda' de innovaciones es más intensivo en trabajo en este sector.

3. Para las empresas que no reciben subvención del CDTI, también el tamaño está inversamente relacionado con el esfuerzo relativo. La variable IDEARIV no explica las diferencias inter-empresariales en este caso, pero sí lo hace la magnitud de las exportaciones. Las empresas de los sectores electrónica-informática y de bienes de equipo utilizan en promedio más personal de I+D que en otros tipos de empresas; sin embargo, en términos relativos esto sólo ocurre entre las empresas que pertenecen al primero de estos sectores, sugiriendo que la importancia de las actividades de I+D es superior a la media en el

sector de la electrónica e informática.

2.3. Impacto de la participación en programas públicos de I+D sobre el esfuerzo realizado por las empresas.

Puede hablarse del impacto de la participación en programas públicos de I+D, en dos sentidos. La participación puede cambiar las variables que inciden en el esfuerzo (absoluto o relativo), y puede alterar la magnitud del esfuerzo que hubieran realizado las empresas participantes de no haber recibido financiación pública. La disponibilidad de financiación pública puede tener ambos efectos o sólo uno de ellos.

Con respecto al primer punto, los resultados comentados en los apartados anteriores muestran que la participación altera la forma en que determinadas variables inciden en el esfuerzo en I+D, sea éste medido por el gasto o por el personal relacionado con actividades de I+D. Dicha alteración puede ser resultado de las decisiones intencionadas de la agencia pública, o bien pueden ocurrir de forma no intencionada.

Tanto para las empresas que tienen financiación del CDTI como para las que no, el tamaño y la pertenencia al sector electrónica / informática contribuyen a explicar diferencias en el esfuerzo absoluto en I+D, bien sea éste medido por el gasto

como por el personal. Sin embargo, la intensidad con la que estas variables inciden no es la misma para los dos grupos de empresas.

En ausencia de financiación del CDTI, las variables que, según los resultados obtenidos, contribuyen a explicar las diferencias en el esfuerzo absoluto en I+D realizado por las empresas son su valoración u opinión sobre la importancia de la I+D, la importancia de la exportación, y el tipo de estrategia de mercado seguida por la empresa. La variable ACORTO refleja las creencias o actitud de la empresa con respecto a la I+D; las exportaciones, reflejan la presencia en los mercados mundiales, la importancia de la misma, y también el grado de información que tiene la empresa sobre la competencia en el sector a nivel mundial. Por tanto, ambas variables conjuntamente, sugieren que diferencias en la intensidad del esfuerzo en I+D está relacionada con las actitudes de las propias empresas, es decir, con factores subjetivos. Este tipo de variables deja de ser relevantes para las empresas que sí reciben financiación del CDTI.

Con respecto al impacto que tiene la obtención de financiación a través del CDTI sobre el esfuerzo de las empresas, en promedio, las estimaciones mostradas en las tablas permiten calcular, para cada empresa que la recibe, el gasto en I+D que hubiera realizado (o el personal de I+D que hubiera empleado) en caso contrario. La diferencia entre el gasto estimado de no

haber recibido financiación (que denominaremos **gasto estimado privado**, GEP) y el observado puede ser positiva, negativa o nula. Si ambos gastos son iguales, podemos concluir que la financiación pública simplemente ha sustituido a la privada, y que esta última se hubiera realizado igualmente. Por tanto, podríamos decir que se ha producido un '**efecto-expulsion total**', y que el programa de I+D no genera esfuerzo adicional. El proyecto de I+D se hubiera llevado a cabo igualmente. Que el gasto estimado privado sea superior al observado no tiene, aparentemente, mucho sentido: ¿por qué habría de hacer una empresa mayor esfuerzo de no haber recibido financiación pública ? Finalmente, si el gasto estimado privado es inferior al observado, podemos decir que la financiación pública ha inducido un mayor esfuerzo en I+D por parte de la empresa: ésta por sí sola no hubiera llevado a cabo exactamente el mismo proyecto.

A la diferencia entre el gasto estimado privado y el total observado llamémosla **gasto adicional** (GA), y a la financiación pública realmente recibida, **gasto público** (GP). Suponiendo que GA es mayor o igual que cero, pueden ocurrir tres cosas:

- a) que $GA > GP$, en cuyo caso podemos decir que la financiación pública ha estimulado o inducido más gasto privado;
- b) que $GA = GP$, en cuyo caso la financiación pública aunque

se traduce en mayor esfuerzo en I+D, no genera gasto privado adicional;

c) que $GA < GP$, en cuyo caso la financiación pública expulsa parcialmente gasto privado ¹⁰.

No disponemos, para las empresas de la muestra, de información sobre el volumen de financiación pública recibida, y por tanto no podemos evaluar si se producen o no efectos de expulsión parcial. Sin embargo, sí hemos obtenido el gasto estimado privado, y por tanto se puede calcular el gasto adicional, GA, que es simplemente la diferencia entre el total observado y el gasto estimado privado. Los mismos cálculos pueden realizarse con el personal ocupado en actividades de I+D. Por tanto, podemos, en principio, extraer conclusiones acerca de si se han producido efectos de expulsión total para cada empresa de la muestra.

Sin embargo, antes de exponer los resultados obtenidos, debe recordarse que la bondad de ajuste de los modelos estimados es satisfactoria en el sentido de que las variables incluidas explican buena parte de la variabilidad observada. No obstante, si el modelo se desea utilizar con fines predictivos, y no sólo para

¹⁰ Nótese que aunque se produzca un efecto expulsión, puede ser deseable subvencionar a las empresas, en la medida en que éstas posean mejor información para, por ejemplo, escoger entre distintos proyectos potenciales.

el contraste de hipótesis, es deseable disponer de una estimación cuya bondad de ajuste sea más elevada, a fin de que la varianza del error de predicción sea pequeña. En nuestro caso, las estimaciones de las ecuaciones de esfuerzo para las empresas que no reciben financiación pública, cuyos coeficientes son utilizados para estimar el gasto privado de las que sí reciben, son claramente mejorables, y su utilización puede conducir a errores de predicción individuales importantes.

Debido a ello, y a que no se han podido tener en cuenta explícitamente los efectos de disponer o no de otras ayudas, entre ellas las de la CE, se renuncia aquí a realizar una estimación individualizada del esfuerzo que hipotéticamente hubiera realizado cada empresa de no disponer de financiación vía CDTI. Sin embargo, como indicador aproximado, y a título ilustrativo, podemos utilizar los resultados obtenidos para todas las empresas conjuntamente. Utilizando las estimaciones obtenidas por mínimos cuadrados mostrados en las tablas 1 y 2, obtenemos que, en el caso del gasto, la suma que conjuntamente las empresas participantes hubieran gastado sin financiación del CDTI es de 23.940 millones, aproximadamente el 85 % del total observado, que es de 27.524,7 millones de ptas. Por lo que se refiere al personal empleado en actividades de I+D, el total observado es de 4067, mientras que de no haber recibido financiación del CDTI hubieran empleado 3.210 personas, es decir, el 78 %.

Con estos resultados, podemos decir únicamente que, para las empresas de la muestra analizada, la financiación obtenida a través del CDTI ha estimulado un mayor esfuerzo en I+D, y podemos rechazar, en principio, la hipótesis de un efecto-expulsión total, o desviación de fondos privados en igual magnitud que la financiación pública recibida.

Al no disponer de la cuantía de financiación pública recibida por cada empresa, no es posible obtener una estimación de la magnitud de los efectos de inducción de gasto privado o de sustitución parcial del mismo, y por ello no se puede hacer una comparación completa entre los resultados obtenidos en esta investigación y los obtenidos por Lichtenberg (1987 y 1988)¹¹. Sin embargo, sí se puede decir que no se ha hallado evidencia de que un incremento de 1\$ en la financiación pública provoque una reducción de la privada de magnitud igual o superior, al contrario que Lichtenberg, quien encuentra que determinadas formas de financiación de las actividades de I+D producen dicho efecto.

¹¹En el primero de los dos trabajos, se concluye que no se puede rechazar la hipótesis de la financiación pública no induce mayor gasto privado. En el segundo, en el que el autor distingue entre la financiación de I+D conseguida por concurso de la conseguida sin concurso, se concluye que la primera ni induce mayor gasto privado ni lo desplaza, mientras que la segunda lo desplaza (un incremento de 1\$ público reduce en 2\$ el gasto privado). El efecto neto que se observa, sin distinguir entre los dos tipos, es el de desplazamiento (un incremento en 1\$ público reduce el gasto privado en 0,48\$ o 0,93\$, según la estimación. En cambio, las compras que efectúa el Estado, obtenidas por concurso, ejercen un efecto inductor, es decir, generan esfuerzo privado adicional.

3. Características de los proyectos de I+D.

Las actividades de I+D son heterogéneas en diversos sentidos: en el del objetivo que persiguen (innovaciones de proceso o de producto), en cómo pretenden conseguir dicho objetivo (mediante la generación de conocimientos básicos o aplicados, o no), y en el horizonte temporal de los proyectos (pueden o no fijarse objetivos a largo plazo). El objetivo del análisis empírico que se describe a continuación es verificar si existe alguna relación entre ciertas características de las empresas y sus decisiones relativas a los proyectos de I+D.

3.1. 'Intensidad de capital' del proceso de I+D.

El cociente entre el gasto realizado en I+D y el personal dedicado a esta actividades puede interpretarse como un indicador de la intensidad de capital (físico y humano) incorporado en cada persona asociada al proceso de I+D. ¿Podemos atribuir las diferencias observadas a este respecto entre las empresas de la muestra a algunas de las variables de las que disponemos? Para contestar esta pregunta se han realizado unas estimaciones para los dos tipos de empresas, siendo la variable dependiente el cociente mencionado. Las variables explicativas son las mismas que en los modelos anteriores. Lo que a priori parece lógico esperar

es que, dado un cierto 'producto', la intensidad de capital sea función no tanto de factores específicos de cada empresa, sino de factores comunes a las empresas que investigan en un área similar. Por ello, se espera que las variables sectoriales sean significativas. Sin embargo, como el 'producto' que se busca no es homogéneo, ni predeterminado, puede esperarse que tengan influencia factores específicos a nivel de empresa. Los resultados aparecen en la tabla 4.

Las observaciones que se desprenden de la estimación son las siguientes:

1. Ninguna de las variables explicativas incluidas, a excepción de la presencia de capital extranjero mayoritario, es capaz de explicar las diferencias observadas entre las empresas que reciben subvención.

2. Para las empresas que no disponen de subvención, las variables incluidas tienen mayor poder explicativo, aunque la importancia de algunas varía en función de la muestra utilizada, tal como puede observarse en la segunda y tercera columnas de la tabla. El tamaño de la empresa y la presencia de capital público influyen positivamente, en cualquier caso, en el gasto por persona dedicada a actividades de I+D. Esto se puede interpretar como que las empresas grandes, así como las empresas públicas, tienden a utilizar bien personal de I+D más especializado, con más formación

y por tanto más 'caro' que las restantes, o bien capital físico para I+D más sofisticado, o bien ambas cosas.

De las variables sectoriales, la pertenencia al sector servicios está asociada a una mayor intensidad de capital¹². Finalmente, una de las variables estratégicas, DCOURN, es significativa (si se utiliza la muestra 2), sugiriendo que la conducta de la empresa en el mercado del producto puede incidir en el proceso de búsqueda. Una posible explicación de este resultado sería que el tipo de mercado incide sobre el tipo de proyectos de I+D que emprende la empresa (proceso o producto, horizonte temporal, etc.), y, a través de esta variable, sobre la 'intensidad' de capital. Sin embargo, a tenor de los resultados que a continuación se comentan, esta no parece una hipótesis plausible en este caso.

¹²Sin embargo, para establecer conclusiones robustas sería deseable disponer de mayor desagregación sectorial de las áreas de investigación, tanto para explicar la intensidad de capital del proceso de I+D como para explicar el resto de características del mismo que se describen en los apartados siguientes.

Tabla 4

Gasto de I+D / Personal de I+D

	Tienen CDTI	No tienen CDTI	
C			
Expu	8.24		
Pubpu		8.96	10.7
Acorto			
Dcournot			3.9
Monop			
Lemple		0.88	1.2
Ideariv			
Colab			
Lpatent			
Lexport			
Oporq			
Opori			
Opork		-4.66	
Opors		13.09	14.6
Lambda			
σ_u	5.5	6.6	6.9
ρ^2	0.05	0.12	0.3
R^2	0.25	0.44	0.51
F	1.13*	2.8	3.2
Chi	19.3	40.6	43.9
Obs	66	70	61
N total	136	136	127

3.2. ¿Qué tipo de empresas buscan innovaciones de proceso ?

En la presentación de los resultados de la encuesta, realizada en el capítulo IV, se había puesto de manifiesto que la mayoría de las empresas declaran que sus proyectos de investigación tienen como objetivo introducir innovaciones de producto, bien sea introduciendo nuevos productos, o bien mejorando las características de los existentes. Inferior era el número de empresas que perseguían reducir costes mediante sus actividades de I+D. ¿Puede asociarse la decisión de reducir costes mediante la investigación a determinadas características individuales de una empresa ? ¿Es independiente esta decisión de recibir o no una subvención del CDTI ? Para investigar estas cuestiones, se estima el siguiente modelo:

$$Y_1^* = \beta_1' x_1 + \varepsilon_1$$

$$Y_2^* = \beta_2' x_2 + \varepsilon_2$$

donde las variables Y_1^* son unos índices no observables que reflejan la propensión a tener una subvención del CDTI, y la propensión a realizar I+D para reducir costes. Observamos sólo el signo de ambas variables, es decir, un indicador binario. Los términos aleatorios ε_1 tienen una función de distribución normal, con correlación ρ .

La decisión de realizar actividades de I+D con el objetivo de

conseguir una innovación de proceso puede estar relacionada con los siguientes factores. Con el tipo de mercado en el que se halle la empresa, puesto que puede pensarse que en mercados de competencia monopolística se tenderá a introducir nuevos productos (o variaciones importantes de los existentes) más que nuevos procesos; por el contrario, en mercados caracterizados por productos homogéneos y en los que las empresas compiten en precios, cabe esperar que las actividades de I+D se orienten a producir innovaciones de proceso. En la medida en que una empresa esté diversificada y esté presente en diversos tipos de mercados, sus actividades de I+D estarán orientadas a ambos objetivos. Con la oportunidad tecnológica, que determina los costes de la búsqueda en ambas direcciones; con la presencia de externalidades, puesto que puede resultar más fácil patentar innovaciones de producto que de proceso. Con el tipo de productos que produce la empresa, en el sentido de que se trate de bienes de consumo o de capital, siendo plausible que se tienda más a buscar innovaciones de proceso en este último caso ¹³; también puede influir la medida en que una empresa produzca sus propios bienes de capital, es decir, de alguna manera, su grado de integración vertical.

¹³Uno de los pocos estudios empíricos en los que se plantea un contraste sobre posibles factores determinantes de la realización de innovaciones de proceso o de producto es el de Lunn (1986), en el que aunque las observaciones no son empresas individuales sino sectores, el nivel de desagregación es elevado. Según los resultados del estudio, el grado de concentración del mercado afecta positivamente las innovaciones de proceso en sectores con poca oportunidad tecnológica, pero no en los demás ni tampoco en el caso de las innovaciones de producto. El volumen de ventas afecta positivamente en todos los casos.

Desafortunadamente, no disponemos de información sobre estos dos últimos aspectos para las empresas de la muestra.

Los resultados de la estimación del modelo probit bivariante se muestran en la tabla 5. Se han realizado algunas otras estimaciones, sustituyendo la variable sectorial OPORE por OPORK, sustituyendo el tamaño medido por las ventas por el tamaño medido por el empleo, e introduciendo un indicador de la intensidad de capital (LINVEMP, o logaritmo de la inversión por empleado). Los resultados obtenidos no difieren cualitativamente.

Podemos observar, en primer lugar, que la correlación estimada entre los términos aleatorios de las dos ecuaciones del modelo no es significativamente distinta de 0, por lo que no podemos rechazar la hipótesis de que la probabilidad de que una empresa busque mejoras de proceso sea independiente de la probabilidad de que tenga una subvención, dadas las características observadas de la empresa.

En segundo lugar, la decisión de una empresa con respecto al tipo de proyecto parece estar determinada fundamentalmente por el tamaño de la empresa y por el sector al que pertenezca. Según las estimaciones, la pertenencia al sector de la electrónica/informática y al sector servicios reduce la probabilidad de que una empresa busque innovaciones de proceso.

Tabla 5

¿Que tipo de empresas buscan innovaciones de proceso ?

FIML Estimates of Bivariate Probit Model

Proceso	Coefficient	Std. Error	T-ratio	Probit:z
ONE	-1.03758	.645631	-1.607	.10804
EXPU	-.270947	.351568	-.771	.44090
PUBPU	.357455	.434080	.823	.41024
ACORTO	-.412615	.280911	-1.469	.14188
IRIVALL	.140711	.324412	.434	.66448
IDEARIV	.582701	.313584	1.858	.06314
DCOURN	.111668	.335335	.333	.73913
MONOP	-.407885E-01	1.15676	-.035	.97187
LEDAD	-.242716E-01	.203190	-.119	.90492
LTVENTS	.149636	.791068E-01	1.892	.05855
OPORQ	-.442237	.371449	-1.191	.23382
OPORI	-.957716	.365322	-2.622	.00875
OPORE	.102202	.497358	.205	.83719
OPORS	-1.52583	.705205	-2.164	.03049
Tener CDTI				
ONE	-.873162	.662184	-1.319	.18730
EXPU	-1.51030	.408649	-3.696	.00022
PUBPU	.792549	.525736	1.508	.13168
LPATENT	.327277	.155904	2.099	.03580
ACORTO	.869693	.341704	2.545	.01092
IRIVALL	.601957	.409060	1.472	.14114
LEDAD	.544541	.250007	2.178	.02940
LTVENTS	-.226994	.791251E-01	-2.869	.00412
DEMANA	.724999	.394890	1.836	.06636
RHO(1,2)	-.136618	.227261	-.601	.54774
Log-Likelihood.....			-126.13	

Proceso	Predicción Tienen CDTI		
	0	1	TOTAL
	0	28 (22)	36 (40)
1	34 (36)	30 (30)	64 (66)
TOTAL	62 (58)	66 (70)	128 (128)

A su vez, el tamaño de la empresa influye positivamente en la probabilidad de que se busquen mejoras de proceso. Una posible explicación es que el tamaño puede estar asociado a la amplitud de las actividades productivas llevadas a cabo en la empresa (con el grado de diversificación y de integración vertical). Cuanto mayor sea el número de las mismas, es posible que ello conduzca a un mayor conocimiento técnico asociado a las diversas etapas de un proceso productivo, y por tanto, pueda facilitar la producción de ideas para mejorarlo. Sin embargo, también es posible que el tamaño esté simplemente correlacionado con otras variables no observables (tales como liquidez, actitud frente al riesgo) y que por tanto su coeficiente recoja los efectos de estas últimas, en el supuesto de que los dos tipos de objetivos diferieran en cuanto a coste o riesgo.

Las empresas que conceden importancia a lo que hacen las empresas rivales, en concreto, que contemplan el análisis de sus productos como fuente de ideas (IDEARIV), tienen mayor probabilidad de realizar innovaciones de proceso.

Finalmente, debe observarse que ninguna de las variables binarias asociadas a la estrategia de mercado es significativa.

3.3. Tipo de proyecto: investigación básica-aplicada vs desarrollo.

¿Cuáles son los factores que incitan a las empresas a emprender actividades propiamente de investigación ? ¿Puede presumirse realizar actividades de desarrollo versus investigación básica o aplicada responde a procesos fundamentalmente distintos y, que, por tanto, las políticas públicas deben clarificar sus objetivos a este respecto, y articular distintos tipos de instrumentos ? Aceptar la aunque simple, útil hipótesis de que el objetivo de una empresa es realizar aquellas actividades que le permitan obtener el máximo beneficio, conduce a concluir que la obtención de conocimientos técnicos y/o científicos no es un fin en sí misma, sino sólo un instrumento para la producción de un artículo o servicio vendible. Un proyecto de I+D contemplará la obtención de nuevos conocimientos básicos o aplicados en la medida en que se hayan 'agotado' las posibilidades de explotar la base existente para realizar mejoras o cambios sustanciales en el proceso productivo o en el producto. Al mismo tiempo, se escogerá entre diversos proyectos que impliquen la generación de nuevos conocimientos fundamentales o aplicados en función de su rentabilidad. En esencia, pues, no parece que el objetivo último de las actividades de investigación (el por qué se 'busca') tenga que ser distinto del que afecta las actividades de desarrollo. Sin embargo, objetivo de generar un nuevo producto comercializable (o un nuevo proceso) puede ser o no ser posible a partir del stock de conocimiento común o existente, sin generación adicional de

conocimientos básicos o aplicados.

Prácticamente todas las empresas de la muestra de que disponemos declara realizar actividades de desarrollo, lo que podemos interpretar como que todas pretenden obtener bien un producto comercializable, bien un proceso aplicable. La mayoría realizan al mismo tiempo actividades clasificables como investigación básica o aplicada (101 empresas de 146 que queda en la muestra tras eliminar algunas por no haber contestado algunas de las preguntas importantes). Sin embargo, 45 empresas declaran que sus proyectos son exclusivamente de desarrollo. ¿Cómo se puede explicar que algunas empresas sólo 'hagan desarrollo', o lo que es lo mismo, por qué la mayoría de las empresas de la muestra hacen 'investigación', además de desarrollo ?

En el Capítulo I se había caracterizado la generación de innovaciones como el resultado de un proceso de búsqueda, cuyos costes y riesgos dependen de lo que hemos denominado 'oportunidad tecnológica'¹⁴. En la medida en que ésta varía para cada área del saber técnico-científico, esperaríamos que las variables sectoriales, en la medida en que, muy imperfectamente, recogen estas diferencias, jugaran un papel importante como variable

¹⁴Recuérdese que 'oportunidad tecnológica' se puede interpretar como un concepto que resume las características de la 'función de producción' de conocimientos técnicos o científicos: elasticidad del 'output' con respecto a los 'inputs', rendimientos a escala, y características de la función de distribución de probabilidad del factor aleatorio.

explicativa de las diferencia de comportamiento de las empresas. Al mismo tiempo, éstas pueden plantearse proyectos más o menos ambiciosos y arriesgados, por lo que características específicas de la empresa, y no sólo del sector, pueden influir en la decisión.

Se dispone, para cada empresa, de la desagregación del gasto total en I+D en las tres categorías de básica, aplicada y desarrollo, según la definición dada en el capítulo IV. Por ello podemos plantear un modelo mediante el cual analizar la relación entre el porcentaje de gasto dedicado a las dos primeras categorías y el conjunto de características observadas de la empresa. Se distingue entre dos tipos de empresas, según reciban o no fondos del CDTI, por lo que la estimación se realiza controlando por la selectividad de la muestra. En la tabla 6 se presentan los resultados obtenidos con la muestra total de 128 observaciones¹⁵.

¹⁵Los resultados son algo distintos si se utilizan 136, lo que supone la inclusión de las empresas que dicen haber solicitado pero no obtenido financiación de la CE.

Tabla 6

Importancia relativa de la investigación fundamental y aplicada

Empresas con subvención CDTI

Variable	Coefficient	Std. Error	T-ratio	Prob: t ≥x
ONE	-1.13164	28.6342	-.040	.96848
EXPU	-11.8128	18.3641	-.643	.52006
PUBPU	18.4764	14.4256	1.281	.20026
ACORTO	9.12164	10.8065	.844	.39862
IRIVALL	26.0524	10.0735	2.586	.00970
IDEARIV	-12.1525	8.46933	-1.435	.15132
DCOURN	3.81557	8.89387	.429	.66792
MONOP	4.02049	34.2925	.117	.90667
LEDAD	13.3658	7.11358	1.879	.06026
LTVENTS	-2.72590	2.46344	-1.107	.26849
OPORQ	35.9207	10.9755	3.273	.00106
OPORI	-3.35503	11.6144	-.289	.77268
OPORE	.579860	12.8487	.045	.96400
OPORS	-19.7195	16.8263	-1.172	.24122
LAMBDA	-3.77394	17.1214	-.220	.82554

$R^2 = .42$; $F_2 = 2.7$; $N = 66$
 $\sigma_u^2 = 28.8$; $\rho^2 = .02$

Empresas sin subvención del CDTI

Variable	Coefficient	Std. Error	T-ratio	Prob: t ≥x
ONE	27.6421	25.4011	1.088	.27650
EXPU	-10.2232	22.2326	-.460	.64564
PUBPU	-9.35004	19.9115	-.470	.63866
ACORTO	9.58799	17.0056	.564	.57288
IRIVALL	-7.91888	16.7617	-.472	.63661
IDEARIV	-14.9166	10.5615	-1.412	.15785
DCOURN	-18.7293	13.0051	-1.440	.14982
MONOP	-.541620	26.1210	-.021	.98346
LEDAD	.405435	8.71434	.047	.96289
LTVENTS	3.73881	3.73701	1.000	.31708
OPORQ	8.28606	16.2385	.510	.60986
OPORI	13.5084	17.3869	.777	.43720
OPORE	-43.4847	19.6004	-2.219	.02652
OPORS	6.36346	16.5846	.384	.70120
LAMBDA	-5.82018	26.7433	-.218	.82772

$R^2 = 0.21$; $F_2 = 0.9$; $N = 62$
 $\sigma_u^2 = 37.2$; $\rho^2 = .02$

Observamos que las variables incluidas en el modelo pueden explicar un porcentaje moderado (un 42 %) de la variabilidad del gasto en investigación fundamental y aplicada para el grupo de empresas que reciben subvención del CDTI. Tres son las variables significativas, y todas ellas con signo positivo: la actitud ante las actividades de I+D de empresas rivales (IRIVALL), la edad de la empresa (LEDAD), y la pertenencia al sector químico-farmacéutico (OPORQ)¹⁶.

Es interesante que no sea significativo el tamaño de la empresa, sino la edad de la misma, sugiriendo que lo que cuenta es la experiencia global, o conocimiento acumulado por la práctica en el conjunto de actividades de la empresa, lo que incide sobre su valoración y esfuerzo propiamente investigador. No son significativas tampoco las variables binarias asociadas a la estrategia de mercado, ni a la composición del capital.

Finalmente, ninguna de las variables independientes consideradas permite explicar la variabilidad en investigación básica y aplicada existente entre las empresas sin subvención.

¹⁶Debe advertirse que si se sustituye el volumen de ventas por el empleo, la única variable significativa es la pertenencia al sector químico.

Los resultados que se acaban de exponer se obtienen al pretender explicar las diferencias interempresariales en el porcentaje o esfuerzo relativo en 'investigación'. Sin embargo, también puede ser interesante distinguir entre las empresas simplemente en función de que hagan o no investigación, porque pueden ser distintos los factores que inciden en el gasto, de los que inciden en la decisión de hacer o no hacer. De hecho, los resultados presentados en la tabla 7 así lo confirman¹⁷. Por un lado, la edad de la empresa y el volumen de empleo aumentan la probabilidad de que una empresa dedique recursos a la investigación fundamental o aplicada. Dicha probabilidad se reduce si el capital extranjero es mayoritario (lo que podría ser resultado de la especialización de las actividades de I+D a nivel internacional), si los productos o patentes de empresas rivales constituyen una fuente de ideas para la propia actividad de I+D (lo que se puede interpretar como facilidad de imitación), o si la empresa pertenece al sector de bienes de capital.

¹⁷Se ha planteado un modelo probit bivariante para estimar la probabilidad conjunta de recibir fondos del CDTI y realizar investigación básica o aplicada.

Tabla 7

Realizar o no investigación fundamental o aplicada

Maximum Likelihood Estimates
 Variable Coefficient Std. Error T-ratio Prob>|z|

Tener CDTI

ONE	-.618234	.546654	-1.131	.25808
EXPU	-1.41339	.361798	-3.907	.00009
LPATENT	.381615	.129443	2.948	.00320
ACORTO	.698538	.286159	2.441	.01464
IRIVALL	.136973	.310010	.442	.65861
LEDAD	.484368	.205496	2.357	.01842
LTVENTS	-.196695	.645076E-01	-3.049	.00229
DEMANA	.728335	.319207	2.282	.02251

Realizar I+D fundamental o aplicada

ONE	-.862441	.504656	-1.709	.08746
EXPU	-.645952	.372616	-1.734	.08300
PUBPU	-.375640	.430681	-.872	.38310
LPATENT	.467760E-01	.114458	.409	.68278
IRIVALL	-.655882E-02	.294971	-.022	.98226
IDEARIV	-.518940	.305312	-1.700	.08919
DCOURN	-.533293E-01	.296549	-.180	.85728
MONOP	.905259	1.03299	.876	.38084
LEDAD	.340827	.194334	1.754	.07946
LEMPLE	.164633	.946115E-01	1.740	.08184
OPORQ	.573397	.430715	1.331	.18310
OPORI	-.249432E-02	.359807	-.007	.99447
OPORK	-.782736	.387822	-2.018	.04356
OPORS	-.628414	.467365	-1.345	.17876
RHO(1,2)	.233855	.205094	1.140	.25419

Log-Likelihood -140.26
 Num. observaciones

Puede ser más fácil hacer la lectura de los resultados a la inversa: tienden a realizar actividades de I+D exclusivamente de desarrollo empresas jóvenes y/o pequeñas, y/o con participación mayoritaria de capital extranjero, en el sector de bienes de capital, o que 'aprenden' de los productos de empresas rivales ¹⁸.

La diferencia entre los resultados obtenidos en las dos estimaciones se centra fundamentalmente en las variables sectoriales: aunque las empresas del sector químico- farmacéutico gastan más en promedio, en términos relativos, que las demás, la probabilidad de hacer o no investigación fundamental o aplicada no es superior para las empresas de este sector. En cambio, vemos que la pertenencia al sector de bienes de capital reduce dicha probabilidad.

3.4. Horizonte temporal de los proyectos.

Prácticamente todas las empresas de la muestra declaran tener proyectos cuyos resultados puedan ser implantados antes de 5 años, y por el contrario, relativamente pocas declararon tener proyectos

¹⁸Una medida de la capacidad predictiva del modelo nos la da el porcentaje de observaciones clasificadas correctamente. La estimación de un modelo probit univariante de la probabilidad de realizar investigación aplicada, utilizando la muestra de 134 observaciones, conduce a una predicción correcta en un 75 % de los casos; pero este porcentaje se reduce a un 43 % para las empresas que no hacen I+D fundamental o aplicada.

cuyo horizonte se extendiera más allá de 5 años. ¿Por qué puede ser importante, desde una perspectiva económica, el horizonte de los proyectos de I+D, y cuáles son los factores que pueden incidir en el mismo ? Empezando por la segunda parte de la pregunta, se pueden avanzar hipótesis. Algunos factores que pueden favorecer que una empresa tenga proyectos de I+D a largo plazo son: las expectativas respecto a la estabilidad de la propia empresa y el grado de aversión al riesgo (posiblemente ambos correlacionados con el tamaño); la importancia de la I+D como variable estratégica, en tanto que mantener la posición en el mercado exige adelantarse a los competidores potenciales; la importancia de la presencia en el mercado mundial, y en el doméstico (cuota de mercado); y el grado de oportunidad tecnológica.

El número de empresas que declararon tener proyectos con resultados implantables a largo plazo (horizonte superior a años) es de 33 entre 136, lo que permite abordar la estimación de un modelo para contrastar si existe alguna relación entre la respuesta dada y algunas características de las empresas. Para ello, se estima conjuntamente la probabilidad de que una empresa reciba financiación del CDTI y tenga proyectos a largo plazo, mediante la especificación de un modelo probit bivariante.

Tanto si se excluyen de la muestra las empresas que declararon haber solicitado pero no obtenido financiación pública, los resultados obtenidos son los mismos, y se muestran en las

tablas 8 y 9. En la primera se presenta la estimación de un modelo probit univariante, y en la segunda la de un modelo probit bivariante.

La capacidad predictiva del modelo es bastante débil, atendiendo al porcentaje de predicciones correctas, comparado con las que produciría un modelo sin variables explicativas. A pesar de ello, el coeficiente correspondiente a algunas de ellas es significativamente distinto de 0. Se trata del tamaño de la empresa medido por el empleo, la importancia de lo que hacen las empresas rivales, y la pertenencia al sector de bienes de capital.

Tabla 8
Probabilidad de tener proyectos a largo plazo
Modelo probit univariante

Maximum Likelihood Estimates

Variable	Coefficient	Std. Error	T-ratio	Prob: t >=x	Mean of X
ONE	-3.75694	.902328	-4.164	.00003	1.00000
EXPU	-.472022	.336883	-1.401	.16117	.25735
PUBPU	-.826162E-01	.476750	-.173	.86242	.14706
ACORTO	.284458	.303420	.938	.34850	.55147
IRIVALL	.450809	.367398	1.227	.21981	.56618
IDEARIV	-.720778	.327116	-2.203	.02756	.62500
DCOURN	.269998	.371032	.728	.46680	.26471
MONOP	.868092E-01	1.02802	.084	.93270	.02941
LEDAD	-.217860E-01	.204172	-.107	.91502	3.11293
LEMPLE	.512989	.127130	4.035	.00005	5.78050
OPORQ	.438468	.363469	1.206	.22769	.20588
OPORI	.146526E-01	.417800	.035	.97202	.17647
OPORK	-1.03734	.631347	-1.643	.10037	.09559
OPORS	-.984341	.629347	-1.564	.11780	.08824
Log-Likelihood.....			-55.349		
Restricted (Slopes=0) Log-L.			-75.359		
Chi-Squared (13).....			40.020		
Significance Level.....			.13722E-03		

Frequencies of actual & predicted outcomes
 Predicted outcome has maximum probability.

		Predicted	
Actual	TOTAL	0	1
TOTAL	136	113	23
0	103	93	10
1	33	20	13

Tabla 9
Probabilidad de tener proyectos a largo plazo
Modelo Probit Bivariante
Maximum Likelihood Estimates

Variable	Coefficient	Std. Error	T-ratio	Prob: t >x	Mean of X
ONE	-3.71594	1.26798	-2.931	.00338	1.00000
EXPU	-.501038	.377217	-1.328	.18410	.25735
PUBPU	-.128653	.596938	-.216	.82936	.14706
ACORTO	.318484	.372591	.855	.39267	.55147
IRIVALL	.426704	.457822	.932	.35132	.56618
IDEARIV	-.719520	.397554	-1.810	.07032	.62500
DCOURN	.327270	.476740	.686	.49241	.26471
MONOP	.228832	1.95707	.117	.90692	.02941
LEDAD	-.515469E-01	.235673	-.219	.82687	3.11293
LEMPLE	.525551	.181140	2.901	.00372	5.78050
OPORQ	.422903	.422019	1.002	.31630	.20588
OPORI	.328216E-01	.484972	.068	.94604	.17647
OPORK	-1.09207	.672586	-1.624	.10444	.09559
OPORS	-1.07577	.858501	-1.253	.21018	.08824
ONE	-.620473	.585715	-1.059	.28944	1.00000
EXPU	-1.51423	.400135	-3.784	.00015	.25735
PUBPU	.596319	.482190	1.237	.21620	.14706
LPATENT	.364987	.141445	2.580	.00987	.94451
ACORTO	.754077	.332808	2.266	.02346	.55147
IRIVALL	.427592	.363070	1.178	.23891	.56618
LEDAD	.464447	.248713	1.867	.06185	3.11293
LTVENTS	-.196707	.760847E-01	-2.585	.00973	8.53814
DEMANA	.569349	.379324	1.501	.13337	.38235
RHO(1,2)	.326545	.218053	1.498	.13425	
Log-Likelihood.....			-114.08		
Num. Observaciones					

4. Conclusiones.

En este capítulo se han especificado y estimado una serie de modelos econométricos con el objetivo de analizar, por un lado, el impacto que la financiación pública de las actividades de I+D de las empresas tiene sobre el esfuerzo de las mismas, y por otro, el de descubrir regularidades con respecto a las características de los proyectos de I+D.

La evidencia respecto a la influencia de determinados factores sobre el gasto en I+D de las empresas está en la línea de los resultados obtenidos en otros estudios empíricos: este es el caso del tamaño de la empresa, de la presencia de externalidades, de la oportunidad tecnológica y del tipo de comportamiento estragógico en el mercado.

Sin embargo, debe distinguirse entre empresas que reciben financiación pública y las que no. Las diferencias en el esfuerzo realizado por **empresas que no tienen financiación pública** pueden explicarse por dos tipos de variables. Las primeras, que también explican las diferencias observadas entre las empresas que sí reciben financiación, son el tamaño (medido por el empleo) y la pertenencia al sector de la electrónica e informática. Las segundas son específicas a este subgrupo de empresas. Se trata de variables asociadas a las actitudes (valoración a corto plazo de la importancia de la I+D, presencia en el mercado mundial o

apertura al exterior), a la presencia de capital público mayoritario, y al tipo de rivalidad.

La disponibilidad de financiación pública también afecta el esfuerzo medio realizado por las empresas. De acuerdo con las estimaciones, podemos rechazar la hipótesis de que la financiación pública desplaza o expulsa totalmente la financiación privada. No tenemos, sin embargo, suficientes datos para extraer conclusiones acerca de un posible efecto de expulsión parcial.

Una de las implicaciones para la política pública de I+D que se derivan de los resultados presentados es que si bien la financiación pública altera el comportamiento de las empresas que la reciben, es posible que este tipo de programas incida principalmente en un grupo de empresas que ya son muy conscientes de la importancia de la I+D. Esto es lo que se desprende tanto del capítulo anterior como de éste. En este sentido, una mayor presencia en el mercado mundial, y mayor información sobre la I+D de forma varíen las actitudes de las empresas que la valoran poco, pueden tener un impacto importante sobre el nivel de esfuerzo de I+D del gran número de empresas que no participan en un programa público.

Por lo que respecta a diversas características de los proyectos de I+D, observamos que en todos los casos el tamaño de la empresa aparece como un factor importante. En primer lugar, un

mayor tamaño está positivamente correlacionado con la *intensidad de capital* de las actividades de I+D. En segundo lugar, cuanto mayor es el tamaño, mayor es la probabilidad de que una empresa tenga proyectos de I+D cuyo objetivo sea realizar innovaciones de proceso. Tercero, el tamaño también incide favorablemente en la probabilidad de que una empresa realice investigación de carácter fundamental o aplicado, lo que posiblemente esté asociado a una mejor capacidad de enfrentarse al riesgo. Finalmente, el tamaño también incide positivamente en la probabilidad de que una empresa tenga proyectos a largo plazo (más de 5 años). Junto con el tamaño, la pertenencia a determinados sectores ejerce también una influencia significativa en la determinación de las características de los proyectos de I+D.

En resumen, la investigación realizada permite avanzar un poco más en el conocimiento de un tema sobre el que apenas existe evidencia empírica. El análisis que aquí se ha realizado debe entenderse como un pequeño paso más en la investigación en este campo. La explotación de una base de datos que contiene información no disponible a través de las encuestas realizadas por las instituciones públicas, ha permitido abordar una serie de preguntas sobre las que no existen trabajos publicados referidos a las empresas españolas, y muy pocos a nivel internacional.

Sin embargo, debe advertirse, al mismo tiempo, que los resultados obtenidos deben entenderse simplemente como un paso más

en el esfuerzo por comprender una realidad compleja y sobre la que los datos que poseemos ofrecen información incompleta. En este sentido, del trabajo realizado surge la necesidad de proseguir la investigación introduciendo mejoras en diversos aspectos: tamaño y representatividad de la muestra, diseño de una nueva encuesta que permita aumentar las variables disponibles y utilizables en el análisis empírico (para, por ejemplo, profundizar en las posibles interacciones con variables sectoriales más desagregadas). Por ejemplo, un paso inmediato sería proceder a la elaboración de un nuevo cuestionario a aplicar a una muestra más extensa de empresas. La realización de un análisis econométrico análogo al que aquí se emprende permitiría, en cierto sentido, repetir el experimento, y verificar la solidez de los resultados que se obtienen en el presente estadio. Finalmente, es necesario también continuar desarrollando modelos formales que profundicen en la relación entre I+D y tamaño de las empresas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Greene, W. (1988), 'LIMDEP Version 5'.
- Heckman, J.J. (1979), 'Sample Selection Bias as a Specification Error', *Econometrica* 47.
- Heckman, J.J. y B. Singer, ed. (1985), 'Longitudinal analysis of labor market data', Cambridge University Press, Cambridge.
- Lichtenberg, F. (1987), 'The Effect of Government Funding on Private Industrial Research and Development: a re-assessment', *The Journal of Industrial Economics*, Vol. XXXVI.
- Lichtenberg, F. (1988), 'The Private R&D Investment Response to Federal Design and Technical Competitions', *American Economic Review*, Vol. 78, No 3, June.
- Lunn (1986), 'An empirical analysis of process and product patenting: a simultaneous equations framework', *The Journal of Industrial Economics*, Vol 34 No 3.
- Maddala (1983), 'Limited-dependent and qualitative variables in econometrics', Cambridge University Press, Cambridge.
- Veugelers, R., P. Vanden Houte (1990), 'Domestic R&D in the presence of multinational enterprises', *International Journal of Industrial Organization* 8: 1-15.
- Zif, J., D. McCarthy, A. Israeli, (1990), 'Characteristics of businesses with high R&D investment', *Research Policy* 19.

CAPITULO VII

E P I L O G O

1. Las preguntas planteadas en esta investigación.

Se observa en la actualidad que en muchos países se otorga un énfasis creciente a las políticas públicas cuyo objetivo es fomentar la generación de innovaciones. Entre los mecanismos utilizados, pueden encontrarse premios, subvenciones, estímulos a la cooperación entre empresas con fines de I+D, concesión de patentes e incentivos fiscales¹. En relación a estas políticas, pueden plantearse tres preguntas fundamentales. Primero, si existen fundamentos teóricos y evidencia empírica que puedan justificar la intervención pública en relación a las actividades de I+D. Segundo, cuáles son los instrumentos o políticas adecuadas. Tercero, cuál es la evidencia empírica sobre la efectividad de los distintos tipos de intervención.

Si bien en el último decenio se ha registrado un gran desarrollo de modelos teóricos formales dirigidos a plantear hipótesis respecto a la optimalidad de las actividades de I+D en

¹Una perspectiva sobre distintos instrumentos utilizados puede encontrarse, por ejemplo, en Martín (1988), Isaac (1988), Stoneman (1987).

una economía de mercado, apenas existen estudios de carácter econométrico que analicen el impacto ex post de la financiación pública dirigida a promover el esfuerzo en I+D de las empresas sobre el comportamiento de las mismas.

La principal excepción la constituyen los trabajos de Mansfield (1984) y Scott (1984) por un lado, y los de Griliches (1986) y Lichtenberg (1987 y 1988) por otro. Mientras que en los dos primeros se obtiene la conclusión de que la financiación pública complementa o incentiva mayor financiación privada, en los segundos ello se pone en duda: sus resultados no rechazan las hipótesis de que la financiación pública no influye sobre la productividad, y que tampoco 'induce' mayor gasto privado.

El objetivo de esta investigación es contribuir al debate respecto a la efectividad de determinadas formas de intervención pública, y profundizar en el conocimiento empírico sobre las características del proceso de generación de tecnología. Para ello, primero, se presenta una discusión de las aportaciones recientes en el terreno teórico, pero fundamentalmente en el ámbito empírico; segundo, se analiza, a partir de una muestra de empresas españolas, el efecto que tienen determinados programas públicos de I+D sobre el esfuerzo de las empresas; y, tercero, se analiza el impacto de determinadas variables sobre el tipo de proyectos de I+D que las empresas llevan a cabo.

2. Aportaciones del análisis teórico.

El avance experimentado en el desarrollo de hipótesis teóricas en la última década son en gran parte resultado de la aplicación de la teoría de juegos y de la teoría de la información al ámbito de la I+D. Recogiendo el espíritu de la *hipótesis Schumpeteriana*, en el sentido de investigar la relación entre el poder de mercado y los incentivos para realizar una innovación, la teoría de juegos ha producido modelos que ponen de relieve la complejidad de los efectos del comportamiento estratégico de las empresas respecto al esfuerzo en I+D, en función de la presencia de incertidumbre y de externalidades.

Se puede afirmar que parece existir un consenso amplio entre los economistas respecto de la existencia de argumentos que apuntan a la ineficiencia del mecanismo de mercado en el ámbito de la I+D. De modelos teóricos se desprende, en general, que el esfuerzo innovador realizado por las empresas (medido a través del gasto en I+D), no es óptimo debido a la existencia de fallos de mercado². Estos fallos derivan de los siguientes factores: la

²No siempre la intervención en el ámbito de la I+D ha sido justificada bajo el criterio económico de fallos de mercado. Algunas veces se puede haber apoyado sobre el concepto de 'ventaja comparativa dinámica' (infant-industry), o sobre la idea de facilitar los ajustes frente a los cambios, o sobre criterios políticos (noción de sector estratégico para la seguridad

presencia de incertidumbre en la relación entre esfuerzo investigador y resultado; la presencia de externalidades³ y su interacción con el comportamiento estratégico de las empresas; la existencia de economías de escala y de alcance en la actividad investigadora; repercusiones de imperfecciones en otros mercados (poder de mercado en el mercado del producto, externalidades en el de capital humano, e imperfecciones en el mercado de capitales).

Con respecto a la pregunta sobre las políticas adecuadas para corregir los fallos de mercado citados, la literatura formal existente es relativamente reducida , a excepción de la que se refiere a patentes. Sin embargo, también en los últimos años se observa un incremento del esfuerzo realizado en esta dirección. Las formas de intervención que se han propuesto dependen del tipo de fallo de mercado. En primer lugar, frente a la externalidad característica consistente en la apropiabilidad imperfecta de los beneficios sociales generados por la innovación una vez ésta se ha producido, derivados en parte de la facilidad de imitación por parte de las demás empresas, existen dos instrumentos: las patentes, y las transferencias directas (premios) a la empresa innovadora. La concesión de una patente permite impedir, en principio, la imitación, y de esta forma, la empresa innovadora

nacional).

³Dos tipos de externalidades son: los efectos *difusión o imitación* (spillovers) y los efectos *duplicación de esfuerzos* (common-pool).

recibe su recompensa a través del mercado. En el caso de una transferencia directa, la empresa recibe la recompensa a través de la institución pública. Dado que también pueden darse externalidades negativas (duplicación de esfuerzos, o demasiada I+D, debido al comportamiento estratégico de las empresas) la subvención óptima reflejará el efecto neto de ambos tipos de externalidades⁴.

En segundo lugar, se producen un conjunto de fallos derivados de las características de la propia función de producción de conocimientos tecnológicos, no relacionados con el grado de apropiabilidad de la innovación. Estos son la presencia de economías de aprendizaje o economías de escala dinámicas; el hecho de que la oferta de algunos inputs sea subóptima debido a la presencia de externalidades en relación a los mismos (capital humano, stock de conocimientos básicos); la existencia de incertidumbre respecto al output, que comporta que las actitudes frente al riesgo influyan en el esfuerzo de I+D; la presencia de complementariedades entre diversos tipos de conocimiento (por ejemplo, entre conocimientos científicos básicos y conocimientos técnicos y comerciales⁵), que puede dar lugar a

⁴Véase Dixit (1988)

⁵Una ilustración de la relevancia real de los aspectos señalados en modelos teóricos: los estudios realizados por expertos en gestión de empresas intentan diseñar reglas, a partir de un análisis basado en la experiencia, para que las actividades de I+D

economías de alcance, sin que el mercado proporcione los incentivos necesarios para realizarlas, debido a las dificultades asociadas a la firma de contratos de compraventa de nueva información o de cooperación entre empresas. Incentivos a la cooperación entre empresas, subvenciones a las empresas áversas al riesgo, subvenciones a los costes fijos, son algunos instrumentos que podrían paliar este tipo de fallos.

Finalmente, consideremos algunos efectos asociados a tener poder de mercado: por ejemplo, en ausencia de incertidumbre, y con costes de imitación elevados, un monopolista puede retrasar la introducción de nuevos productos o productos desarrollados en la misma empresa; o puede adoptar prácticas comerciales que erijan barreras a la entrada de competidores. En cambio, en ausencia de poder de mercado es posible que la introducción de innovaciones sea más rápida. Por tanto, en este caso, una política dirigida a promover la competencia sería el instrumento adecuado para aumentar la generación de innovaciones.

La evidencia empírica existente apoya la hipótesis de que

produzcan el objetivo deseado, que son nuevos productos. Se trata de reglas que resaltan la necesidad de coordinación entre los departamentos de ventas, producción e I+D (explotar complementariedades), la organización de la 'búsqueda' y desarrollo de forma paralela, en vez de secuencial, y la necesidad de que un departamento de I+D de una empresa 'compita' con otras empresas o instituciones de I+D (incentivos). Ver The Economist, April 13th. Management Focus.

existen fallos de mercado que afectan la actividad generadora de innovaciones, puesto que se aprecia una discrepancia notable entre las estimaciones del rendimiento privado de las innovaciones y las estimaciones del rendimiento social, siendo el primero inferior al segundo⁶.

La siguiente pregunta que se plantea es: ¿Es siempre efectiva la intervención pública, o unas formas lo son más que otras? Existe a este respecto un debate teórico, parte del cual subraya la importancia de la utilización estratégica de información asimétrica entre agencia pública y empresas, y otra parte trata del grado de compatibilidad entre objetivos de eficiencia económica y objetivos políticos.

3. La evidencia sobre los efectos de la intervención pública.

Las preguntas que cabe plantearse son las siguientes: ¿Ha conducido la política adoptada a los objetivos finales deseados? ¿Se han introducido distorsiones importantes? En el caso de medidas dirigidas a las empresas (créditos subvencionados,

⁶ En diversos estudios se obtienen estimaciones de la discrepancia existente entre el rendimiento social y el rendimiento privado de las innovaciones: Griliches, Bresnahan, Trajtenberg. De acuerdo con esta evidencia, la investigación teórica sobre las formas de intervención adecuadas es muy rentable.

incentivos fiscales), han respondido éstas? ¿Cómo han respondido: ha aumentado su productividad, su tasa de innovación? ¿Hubieran hecho lo mismo sin ayuda pública? ¿Se produce desviación de fondos hacia otras actividades de la empresa (efectos - expulsión)?

El desarrollo de la teoría no ha estado acompañado, por ahora, por un desarrollo similar del conocimiento empírico, en particular del derivado de estudios econométricos, lo que sin duda es explicable por la falta de datos. Quizá por ello, no existe un consenso amplio respecto a la efectividad de dichas políticas: al escepticismo manifestado por los 'policy-makers', se añade el generado por los resultados de los escasos estudios empíricos en los que se realiza una evaluación econométrica del impacto de las políticas de I+D sobre el esfuerzo investigador.

Los estudios econométricos pueden constituir un instrumento útil de evaluación de una política, al permitir: a) predecir lo que hubieran hecho las empresas de no haber recibido financiación pública (estimar la existencia y magnitud de los efectos de expulsión), y b) contrastar cómo cambia el comportamiento de las empresas: no sólo si su esfuerzo innovador, en promedio, aumenta, sino si cambia la influencia que algunas características de las empresas o del sector ejercen sobre dicho esfuerzo.

La pregunta clave que se ha planteado en los pocos estudios empíricos, en particular en los citados al inicio, es la de si las

empresas hubieran hecho el mismo esfuerzo innovador de todos modos, es decir, la cuestión de si existe un efecto de sustitución de fondos privados por fondos públicos (efecto-expulsión). Scott (1984) y Lichtenberg (1987, 1988) estiman un modelo econométrico muy similar, en el que la variable dependiente es el gasto privado en I+D. Utilizando distintos datos, llegan a conclusiones distintas. Una posible explicación es que el modelo especificado no puede considerarse apropiado, y que por ello los resultados de ambos estudios pueden estar sesgados. La crítica que en esta investigación se realiza a dicho modelo se resume a continuación.

Tomemos como referencia el modelo econométrico utilizado por Lichtenberg (1987):

$$ID = b_1 + b_2 IDF + b_3 VentG + b_4 VentO + u$$

donde ID son los gastos de I+D de la empresa (sin los públicos), IDF son los fondos públicos recibidos para I+D, VentG es el valor de las ventas realizadas al Estado, y VentO es el valor de las ventas restantes. Si la financiación pública simplemente sustituye la privada, cabría esperar que $b_2 < 0$. Si $b_2 = -1$, podemos hablar de un *efecto expulsión* total. Si $b_2 > 0$, podría interpretarse que financiación pública y privada son complementarias. Si $b_2 = 0$, son independientes.

Lichtenberg obtiene ⁷ que la variable clave que afecta el gasto privado en I+D son las ventas al Estado. Utilizando una muestra de 187 empresas, obtiene que tanto el valor de las ventas al Estado como las ventas a los otros clientes son estadísticamente significativas, aunque el coeficiente de la primera es de magnitud superior. En cambio, el coeficiente de los fondos públicos, IDF, no es significativamente distinto de 0⁸.

Sin embargo, no puede decirse, a la vista de los resultados, que la financiación pública sustituye a la privada, o ni siquiera que su impacto es nulo. En primer lugar, porque la relación entre ambas financiaciones no tiene porqué ser lineal⁹; en segundo lugar, en este modelo se supone que la relación es la misma para todas las empresas de la muestra, supuesto que no aparece justificado. Si la cuantía de la financiación pública estuviera determinada en función de una estimación de las externalidades

⁷El autor utiliza dos tipos de datos para estimar el efecto incentivador de los fondos de I+D públicos sobre los gastos de I+D privados. Por un lado, utiliza datos temporales agregados de la economía americana en el período 1956-1983. Por otro, datos de una muestra de un panel de 187 empresas en el período 1979-1984. Estima el mismo modelo, con los dos tipos de datos.

⁸En la estimación con los datos agregados, las ventas al Estado son la única variable estadísticamente significativa.

⁹Será lineal si, por ejemplo, para todas las empresas, la regla que determina la cuantía de financiación pública es del tipo proporcional: 'dado el coste de un proyecto, se concederá un 50 % de subvención pública'.

generadas, es evidente que su magnitud no sería la misma para todos los proyectos; dado el coste de un proyecto, cuanto mayores sean los efectos-difusión, mayor debería ser el 'premio': a la parte contribuida por la empresa será inferior. En tercer lugar, en el supuesto de que la financiación pública cubriera los costes fijos de I+D, y la privada los variables, no hay ninguna razón para esperar que la relación entre ambos costes sea lineal ¹⁰.

Estas consideraciones sugieren que el modelo estimado puede estar sujeto a errores de especificación. Además, los resultados obtenidos con la estimación de este tipo de modelo pueden estar sesgados debido a un problema de selectividad de la muestra: ésta sólo incluye empresas que reciben financiación pública. El modelo no permite tener en cuenta explícitamente que la obtención de una subvención por parte de las empresas es resultado de un doble proceso de decisión: la empresa debe solicitarla, y la institución pública concederla. Tener subvención (o estar en la muestra de las empresas que tienen subvención), y la magnitud de la misma, deberían ser variables endógenas del modelo. Esta observación pone de relieve la necesidad de formular un modelo de decisión conjunta de la empresa y de la agencia pública.

¹⁰Un problema adicional que dificulta la interpretación de las estimaciones es que si la correlación entre IDF y VentG es elevada, puede sospecharse que exista una colinealidad elevada, que resulte, como es conocido, en la imposibilidad de identificación de los efectos de las dos variables, IDF y VentG, por separado.

4. Un marco para la evaluación del impacto de la financiación pública de las actividades de I+D de las empresas.

El objetivo de este trabajo es proponer un marco adecuado para el análisis empírico de la efectividad de algunas de dichas políticas, y aplicarlo a una muestra de empresas españolas, una parte de las cuales reciben financiación del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), y algunas participan en uno de los programas de I+D de la Comunidad Europea.

Por parte de la empresa (que formula la demanda de financiación), la evaluación de costes y beneficios de la participación en el programa público y la magnitud del esfuerzo innovador que está dispuesta a realizar dependerán en cualquier caso de varios tipos de factores: de características específicas de la empresa (aversión al riesgo, capital humano, costes financieros, restricciones de liquidez); del mercado en el que se halla (estructura del mercado, expectativas de crecimiento de la demanda), de las características de la función estocástica de producción de innovaciones (productividad de los inputs y variabilidad de la misma), y del grado de externalidades.

No todas las empresas que solicitan una subvención la obtienen. Por ello, debemos considerar el proceso de decisión de la agencia pública (que formula la oferta de financiación). Dos

razones para no concederla a todas las empresas son las siguientes:

1. la agencia pública tiene, simplemente, una restricción presupuestaria; por ello debe seleccionar entre las empresas solicitantes, bien de forma aleatoria, bien de acuerdo con ciertos criterios pre-establecidos¹¹; o bien,

2. por un problema de 'screening'; al ser incierto el resultado del esfuerzo en I+D, se presenta un problema de observabilidad de la intensidad y calidad del mismo por parte de la agencia pública. La selección intenta discriminar entre las empresas que tienen capacidad de realizar el proyecto I+D y las que no ¹².

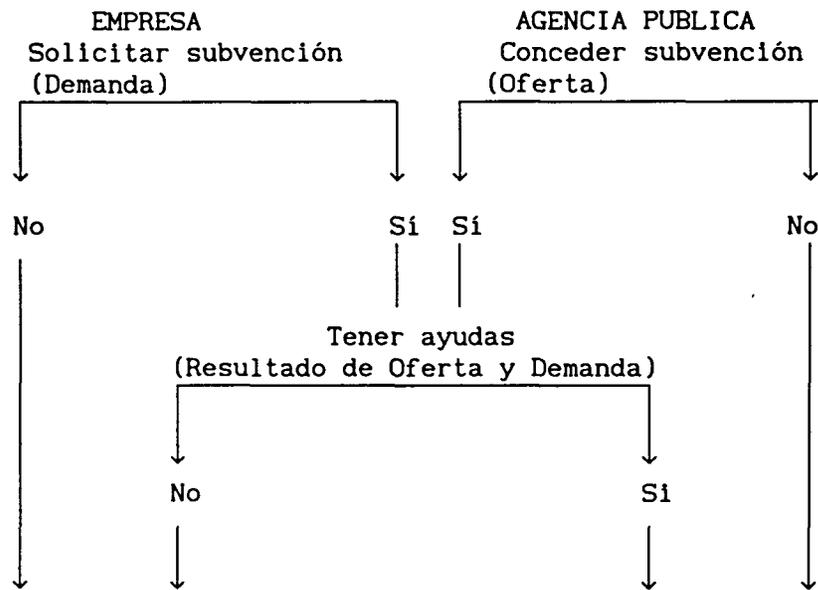
¹¹Por ejemplo, en función de la magnitud de las externalidades positivas generadas por un proyecto determinado. Este puede ser el caso de investigaciones relacionadas con la salud, o con el medio ambiente. O en función del grado de investigación básica que pretendan realizar.

¹²El CDTI exige unos requisitos que deben cumplir la empresa y el proyecto o proyectos para los que se solicita la ayuda, bajo la forma de crédito subvencionado. Con respecto a la empresa, el CDTI exige: (1) "disponer de un adecuado equipo técnico y gerencial para llevar a cabo el proyecto" y (2) contar con una estructura económico-financiera que le permita financiar el porcentaje del presupuesto que le corresponda, que será como mínimo un 30 % del montante de la inversión prevista". Por lo que respecta a los proyectos, éstos deben reunir las siguientes condiciones: (1) "presentar un alto grado de Innovación Tecnológica", (2) "acreditar su viabilidad técnica, comercial y económica", y (3) "estar soportados por empresas con capacidad financiera suficiente que permita poner en práctica los resultados de Investigación y Desarrollo conseguidos".

En cualquiera de los dos casos, es posible que la agencia pública no esté dispuesta a ofrecer una subvención a algunas empresas que la desearían, y se produzca, por tanto, una situación que podríamos denominar de racionamiento, puesto que existiría una demanda de participación no satisfecha. También puede ocurrir que la agencia pública esté dispuesta a ofrecer una subvención a una empresa que no desea solicitarla. Estas situaciones pueden darse cuando existen discrepancias en la evaluación de los proyectos posibles de I+D, como resultado, por ejemplo, de divergencias en la información, en el grado de aversión al riesgo de la empresa y de la agencia pública, o en la apreciación de la rentabilidad de los resultados.

La relación entre las decisiones de la empresa y de la agencia pública puede representarse gráficamente mediante un diagrama en el que se distinguen dos niveles de decisión: por un lado, la participación en un programa público, resultado de un proceso de demanda por parte de la empresa, y de oferta por parte de la agencia pública, y por otro, el esfuerzo en I+D.

Nivel 1: Modelo de Participación.



Nivel 2: Modelo de Esfuerzo en I+D.

Decidir cuantía de I+D, condicionada al resultado del Nivel 1.

El modelo econométrico que se propone está constituido por las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned}
 I_1^* &= d'Z_1 + e_{11} \\
 I_1^{**} &= f'W_1 + e_{21} \\
 Y_{ki} &= b_k'X_{ki} + v_{ki}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

donde I^* e I^{**} son variables latentes, no observables, que representan, respectivamente, el valor que para la empresa tiene solicitar financiación, y el valor que para la agencia pública tiene conceder financiación. Observamos sólo si una empresa solicita o no, y si la empresa pública concedería o no, es decir, observamos dos variables binarias, I_1 e I_2 , en vez de I^* e I^{**} . Y_{ki} se refiere a cada una de las variables endógenas de esfuerzo o características de los proyectos de I+D para cada tipo de empresas, clasificadas éstas según dispongan o no de financiación pública.

Z es un vector de variables explicativas que determinan la decisión de solicitar financiación. Podemos pensar que, en principio, cualquiera de las variables que pueden influir sobre la decisión de realizar un determinado esfuerzo en I+D también puede conducir a solicitar una subvención. Se puede aventurar que las empresas que se hallan en sectores donde la presencia de externalidades (efectos difusión) es notable, o donde investigar requiere incurrir en importantes costes fijos, tenderán, ceteris paribus, a solicitar subvenciones con mayor probabilidad. También

tenderán a hacerlo las empresas para las que las restricciones de financiación sean más vinculantes, o aquellas con mayor aversión al riesgo. Por lo tanto, se formulará un modelo general, que incluya todas las variables potencialmente relevantes, relacionadas con el tamaño de la empresa, con su estrategia de mercado, con su experiencia en I+D, con su estructura de capital, y con alguna medida de las externalidades.

W es un vector de variables vinculadas a la probabilidad de que sea concedida una subvención, y en nuestro caso, debemos buscarlas en las condiciones impuestas por el CDTI (o la CE). Los requisitos explicitados por parte del CDTI son muy generales, ya que se refieren a la disponibilidad de equipo técnico y gerencial para ejecutar el proyecto (capital humano), a la capacidad de la empresa de financiar un 30 % como mínimo del proyecto, y a la viabilidad y carácter innovador del mismo. Estos requisitos no sugieren que existan unas preferencias por proyectos en ciertos sectores¹³. Se pueden considerar como requisitos dirigidos simplemente a verificar la capacidad de ejecución del proyecto por parte de la empresa solicitante, y la viabilidad técnica y económica del mismo. Si no hay diferencias de información entre la empresa y la agencia pública sobre la tecnología para producir innovaciones, ambas tendrán en cuenta probablemente las mismas

¹³Dichas prioridades pueden existir de hecho, y manifestarse ex-post.

variables en el momento de evaluar un proyecto y la capacidad de llevarlo a cabo.

X es un vector de variables que influyen sobre el esfuerzo de I+D, y que pueden coincidir con las contenidas en el vector Z.

La estimación puede realizarse bien mediante maximización de la función de verosimilitud del modelo completo (todas las ecuaciones en [1]), bien mediante el procedimiento bietápico sugerido por Heckman¹⁴. Aquí se ha utilizado este segundo. A continuación se resumen los resultados obtenidos en la estimación del que se ha denominado modelo de participación de las empresas en el CDTI, y del esfuerzo en I+D de las mismas¹⁵.

5. Los resultados y su interpretación.

La información de que se dispone para realizar la estimación del modelo esbozado en el apartado anterior fue obtenida a través de una encuesta realizada en 1988 a 194 empresas españolas¹⁶, de

¹⁴Ver a este respecto Heckman (1979), Heckman y Hotz (19).

¹⁵Aunque también se ha realizado la estimación del modelo de participación en programas de I+D comunitarios, el bajo poder explicativo del modelo estimado impide extraer conclusiones importantes, así como estimar el impacto de dicha participación, tal como se ha explicado en el capítulo V.

¹⁶El objetivo de la encuesta consistía fundamentalmente en

las que 154 dedican recursos a la investigación, sea ésta de tipo básico, aplicado o desarrollo¹⁷. Tras eliminar las observaciones con información insuficiente o contradictoria, queda una muestra de 154 empresas, de las que aproximadamente la mitad (75) habían recibido alguna vez financiación del CDTI. Además, 42 de las 154 empresas recibían financiación a través de algún programa de I+D de la Comunidad Europea. El interés de la muestra utilizada radica en que se dispone de información sobre las actitudes de las empresas respecto a su comportamiento estratégico en el mercado, al comportamiento frente a las actividades de I+D de empresas rivales, a la utilización de diversas fuentes de ideas para su propia I+D, a la colaboración con otras empresas, además de la información habitual relativa a su tamaño, procedencia del

averiguar el grado de información que sobre los programas públicos de I+D tienen las empresas, y en particular su grado de satisfacción con los procedimientos administrativos para solicitar fondos públicos de la CE. La encuesta se realizó para elaborar un informe sobre la participación de las empresas españolas en los programas de I+D comunitarios. Ver J. Brandts et al. (1988).

¹⁷La definición de cada tipo de I+D es la siguiente. La **investigación fundamental** consiste en emprender trabajos originales con la finalidad de adquirir conocimientos científicos nuevos. No está orientada principalmente a un fin o aplicación práctica específica. La **investigación aplicada** consiste en emprender trabajos originales con la finalidad de adquirir conocimientos científicos o técnicos nuevos, orientados a un objetivo práctico determinado. Finalmente, el **desarrollo tecnológico** consiste en la utilización de conocimientos científicos existentes para la producción de materiales, dispositivos, productos, procedimientos, sistemas o servicios nuevos, o para su mejora sustancial, incluyendo la realización de prototipos y de instalaciones piloto.

capital, o presencia en el mercado mundial. Esta información se puede traducir en indicadores cualitativos de variables estratégicas y de presencia de externalidades positivas.

A continuación se discuten los resultados de las estimaciones y sus implicaciones para la evaluación y diseño de la intervención pública. La tabla 1 resume los resultados cualitativos obtenidos en todas las estimaciones (se adjunta el Cuadro 1 en el que se definen las variables incluidas).

5.1. La participación en programas públicos: determinantes.

Las dos primeras ecuaciones del modelo especificado en [1] presuponen que se dispone de datos de 4 tipos de empresas, en función de los valores de las variables binarias observadas I_1 e I_2 , correspondientes a I^* e I^{**} respectivamente. De hecho, ello no es así, sino que sólo observamos si una empresa tiene o no financiación, es decir, observamos la variable $I_3 = I_1^* I_2$ ¹⁸. La estimación de este tipo de modelos bivariantes presenta dificultades derivadas de la falta de identificación en determinados casos. Por ello se ha realizado también la estimación

¹⁸Nos encontramos ante un caso de 'observabilidad parcial'. Una discusión sobre los problemas asociados a estos modelos, en términos de identificación y eficiencia, se encuentra en Poirier (1980), o Meng y Schmidt (1983).

de un modelo univariante, en el que la variable dependiente es tener o no tener financiación del CDTI, y los coeficientes de las variables explicativas reflejan el efecto neto de las mismas, sin tener en cuenta si responden a criterios de decisión de las empresas o de la agencia pública ¹⁹.

Las conclusiones que se extraen son las siguientes: el número de patentes obtenidas en el pasado (que refleja experiencia en I+D y en alguna medida el grado de patentabilidad de los resultados), la importancia concedida a las actividades de I+D y la edad de la empresa, influyen positivamente en la probabilidad de tener financiación del CDTI. También lo hace la pertenencia a uno de los sectores siguientes: químico, farmacéutico, electrónica e informática. En cambio, existe una relación negativa, estadísticamente significativa, entre el volumen de ventas y la probabilidad de disponer de un crédito del CDTI, así como entre dicha probabilidad y la presencia de capital extranjero mayoritario. Estos efectos pueden reflejar, potencialmente, que el CDTI prefiere dar prioridad a las (relativamente) pequeñas y medianas empresas, y a las empresas con capital español.

El hecho de que una de las variables que afectan

¹⁹El contraste de este modelo versus el modelo bivariante apropiado no permite rechazar la hipótesis nula de que el proceso es univariante.

positivamente la participación sea la valoración que la propia empresa concede a las actividades de I+D sugiere que las subvenciones o créditos subvencionados 'funcionan' o llegan a este tipo particular de empresas²⁰. Esta observación lleva a plantear la hipótesis de que no solicitan, y por tanto no tienen subvención, las empresas que por ignorancia, y no por otras razones (falta de oportunidad tecnológica, por ejemplo), no valoran la I+D. De ahí, pues la posible necesidad de una política dirigida a difundir información para que así aumente la valoración que las empresas hacen de las actividades de I+D.

5.2. Las características de los proyectos de I+D: implicaciones.

Se han planteado un conjunto de modelos para contrastar la posible relación existente entre determinadas características de los proyectos de I+D, medidas cualitativamente a través de variables binarias, y características generales de la empresa. Concretamente, se ha estimado la probabilidad de que los proyectos de I+D tengan como objetivo producir innovaciones de proceso (reducir costes), que tengan un carácter de investigación básica o aplicada, o que tengan un horizonte temporal largo.

²⁰Nótese que este es un factor de carácter subjetivo, que puede estar o no relacionado con factores objetivos, incluidos o no.

Observamos que en todos los casos el tamaño de la empresa aparece como un factor importante. En primer lugar, un mayor tamaño está positivamente correlacionado con la *intensidad de capital* de las actividades de I+D. En segundo lugar, cuanto mayor es el tamaño, mayor es la probabilidad de que una empresa tenga proyectos de I+D cuyo objetivo sea realizar innovaciones de *proceso*. Tercero, el tamaño también incide favorablemente en la probabilidad de que una empresa realice investigación *básica o aplicada*. Finalmente, el tamaño también incide positivamente en la probabilidad de que una empresa tenga *proyectos a largo plazo* (más de 5 años).

Las razones por las que el tamaño de la empresa está positivamente relacionado con dichas probabilidades pueden ser distintas en cada caso. Así, por lo que respecta a la intensidad de capital de los proyectos, es posible que ello sea consecuencia de imperfecciones en el mercado de capitales. Por lo que respecta a la probabilidad de realizar I+D básica o aplicada, y en el horizonte temporal de los proyectos, la incidencia del tamaño puede estar relacionada con la mejor capacidad de las grandes empresas de enfrentarse al riesgo mediante la diversificación de sus actividades. Finalmente, la influencia positiva en la probabilidad de realizar innovaciones de proceso puede derivarse de que mayor tamaño puede permitir una mayor especialización del personal en cada tarea productiva, y ello a su vez a un mejor

conocimiento de las posibilidades de innovación²¹.

La pertenencia a determinados sectores ejerce también una influencia significativa en la determinación de las características de los proyectos de I+D.

De las distintas características analizadas, podemos destacar en especial los resultados relativos a la realización de I+D básica o aplicada y al horizonte temporal de los proyectos. En el primer caso, porque éste es el tipo de I+D aparentemente más vinculada a los incrementos de productividad²²; en el segundo, porque la capacidad de generar conocimientos técnicos se genera de forma acumulativa, a través de un proceso de aprendizaje que puede ser largo en determinados casos. De ser correcta la inferencia de que la importancia del tamaño de la empresa en la determinación de este tipo de I+D está asociada a su capacidad de hacer frente al riesgo, podríamos concluir que la intervención pública debería consistir en facilitar mecanismos para que las empresas redujeran el riesgo, por ejemplo a través de la cooperación, bien entre empresas, bien entre empresas y Universidades.

²¹Como ilustración, puede pensarse en la propia actividad docente universitaria. Un mayor tamaño de la plantilla permite, en principio, que cada profesor se especialice en la docencia de una sola materia. Es más fácil pensar en realizar innovaciones (en el programa, o de carácter pedagógico) si se da una sola materia que si se dan tres materias distintas.

²²Véase Griliches (1986).

5.3. La disponibilidad de financiación pública y el esfuerzo privado en I+D.

Se ha estimado una ecuación de esfuerzo en I+D para cada uno de los dos grupos de empresas: con y sin financiación del CDTI, controlando la endogeneidad de la muestra. Como indicador del esfuerzo absoluto en I+D se utilizan dos variables: el logaritmo del gasto en I+D y el logaritmo de la cantidad de personal dedicado a dichas actividades²³.

Se observa, en primer lugar, que existen algunas coincidencias entre los resultados obtenidos para los dos tipos de empresas (con y sin subvención). Son estadísticamente significativas las variables que tradicionalmente lo son en muchos otros estudios empíricos: el tamaño (EMPLEO) y la pertenencia a determinados sectores. El coeficiente del tamaño es positivo pero en todos los casos inferior a la unidad, es decir, que el gasto en I+D aumenta menos que proporcionalmente con el tamaño de la empresa. ¿Cómo interpretar este resultado ? Sin información adicional, no parece posible extraer conclusiones acerca de si

²³Los resultados obtenidos para los dos grupos de empresas son fundamentalmente los mismos si en vez de medir el esfuerzo absoluto en I+D por el gasto, se mide por el personal destinado a actividades de I+D.

este resultado está relacionado con la presencia de economías o deseconomías de escala. Podemos pensar en dos explicaciones para la relación observada:

a) Una posibilidad es que, aumentando poco los 'inputs' para las actividades de I+D, la producción de ideas (el output) aumente en mayor proporción debido a la presencia de complementariedades bien con otras actividades de la empresa, o bien por la generación de externalidades asociadas al propio 'tamaño' de las actividades de I+D; por ello el gasto aumentaría poco en relación con el 'producto' de I+D, cuya importancia en relación con los otros productos de la empresa podría mantenerse o aumentar; se trataría, en definitiva, de la existencia de economías de escala o de alcance ;

b) Otra posibilidad es que la relación entre inputs de I+D y output de I+D, exhiba rendimientos constantes, y la complementariedad con otras actividades de la empresa sea positiva para tamaños 'medios', y que para tamaños grandes sea negativa (por la complejidad de la coordinación y gestión a medida que aumenta el tamaño, acompañada normalmente de una mayor burocratización y rigidez), en cuyo caso la importancia relativa del output de las actividades de I+D dentro de la empresa disminuiría a medida que aumenta el tamaño. Las deseconomías de alcance aumentan a medida que aumenta la escala de la producción y de la investigación.

c) Una tercera posibilidad es que el tamaño de la empresa es simplemente un indicador de las actitudes frente al riesgo; en particular, puede pensarse que a medida que aumenta el tamaño de la empresa, se apuesta proporcionalmente menos en proyectos arriesgados, cual es el caso, en general, de los proyectos de I+D.

Por lo que se refiere a las variables sectoriales, la pertenencia al sector de la electrónica e informática y al sector de servicios aumenta el gasto en I+D tanto si las empresas reciben alguna forma de subvención pública como si no. Este resultado sugiere que la percepción de mayor oportunidad tecnológica conduce a las empresas a 'buscar' más.

Por otra parte, se observan divergencias interesantes en el papel que determinadas variables juegan en explicar las diferencias en el gasto de I+D entre los dos grupos de empresas. Primero, la presencia de capital público mayoritario ejerce una influencia positiva en el caso de las empresas que no reciben subvención. Este resultado puede reflejar una mayor conciencia y valoración en el sector público que en el privado de la importancia de las actividades de I+D. Las empresas con participación mayoritaria de capital extranjero no se comportan de manera significativamente distinta a las demás, tengan o no subvenciones públicas.

Segundo, la valoración que las empresas conceden a las actividades de I+D a corto plazo (ACORTO) contribuye a explicar las diferencias observadas en el gasto de las empresas que no reciben subvención, y no en el de las que las reciben. Recuérdese que esta variable binaria era una de las que afectaban la probabilidad de tener subvención. De ambos resultados puede concluirse que las actitudes de las empresas juegan un papel importante en emprender actividades de I+D, y que puede haber por lo tanto un lugar para políticas (tales como provisión de información) dirigidas a incidir sobre las actitudes. Debería investigarse también si dichas actitudes están asociadas a factores, factores objetivos, como por ejemplo el papel de la I+D como estrategia competitiva, el grado de penetración de productos importados, o el grado de oportunidad tecnológica.

Tercero, las estimaciones sugieren que las variables que reflejan la actitud estratégica de las empresas contribuyen a explicar diferencias en el gasto de I+D de las empresas, y que este papel puede ser distinto según las empresas reciban o no subvención. Las empresas que declaran tener una estrategia de precios que correspondería a la de un monopolista, tienden a gastar más en I+D que las restantes, recibiendo todas subvención del CDTI²⁴. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que sólo para una

²⁴ Los modelos teóricos predicen que el tipo de mercado, desde el punto de vista estratégico, en el que opera la empresa influirá en

empresa de este grupo la variable MONOP tiene un valor igual a 1, por lo que el coeficiente puede estar recogiendo la importancia de otros factores específicos de la empresa, no necesariamente relacionados con su comportamiento estratégico en el mercado. La otra variable estratégica, DCOURN, no es significativa. Entre las empresas que no tienen subvención, los resultados obtenidos sugieren que las empresas que deciden cantidades de producción, y luego ajustan los precios, tienden a gastar menos en I+D. Este resultado estaría en la línea de que una estructura de mercado competitiva tiende a estimular el gasto en I+D²⁵. La disponibilidad de una subvención altera los resultados, ya que las empresas que declaran determinar cantidades de producción (DCOURN) no gastan en I+D ni más ni menos que las otras.

Cuarto, las empresas que reciben subvención del CDTI y declaran tener proyectos en colaboración, tienden a gastar más en I+D. Este resultado es coherente con el hecho de que buena parte de las que colaboran en I+D participan en un programa de la CE, y por tanto disponen de fondos adicionales.

Quinto, la elasticidad del gasto de I+D con respecto al tamaño medido por el número de empleados es inferior a la unidad

el esfuerzo en I+D, y desde esta perspectiva general, los resultados confirman la hipótesis teórica.

²⁵Véase Delbono y Denicolò (1990).

para los dos grupos de empresas. Sin embargo, dicha elasticidad es algo superior para las que reciben subvención. Una parte de este resultado puede ser debida a que las empresas de mayor tamaño que reciben subvención del CDTI también es probable que reciban subvenciones de otras fuentes (por ejemplo de la CE).

Sexto, un resultado interesante es que el volumen de exportaciones incide positivamente en el gasto de las empresas que no reciben subvención, mientras que no tiene importancia para las que sí reciben. Si se considera aceptable interpretar que la presencia de una empresa en los mercados mundiales es un indicador no sólo de competitividad, sino del acceso que tiene una empresa a información específica sobre los mercados y tecnología mundiales, tenemos que se no se puede rechazar la hipótesis de que esta presencia puede explicar, en parte, el comportamiento de las empresas en cuanto a I+D²⁶.

Séptimo, la experiencia en I+D patentable en el pasado contribuye a explicar las diferencias en el gasto en I+D presente para las empresas que tienen subvención; no contribuye a

²⁶Existe, potencialmente, un problema de simultaneidad o interrelación entre el esfuerzo en I+D y la capacidad exportadora, puesto que la actividad innovadora mejora la capacidad competitiva, y por tanto permite introducirse y mantenerse en los mercados mundiales. Sin embargo, los efectos que la I+D tiene sobre las exportaciones se producen sin duda con un cierto desfase temporal.

explicarlas para las empresas que no tienen subvención. Finalmente, si bien dos variables sectoriales (pertenencia al sector electrónico/informático, y al sector servicios) son significativas para los dos grupos de empresas, según las estimaciones realizadas, recibir subvención hace que además, las empresas que pertenecen a los sectores químico y bienes de capital realicen mayor esfuerzo en I+D ²⁷.

Los resultados son algo distintos si se mide el esfuerzo en I+D en términos relativos, en particular, por el porcentaje de personal dedicado a I+D respecto al empleo total de la empresa. En este caso, el tamaño de la empresa, la presencia en el mercado mundial y la pertenencia al sector electrónico/informático, explican el 62 % de la variabilidad observada en el esfuerzo relativo de las empresas que no reciben financiación a través del CDTI. También el tamaño afecta a las que sí la reciben, pero las otras dos variables dejan de ser relevantes. En cambio, tiene una influencia positiva la pertenencia al sector de bienes de equipo, y negativa la utilización de ideas de empresas rivales (la presencia externalidades ahorra esfuerzo propio).

²⁷Estos resultados podrían ser debidos a que la cuantía de la subvención que reciben las empresas sea función de su experiencia medida por las patentes obtenidas previamente, o del sector al que pertenezca una empresa. Como no tenemos datos individuales sobre la magnitud de la subvención recibida, no podemos comprobar este extremo.

Finalmente, se ha calculado cuánto hubieran gastado las 66 empresas que reciben financiación del CDTI de no haberlo hecho, obteniéndose que, de forma agregada, hubieran gastado el 85 % del gasto observado. Y hubieran utilizado el 78 % del personal de I+D²⁸. Se rechaza, pues, la hipótesis de un efecto expulsión o sustitución total, aunque puede existir un efecto de sustitución parcial.

6. Conclusiones.

De forma resumida, las principales conclusiones que se derivan del análisis realizado son las siguientes:

1) De la estimación del modelo de participación se desprende que la probabilidad de que una empresa tenga acceso a financiación del CDTI aumenta en función de su experiencia en I+D, la edad de la empresa, la pertenencia a determinados sectores (químico, farmacéutico, electrónico, e informático), y en función de la actitud de la empresa respecto a I+D. Dicha probabilidad disminuye, en cambio, cuanto mayor es el tamaño de la empresa, o

²⁸Estas estimaciones deben tomarse con precaución, dada que la bondad del ajuste para las empresas sin financiación es manifiestamente mejorable.

si tiene capital extranjero mayoritario. Estas variables reflejan tanto criterios de decisión de la empresa como de la agencia pública.

2) Una de las principales implicaciones de estos resultados para la política pública de I+D es que plantean la posibilidad de que tipo de programas incida principalmente en un grupo de empresas que ya son muy conscientes de la importancia de la I+D, contribuyendo poco a cambiar el comportamiento de las empresas con una actitud menos favorable o más escéptica. Una política que también incluya la difusión de información sobre la importancia de las actividades de I+D, o sobre cómo realizarlas, puede incidir en las actitudes de las empresas que la valoran poco, y tener un impacto importante sobre el nivel de esfuerzo de I+D del gran número de empresas que no participan en un programa público.

3) La financiación pública altera el comportamiento de las empresas que la reciben de dos formas. Por un lado, y en promedio, al recibir financiación pública realizan un mayor esfuerzo en I+D. En particular, podemos descartar que se produzca un efecto de sustitución completa de gasto privado por público. Por otro lado, aunque el tamaño de la empresa está siempre relacionado con el esfuerzo en I+D tenga o no ésta financiación pública, el disponer de la misma contribuye a aumentar el esfuerzo en I+D de cierto tipo de empresas: de las que compiten a *la Cournot*, o pertenecen a determinados sectores productivos. Entre las empresas que no

reciben financiación del CDTI, la presencia en el mercado mundial, medida por las exportaciones, y las actitudes frente a la I+D, repercuten sobre su esfuerzo. En este sentido, una forma complementaria de incidir en el esfuerzo de I+D de las empresas serían medidas que fomentaran una mayor presencia de las mismas en el mercado mundial.

Para concluir, la investigación realizada permite avanzar un poco más en el conocimiento de un tema sobre el que apenas existe evidencia empírica. Sin embargo, debe advertirse, al mismo tiempo, que los resultados obtenidos deben entenderse simplemente como un paso más en el esfuerzo por comprender una realidad compleja y sobre la que los datos que poseemos son limitados. En este sentido, del trabajo realizado surge la necesidad de proseguir la investigación introduciendo mejoras en diversos aspectos: en el tamaño y representatividad de la muestra; en el diseño de una nueva encuesta que permita aumentar las variables disponibles y utilizables en el análisis empírico (para, por ejemplo, profundizar en las posibles interacciones de diversas variables con variables sectoriales más desagregadas). En la medida en que estas mejoras se traduzcan en una estimación más fiable del esfuerzo que hubieran realizado por su cuenta las empresas receptoras de financiación pública de no haberla tenido, ello permitirá clasificarlas según la presencia y magnitud del efecto expulsión, y por tanto profundizar en el análisis de la efectividad de la financiación pública.

· Finalmente, el avance del propio trabajo empírico está condicionado por el desarrollo de modelos formales que profundicen en la relación entre I+D y tamaño de las empresas, y en la identificación de las externalidades asociadas a dicha actividad.

Tabla 1

Síntesis de los resultados de las estimaciones^a

	GASTO		PERSONAL		Ps/Em		Gt/Ps		PROCES	FUNDAP	HORIZ	CDTI
	T	NT	T	NT	T	NT	T	NT				
Const			+		+	+			+	+		
Expu	+						+			+		-
Pubpu		+						+				
Acorto		+		+								+
Dcourn		-		-				+				
Dmonop	+		+	+	+	+						
Lemple	+	+	+	+	-	-		+	+b	+	+	-b
Ideariv					-				+	-	-	
Colab	+											
Lpatient	+		+									+
Lexport		+		+		+						
Oporq	+		+									+
Opori	+	+	+	+		+			-			+
Oporok	+		+	+	+					-	-	
Opors	+	+	+					+	-			
Ledad										+		+
R ²	.8	.7	.8	.7	.6	.6	.2	.5				
N	66	61	66	61	66	61	66	61				

a) En la tabla aparecen únicamente los signos de las variables significativas en cada ecuación. Cada columna corresponde a una variable dependiente y un tipo de empresas: T=tienen fondos CDTI, y NT=no tienen. GASTO= Gasto en ID; PERSONAL=personal de ID; Ps/Em=personal ID/empleo total; Gt/Ps=gasto ID/personal ID; Proces=hace ID para reducir costes; Fundap=hace ID básica o aplicada; Horiz=espera resultados a +5 años; CDTI=tiene financiación del CDTI.

b) En este caso se ha utilizado el log de las ventas como indicador del tamaño.

CUADRO 1

Variables Exógenas

Nombre	Descripción
TVENTAS	Valor de las ventas totales
VENTES	Valor de las ventas en España
EDAD	Edad de la empresa
EXPORT	Valor de las exportaciones
INVENT	Cociente inversión/ventas
EMPLEO	Número total de empleados
PATENT	Número de patentes obtenidas últimos 10 años
VENTEM	Ventas/empleo total
DBERTR	Binaria; valor=1 si estrategia es Bertrand
DCOURN	Binaria; valor=1 si estrategia es Cournot
DREGUL	Binaria; valor=1 si está regulada
DMONOP	Binaria; valor=1 si estrategia es monopolio
DOTRA	Binaria; valor=1 si estrategia no es ninguna anterior
IRIVALL	Binaria; valor=1 si lucha ante I+D rival
IDEARIV	Binaria; valor=1 si la empresa valora mucho o realiza estudios de productos de competidores.
ACORTO	Binaria; valor=1 si da gran importancia a I+D
COLAB	Binaria; valor=1 si colaboran con otras instituc.
DEMANA	Binaria; valor=1 si es sector de demanda alta
DEMANI	Binaria; valor=1 si es sector de demanda intermedia
DEMANB	Binaria; valor=1 si es sector de demanda baja
DEMANO	Binaria; valor=1 si no es ninguna de las anteriores
OPORI	Binaria; valor=1 si sector=electrónica o informát.
OPORQ	Binaria; valor=1 si sector=químico-farmacéutico
OPORE	Binaria; valor=1 si sector=energía
OPORK	Binaria; valor=1 si sector=transporte o maq-herram.
OPORT	Binaria; valor=1 si sector=textil, alimentac., metal
OPORS	Binaria; valor=1 si sector=servicios
OPORV	Binaria; valor=1 si sector=otros
EXPU	Binaria; valor=1 si capital extranjero > 50 %.
PUBPU	Binaria; valor=1 si capital público > 50 %.

Variables Endogenas

GID	Gasto en I+D en 1987.
PERSID	Personal empleado en I+D
PERSEM	Personal ID/empleo total
GID/PERS	Gasto de I+D por empleado en I+D
GID/EMPLEO	Gasto de I+D por empleado
HACDTI	Binaria; valor=1 si tiene o ha tenido ayuda CDTI
PROCES	Binaria; valor=1 si objetivo ID es reducir costes
FUNDAP	Binaria; valor=1 si hace ID básica o aplicada
HORIZ	Binaria; valor=1 si espera resultados a + 5 años

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Brandts, J., I. Busom, R. Caminal, T. García-Mila, X. Martínez Giralt, C. Matutes, X. Vives (1989), 'An overall evaluation of the state of R&D in Spain', Report to the Commission of the European Communities, Contract PSS*/0082/00.
- CDTI, Memoria 1988. Ministerio de Industria.
- Delbono, F. y V. Denicolò (1990), 'R&D investment in a symmetric and homogeneous oligopoly', *International Journal of Industrial Organization* 8.
- Dixit, A. (1988), 'A general model of R&D competition and policy', *Rand Journal of Economics*, Vol 19. Autumn.
- Greene, W. (1988), LIMDEP Version 5.
- Griliches, Z. (1986), 'Productivity, R&D and Basic Research at the Firm Level in the 1970's', *American Economic Review*, March.
- Grossman, G.M. (1990), 'La promotion des nouvelles activités industrielles: analyses et observations récentes', *Revue Economique de l'OCDE*, Num 14, Printemps.
- Heckman, J.J. (1979), 'Sample Selection Bias as a Specification Error', *Econometrica* 47.
- Heckman, J.J. y R. Robb (1985), 'Alternative methods for evaluating the impact of interventions', en *Longitudinal Analysis of Labor Market Data*, editado por J. Heckman y B. Singer, Cambridge University Press.
- Isac, J.Ma. (1988), 'Las ayudas públicas a la I+D: España y otros países', *Economía Industrial*, Num 259.
- Lafuente A., V. Salas y M.J. Yagüe (1985), 'Formación de capital tecnológico en la industria española', *Revista Española de Economía*, Vol 2.
- Lichtenberg, F.R. (1987), 'The Effect of Government Funding on Private Industrial Research and Development: a Re-sassessment', *The Journal of Industrial Economics*, September.
- Martín, C. (1988), 'Fundamentos económicos de la política tecnológica', *Economía Industrial*, Num 259.

Meng, Chun-lo y Peter Schmidt (1983), 'On the cost of partial observability in the bivariate probit model', mimeo.

Poirier, D.J. (1980), 'Partial observability in bivariate probit models', *Journal of Econometrics* 12.

Stoneman P. (1987), 'The economic analysis of technology policy', Oxford University Press.





