

INNOVACIÓN, COSTES IRRECUPERABLES E INCENTIVOS A LA I+D

Xulia GONZÁLEZ
Jordi JAUMANDREU
Consuelo PAZÓ (*)

I. INTRODUCCIÓN

EN cuanto se va más allá del terreno de las cifras agregadas, donde se acostumbra a insistir en el escaso esfuerzo tecnológico (gastos en I+D/PIB) realizado en España en relación con el de otros países, se descubre una realidad muy heterogénea, en la que la magnitud de las actividades de I+D difiere enormemente por sectores y empresas. En particular, se pone de manifiesto que una fracción muy significativa de las empresas industriales no participa en las actividades de I+D (el 80 por 100 de las empresas de menor tamaño y el 25 por 100 de las de mayor, véase más adelante). Este fenómeno, que por otra parte no es exclusivo de nuestro país, constituye un aspecto importante de la explicación del escaso nivel alcanzado por las actividades innovadoras. Entender por qué y cómo se produce parece, en consecuencia, una tarea relevante. Además, profundizar en el análisis económico de las decisiones de I+D permite tratar de identificar los factores que subyacen y obtener conclusiones útiles para el diseño de las políticas incentivadoras de la I+D. Este artículo está dedicado a estos temas, recogiendo discusiones y resultados contenidos en una línea de trabajo reciente desarrollada por los autores que, en lo empírico, utiliza los datos microeconómicos de la *Encuesta sobre estrategias empresariales* (ESEE) (1).

Desde el punto de vista metodológico, parece sensato tratar conjuntamente el problema de la decisión de invertir o no en actividades de I+D con el de la magnitud de esa inversión cuando la decisión es positiva. En realidad, son sólo dos aspectos de una misma decisión económica, y ambos están relacionados con la rentabilidad esperada de la inversión. Este punto de vista, sin embargo, no ha sido siempre el adoptado en los análisis del gasto en I+D de carácter microeconómico. En este artículo, se aborda el análisis de la decisión de invertir en I+D y de la decisión de la magnitud de dicha inversión desde una perspectiva de modelización estructural, lo que permite derivar un modelo económico con el que cuantificar la importancia de los distintos determinantes.

La idea central de la que se parte es sencilla. Se supone que las empresas pueden incrementar su demanda mejorando la calidad de sus productos a través de las actividades de I+D (2). Pero la obtención de resultados de las actividades de I+D está sujeta a ciertas restricciones tecnológicas. En particular, se considera que los recursos a emplear en las actividades de I+D están sujetos a indivisibilidades (una idea comúnmente aceptada en la literatura y planteada inicialmente por Arrow, 1962) que implican la aparición de costes irre recuperables. La necesidad de un gasto mínimo irre recuperable en I+D determina, junto con las características de la demanda y las oportunidades tecnológicas que encara la empresa, un umbral de rentabilidad por debajo del cual a las empresas no les resulta rentable invertir en I+D. Con gastos en I+D por debajo del umbral existen asignaciones posibles, pero el efecto que tienen sobre la demanda no es suficiente para que los beneficios que se generan cubran el gasto realizado. Las empresas que se encuentren en estas circunstancias se contentarán con ofrecer la calidad mínima, o estándar, determinada por el «estado de las artes», es decir, por el nivel tecnológico ya incorporado en sus procesos productivos, y que es alcanzable por todas las empresas.

El interés de construir modelos estructurales acerca de las decisiones de inversión se encuentra en identificar los factores que influyen en estas decisiones, de modo que si se dispone de datos microeconómicos adecuados, se pueda cuantificar el impacto de cada uno de ellos. Así, el modelo explicado permite tratar los determinantes de los umbrales de rentabilidad y, en particular, los que por su papel se pueden denominar «barreras a la innovación». Esto es lo que se ha realizado mediante su estimación con datos de las empresas manufactureras durante los años noventa.

Este modelo puede ser utilizado además para discutir el impacto de los incentivos públicos a la I+D. Un nivel dado de actividades de I+D puede corresponderse con costes efectivos diferentes, debido a la presencia de subvenciones, desgravaciones fiscales y/o créditos blandos. En consecuencia, este tipo de medidas puede provocar modificaciones tanto en la decisión de emprender o no actividades de I+D como en el gasto óptimo de las empresas que invierten. Las ayudas esperadas constituyen, pues, un factor importante en las decisiones de inversión en I+D. Su consideración en un modelo econométrico estructural debe permitir, además, tanto evaluar su impacto sobre la proporción de empresas que emprenden estas actividades, como cuantificar la magnitud que deberían

alcanzar para que las empresas superen determinadas «barreras» a la innovación.

El resto de este artículo está organizado como sigue. En el segundo apartado, se explica con más detalle el modelo que se plantea para tratar de explicar las decisiones de las empresas respecto a las actividades de I+D. En el tercer y cuarto apartados, se presentan respectivamente un análisis descriptivo de la información disponible y los resultados econométricos obtenidos sobre los determinantes del esfuerzo y umbrales. En el quinto apartado, se explica la aplicación del modelo al análisis del impacto de las ayudas públicas a la innovación. En el sexto, se proporciona alguna evidencia empírica sobre subvenciones. En el séptimo apartado, se resumen las principales conclusiones.

II. LA DECISIÓN DE INVERTIR EN I+D: MARCO TEÓRICO

En este apartado, se presenta el modelo general para analizar la decisión individual de las empresas de llevar a cabo actividades de I+D de producto. En primer lugar, se caracteriza la demanda de la empresa, a continuación se plantea la restricción tecnológica, y por último se discute la elección del gasto óptimo en I+D.

Supóngase que la demanda a la que se enfrenta la empresa, $q(p, s)$, depende del precio que fije para su producto (p) y de la calidad del bien (s). La relación es decreciente en el precio y creciente en calidad, de manera que mayores niveles de calidad ocasionan incrementos en la demanda para un precio dado.

La empresa puede mejorar la calidad del producto que ofrece, incurriendo en gastos en I+D, que se denotarán por x . Esto es, $s = s(x)$. Sin embargo, debido a la presencia de indivisibilidades o costes irre recuperables, la calidad sólo se incrementa a partir de un nivel mínimo de gasto, que denotamos por \underline{x} . Existe una calidad mínima para los productos, $s(0)$, implicada en los elementos ya presentes en el proceso productivo y que es alcanzable sin incurrir en gastos en I+D. Dado un precio, la relación entre el gasto en I+D y el *output* de la empresa se puede representar gráficamente a través de la frontera de gasto en I+D-*output* (máximo *output* alcanzable para cada nivel de gasto), tal y como muestra el panel A del gráfico 1. Al gasto mínimo en I+D \underline{x} , le corresponde q , el *output* de la empresa cuando su producto ofrece una calidad estándar o mínima. Sólo cuando se supera este nivel de gasto mínimo la frontera es creciente y cóncava.

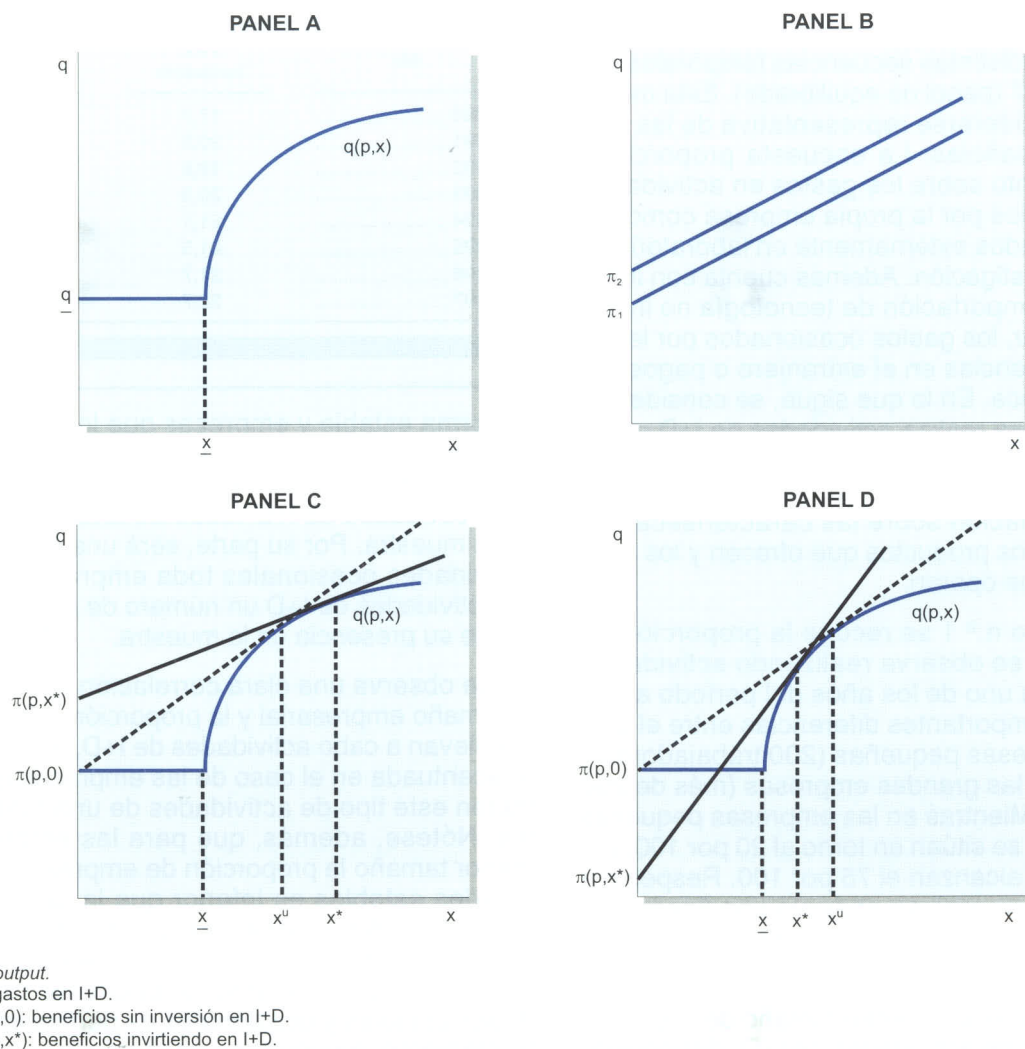
La forma y la pendiente de la frontera vienen determinadas por la influencia de la calidad sobre la demanda y la relación entre los gastos en I+D y el nivel de calidad, es decir, la tecnología para producir calidad.

Supóngase que el objetivo de la empresa es elegir aquel nivel de gasto que maximice sus beneficios. En el panel B del gráfico 1 se representan las rectas isobeneficio de la empresa (para un precio dado p). Estas rectas corresponden a un mayor beneficio cuando más alejadas se encuentran del eje de abscisas (por ejemplo $\Pi_2 > \Pi_1$). Denótese por x^* el gasto en I+D que corresponde al punto de tangencia de la frontera $q(p, x)$ con la curva isobeneficio más alejada del origen.

Para decidir si hacer I+D es una actividad rentable, la empresa debe comparar los beneficios que se obtienen realizando este nivel de gasto en I+D (x^*) con los que puede alcanzar ofreciendo la calidad estándar (sin gasto en I+D). Existe un gasto «umbral de rentabilidad» (x^u) para el cual la empresa será indiferente entre realizar gasto en I+D o no, porque los beneficios son los mismos. Es decir, $\Pi(p, x^u) = \Pi(p, 0)$. Invertir en I+D una cantidad inferior a x^u es menos rentable para la empresa que no incurrir en actividades de I+D. Este gasto umbral permite entender la decisión de la empresa y establecer una regla de observabilidad de la inversión en I+D. Cuando el gasto dado por la condición de tangencia es mayor que el gasto umbral de rentabilidad, observaremos a la empresa realizando actividades de I+D (situación que ilustra el panel C del gráfico 1). Cuando x^* se sitúa a la izquierda del gasto umbral, lo más rentable para la empresa es ofrecer su producto con la calidad estándar (Panel D).

Este modelo permite, pese a su sencillez, analizar muchos factores que subyacen a la decisión de invertir en I+D y a la cuantía de la inversión en el caso de llevarse a cabo. Nótese que la frontera de posibilidades que ofrece la innovación depende de dos factores que pertenecen, fundamentalmente, al entorno de la empresa o mercado en el que opera. Son la sensibilidad que la demanda presenta a la calidad (algo que pertenece a las «características de la demanda») y la facilidad con que los gastos en I+D pueden ser convertidos en innovaciones que aumentan la calidad (algo que generalmente se califica como las «oportunidades tecnológicas» que presenta el mercado). Igualmente, el gasto tecnológico mínimo puede considerarse un factor correspondiente al entorno, que vendrá dictado básicamente por la tecnología, aunque también pesarán aspectos como las externalidades que operen en el ambiente que rodea a la empre-

GRÁFICO 1
GASTOS EN I+D, OUTPUT Y RENTABILIDAD



sa. Por otra parte, la pendiente de las curvas iso-beneficio depende inversamente del margen precio coste de la empresa, lo que, a su vez, depende de su poder de mercado y de su eficiencia.

El modelo indica, en consecuencia, que en las decisiones de las empresas cuentan, en primer lugar, las condiciones del entorno (características de la demanda y oportunidades tecnológicas). Pero también que, dado el entorno, las empresas que presentan una mayor rentabilidad (ya sea debido a su poder de mercado, ya a su eficiencia productiva) tendrán una mayor propensión a invertir en ac-

tividades de I+D y a realizar mayores esfuerzos. En el modelo se pueden incorporar además fácilmente factores idiosincrásicos de las empresas, como pueden ser la dependencia de la demanda de calidad a la reputación previamente establecida o la existencia de habilidades específicas en la generación de innovaciones, que influirán en las condiciones de la demanda y las oportunidades tecnológicas.

III. ANÁLISIS EMPÍRICO: LOS DATOS

Los datos empleados en el análisis provienen de la *Encuesta sobre estrategias empresariales* (ESEE). La muestra que se utiliza está formada por unas 2.000 empresas manufactureras españolas, observadas en distintas secuencias temporales durante 1990-1997 (panel no equilibrado). Esta muestra puede considerarse representativa de las manufacturas españolas. La encuesta proporciona información tanto sobre los gastos en actividades de I+D realizados por la propia empresa como sobre los contratados externamente en laboratorios o centros de investigación. Además cuenta con información sobre importación de tecnología no incorporada, es decir, los gastos ocasionados por la adquisición de licencias en el extranjero o pagos por asistencia técnica. En lo que sigue, se considerará que una empresa realiza actividades de I+D cuando declara haber realizado un gasto positivo en alguna de estas actividades. La ESEE proporciona además información sobre las características de las empresas, los productos que ofrecen y los mercados en los que operan.

En el cuadro n.º 1 se recoge la proporción de empresas que se observa realizando actividades de I+D en cada uno de los años del período analizado. Existen importantes diferencias entre el grupo de las empresas pequeñas (200 trabajadores y menos) y el de las grandes empresas (más de 200 trabajadores). Mientras en las empresas pequeñas los porcentajes se sitúan en torno al 20 por 100, entre las grandes alcanzan el 75 por 100. Respecto a la evolución temporal, se observa una ligera tendencia creciente a lo largo del período.

El cuadro n.º 2 recoge información más detallada respecto a la relación entre tamaño de la empresa y realización de actividades de I+D, distinguiendo entre empresas que realizan estas actividades

CUADRO N.º 1

EMPRESAS CON ACTIVIDADES DE I+D
(Porcentaje de empresas)

Año	≤ 200 trabajadores	> 200 trabajadores
1990.....	17,7	73,0
1991.....	20,5	73,9
1992.....	19,8	74,4
1993.....	20,9	74,7
1994.....	21,1	75,6
1995.....	21,5	72,9
1996.....	21,7	75,4
1997.....	22,7	76,8

de forma estable y empresas que lo hacen de forma ocasional. Se ha indentificado como empresa con actividades estables aquella empresa que realiza actividades de I+D todos los años que aparece en la muestra. Por su parte, será una empresa con actividades ocasionales toda empresa que realiza actividades de I+D un número de años inferior a los de su presencia en la muestra.

Se observa una clara correlación positiva entre el tamaño empresarial y la proporción de empresas que llevan a cabo actividades de I+D, especialmente acentuada en el caso de las empresas que acometen este tipo de actividades de una forma estable. Nótese, además, que para las empresas de menor tamaño la proporción de empresas con actividades estables es inferior que la de empresas con actividades ocasionales, y que esta relación se invierte para tramos de tamaño superiores. La diferencia entre proporciones de empresas con actividades estables y ocasionales es permanentemente creciente, haciéndose positiva para empresas con un tamaño superior a 100 trabajadores.

CUADRO N.º 2

EMPRESAS CON ACTIVIDADES DE I+D POR TAMAÑOS
(Porcentaje de empresas)

Tamaño empresa	Estables	Ocasionales	Total
≤ 20 trabajadores.....	5,5	15,7	21,2
Entre 21 y 50	10,4	18,3	28,7
Entre 51 y 100	19,5	24,4	43,9
Entre 101 y 200	36,0	27,0	63,0
Entre 201 y 500	46,7	35,5	82,2
Más de 500	65,1	26,1	91,2

Conviene poner de manifiesto que las diferencias observadas en la probabilidad de realizar actividades de I+D en relación con el tamaño se reproducen por sectores de actividad. Por el contrario, los datos sectoriales también revelan que —sector a sector— las empresas de menor tamaño que emprenden actividades presentan esfuerzos superiores a las de mayor tamaño. El cuadro n.º 3 proporciona información detallada por sectores de la proporción de empresas que realizan actividades de I+D en algún año del período considerado, así como el esfuerzo medio realizado, distinguiendo entre las empresas de más y menos de 200 trabajadores. El esfuerzo tecnológico realizado por las empresas se mide promediando los porcentajes de las ventas destinadas a actividades de I+D en los años en que realizan gastos positivos.

El porcentaje de empresas con actividades de I+D cambia notablemente por sectores, presentando valores que van desde el 18 por 100 al 68 por 100 para las empresas pequeñas y medianas, y desde el 56 por 100 al 100 por 100 para las grandes. El esfuerzo de las empresas varía también considerablemente por sectores y tamaños, adoptando valores que van desde el 0,55 por 100 al 4,4 por 100. El grupo de sectores más innovadores es-

tá constituido, como ocurre en todos los países, por los sectores de productos químicos, maquinaria y material de transporte. En la mayor parte de los sectores, el esfuerzo tecnológico de las empresas más pequeñas es mayor que el esfuerzo de las mayores.

IV. ANÁLISIS EMPÍRICO: MODELO ECONOMÉTRICO

El modelo utilizado para explicar las decisiones de I+D sugiere que para todas las empresas existe un esfuerzo óptimo en caso de invertir, correspondiente a algún punto de la frontera de posibilidades, aunque este esfuerzo sólo se observe en las empresas que efectivamente invierten (al comprobar que el esfuerzo óptimo en caso de invertir supera el umbral de rentabilidad). El esfuerzo óptimo es, pues, una variable sólo parcialmente observada (censurada), cuyos determinantes pueden estudiarse con propiedad en un modelo econométrico en el que la observabilidad de la variable dependiente se modelice dependiendo del rebasamiento de un umbral que tiene sus propios determinantes (*tobit* generalizado con umbral). El modelo econométrico tiene la siguiente forma:

CUADRO N.º 3

EMPRESAS CON ACTIVIDADES DE I+D Y ESFUERZO TECNOLÓGICO (Porcentaje de empresas y gasto I+D/ventas en porcentaje)

Sector de actividad	≤ 200 TRABAJADORES		> 200 TRABAJADORES	
	Empresas con actividades	Esfuerzo	Empresas con actividades	Esfuerzo
1. Metales férreos y no férreos	46,1	1,13	84,2	0,67
2. Productos minerales no metálicos	27,3	1,99	83,1	1,25
3. Productos químicos.....	68,7	2,59	97,9	3,43
4. Productos metálicos	29,2	1,90	81,7	1,50
5. Máquinas agrícolas e industriales.....	58,3	2,45	91,8	2,58
6. Máquinas de oficina	38,9	4,44	100	3,06
7. Material y accesorios eléctricos	53,6	4,13	98,1	3,29
8. Vehículos automóviles y motores	44,5	1,73	86,8	2,56
9. Otro material de transporte	29,3	4,31	93,3	4,03
10. Carne, preparados y conservas	21,1	0,55	56,5	0,35
11. Productos alimenticios y tabaco	21,9	1,92	86,1	0,75
12. Bebidas	44,3	3,07	65,7	0,52
13. Textiles y vestido.....	19,7	3,41	74,1	1,34
14. Cuero, piel y calzado.....	26,2	1,98	77,8	0,91
15. Madera y muebles de madera.....	18,0	2,26	81,8	1,68
16. Papel, impresión	20,8	2,49	67,3	1,24
17. Productos de caucho y plástico	31,3	2,06	95,0	1,65
18. Otros productos manufacturados	24,6	2,99	90,0	2,65

$$e = \begin{cases} e^* = \alpha m + z' \beta + \varepsilon & \text{si } e^* > e^u = z' \gamma + \varepsilon' \\ 0 & \text{si } e^* \leq e^u \end{cases}$$

donde e representa el (log del) esfuerzo observado, e^* el (log del) esfuerzo óptimo y e^u (log del) el esfuerzo umbral. Por su parte, z es el vector de variables que dan cuenta de las dos elasticidades que determinan la forma de la frontera y, en consecuencia, aunque con otro impacto, también el tamaño del umbral: la elasticidad de la demanda a la calidad, y de la calidad al gasto en I+D. Además, explicando el esfuerzo, debido a su papel en la pendiente en las rectas isobeneficio, pero sin entrar en la ecuación del umbral, se tiene el (log del) margen precio coste marginal (m), que por otra parte debe tratarse como una variable endógena. La estimación de este modelo permite analizar la forma de las fronteras encaradas por las empresas así como, en particular, el tamaño y los determinantes de los umbrales.

Para aproximar la elasticidad de demanda con respecto a la calidad se emplean cuatro variables, dos son indicadores directos de las características del producto y las otras dos indicadores indirectos, relacionados con la dimensión del mercado. La primera variable, la existencia o no de control de calidad, refleja si la calidad es una característica importante del producto, lo cual implica que los consumidores presentarán una mayor respuesta a modificaciones en la misma. Se trata de una variable artificial que toma el valor uno cuando la empresa declara realizar de forma sistemática controles de calidad en el producto. La segunda variable, estandarización del producto, adopta el valor uno cuando la empresa declara producir un producto altamente estandarizado, en contraposición a productos diseñados específicamente para clientes concretos. Cuando un producto se encuentra muy estandarizado, se puede asumir que la respuesta de la demanda a cambios de calidad será pequeña. La tercera variable, la extensión del mercado, toma el valor uno cuando el principal mercado de la empresa es nacional o internacional y cero cuando es local o regional; en el primer caso, la empresa atiende a una mayor diversidad de consumidores y, por tanto, es de esperar que la demanda sea más sensible a la calidad. La cuarta variable, la intensidad exportadora (exportación sobre ventas) complementa a la anterior en el sentido de que mide la intensidad con la que los mercados internacionales están presentes.

Para aproximar la elasticidad representativa de las oportunidades tecnológicas, se emplean otras cuatro variables, que hacen referencia a caracte-

rísticas de las empresas y del entorno tecnológico en el que operan, que hacen más productivos los gastos en I+D. La primera variable, trabajo cualificado, es la proporción de personal con cualificación (ingenieros y licenciados) que la empresa tiene asignados a las tareas productivas (se excluye el personal dedicado a I+D). La segunda variable, empresa entrante, es una variable artificial que adopta el valor uno para las empresas que llevan menos de cinco años en el mercado. La inclusión de esta variable se justifica por la evidencia aportada por numerosos trabajos, según la cual las oportunidades tecnológicas cambian con el ciclo de vida del producto (disminuyendo a medida que éste avanza; véase, por ejemplo, Cohen, Levin y Mowery, 1987). La tercera variable, oportunidades de localización, es una variable artificial que toma el valor uno cuando la empresa declara que su principal planta productiva está localizada en una gran ciudad. Las ventajas que supone para las empresas la proximidad con centros de investigación, universidades, etc., han sido sugeridas en numerosos estudios sobre los determinantes de la I+D, (véase, por ejemplo, Audretsch y Feldman, 1996). Finalmente, se emplea el indicador tradicional de oportunidades tecnológicas sectoriales: para cada empresa, la media del número de patentes del resto de las empresas que operan en el mismo sector. En las estimaciones se incluyen además 18 variables artificiales de sector y 6 de tamaño, con el objetivo de recoger otros efectos que no estén explicados con las variables empleadas, así como variables artificiales temporales para controlar posibles efectos cíclicos o macroeconómicos.

El cuadro n.º 4 recoge los principales resultados de la estimación. Dado el método básico utilizado (un procedimiento tipo Heckman en dos etapas), estos resultados se pueden leer como la estimación de una ecuación de probabilidad de hacer I+D y una ecuación de esfuerzo. Sin embargo, lo más interesante es la lectura estructural de los resultados obtenidos, con la ecuación de esfuerzo proporcionando los valores óptimos del esfuerzo por empresa (sean o no observados) de acuerdo con la forma de la frontera, y la ecuación de los umbrales midiendo su magnitud y determinantes. Los resultados obtenidos avalan el marco teórico y, por tanto, esta interpretación.

En cuanto a los determinantes del esfuerzo, todas las variables incluidas para dar cuenta de las elasticidades presentan signos y magnitudes razonables, que pueden ser seguidas con facilidad en el cuadro. Quizá lo más interesante es la constatación de que, contra lo que sugiere el simple tratamiento descriptivo de los datos, no existe relación

CUADRO N.º 4

DETERMINANTES DEL ESFUERZO ÓPTIMO Y UMBRALES
(Estimación del modelo *tobit* con umbral)

<i>Variables explicativas</i>	<i>Decisión de hacer I+D</i>	<i>Esfuerzo</i>	<i>Umbrales</i>
Constante	0,102 (0,22)	-5,098 (-6,56)	-5,184
Margen precio-coste	0,801 (4,01)	0,679 (2,00)	—
Control de calidad	0,694 (15,83)	0,374 (3,05)	-0,215
Producto estandarizado.....	-0,228 (-5,53)	-0,350 (-5,85)	-0,156
Mercado extenso	0,345 (6,95)	0,409 (3,68)	0,116
Intensidad exportadora	0,393 (4,18)	0,213 (1,82)	-0,119
Trabajo cualificado	1,718 (3,88)	2,140 (4,07)	0,682
Empresa entrante	0,188 (2,00)	0,186 (1,26)	0,026
Oportunidades de localización	0,182 (3,70)	0,213 (3,59)	0,059
Media de patentes.....	0,093 (2,04)	0,385 (10,76)	0,305
21-50 trabajadores	0,271 (4,63)	-0,022 (-0,17)	-0,253
51-100 trabajadores	0,503 (6,34)	-0,064 (-0,35)	-0,491
101-200 trabajadores	0,949 (12,34)	0,079 (0,38)	-0,756
201-500 trabajadores	1,336 (21,37)	0,292 (1,24)	-0,842
Más de 500	1,635 (19,69)	0,297 (1,14)	-1,089
Variables temporales	in.	in.	in.
Variables sectoriales	in.	in.	in.
Residuo (control endogeneidad)	-0,708 (-3,53)	-0,588 (-1,74)	0,012
Ratío de Mills	—	0,909 (3,54)	—
ρ	1,10	—	—
Método de estimación	PROBIT	OLS	—
Predicciones correctas	81,98 por 100	—	—
R ²	—	21,32	—
Número observaciones	6.861	2.669	—

entre el tamaño de las empresas y el esfuerzo. Una vez controlados los determinantes del esfuerzo, sólo se aprecia una débil relación positiva entre tamaño y esfuerzo, que afecta a las empresas de gran tamaño.

Aquí se comentarán sobre todo los determinantes de los umbrales. En primer lugar, no están relacionados ni con la entrada reciente de empresas ni con la localización elegida. Este resultado sugiere que una experiencia productiva más escasa no dificulta la innovación, y que las economías de tipo geográfico son, en la época de la globalización, pequeñas (téngase en cuenta que la variable utilizada no puede discriminar adecuadamente otro tipo de economías geográficas, como las derivadas de la localización en parques tecnológicos).

En segundo lugar, actúan elevando los umbrales, y en consecuencia son barreras a la innovación, la extensión del mercado y el carácter complejo (tecnológicamente avanzado) del producto. El segundo aspecto queda subrayado por la importan-

cia de los umbrales allí donde el *input* trabajo necesario para producir los bienes tiene un carácter muy cualificado; estos bienes son poco estándar y el entorno está formado por un alto número de innovaciones patentadas. Existe, por el contrario, un factor que facilita claramente la disminución de los umbrales, y por tanto la innovación: la sensibilidad de la demanda a la calidad. Éste es probablemente también el factor que se expresa en los menores umbrales de los bienes altamente exportados.

Finalmente, los resultados señalan que en los umbrales de esfuerzo permanece un efecto inverso relacionado con el tamaño. Las empresas de menor tamaño parece que deben realizar inversiones proporcionalmente mayores en relación con su tamaño, aunque nótese también que el efecto de tales inversiones es atenuar la diferencia del gasto de estas empresas con el de las grandes. El tamaño en sí puede constituir una ventaja si existen, en las empresas de mayor tamaño, actividades complementarias que proporcionan economías de alcance en la realización de las actividades de I+D.

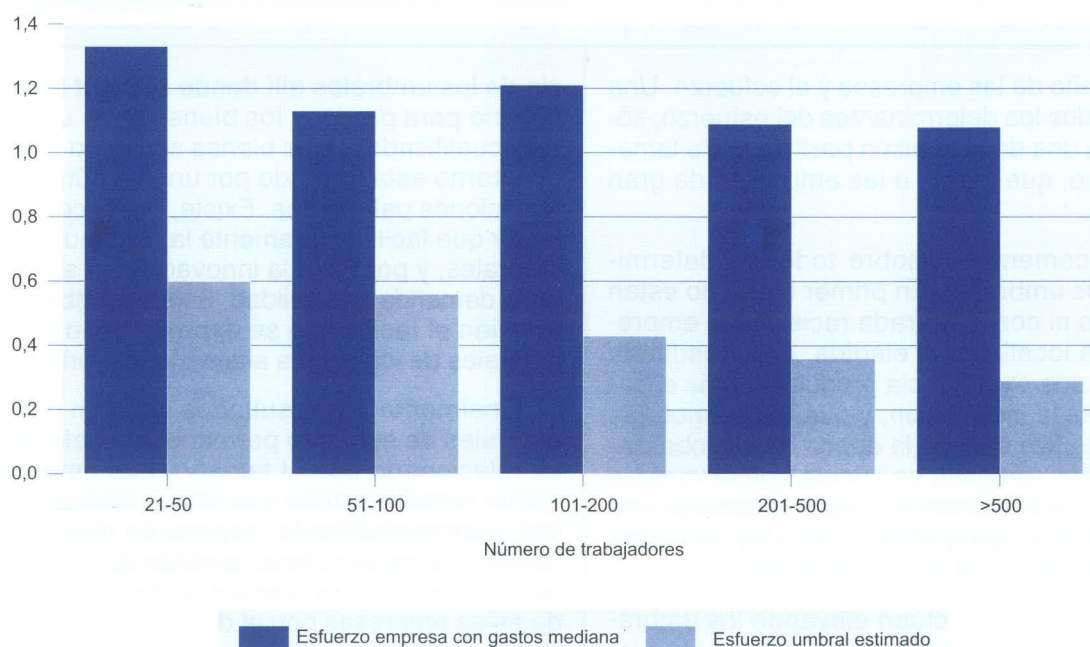
A partir de la estimación de los parámetros de la ecuación de umbrales, es posible obtener los valores predichos de éstos para cada tramo de tamaño y empresa. El gráfico 2 muestra el esfuerzo tecnológico observado para la empresa mediana en cada tramo y la correspondiente predicción del umbral. Como cabía esperar, el umbral estimado se sitúa siempre por debajo del esfuerzo observado, lo que es consistente con los resultados del modelo teórico. Se observa además que el umbral desciende a medida que aumenta el tamaño, siendo la distancia entre el esfuerzo observado y el umbral mayor en el caso de las grandes empresas que en el de las pequeñas. La empresa mediana en el grupo de empresas entre 21 y 50 trabajadores presenta un esfuerzo tecnológico que duplica al umbral, mientras que la empresa mediana correspondiente al grupo de grandes empresas presenta un esfuerzo observado casi cuatro veces mayor que el umbral.

V. INCENTIVOS A LA I+D

Las actividades que conducen a la innovación han sido tradicionalmente consideradas actividades que deben ser incentivadas mediante políticas públicas, para tratar de evitar las asignaciones socialmente subóptimas que se derivan de los conocidos fallos de mercado que les afectan (véase, por ejemplo, Martín, 1988). Además, en consonancia con la importancia que en la práctica han adquirido las ayudas, recientemente se ha acrecentado el interés por el diseño de las políticas de fomento de la I+D y por la elección de los instrumentos más eficientes. En este marco, resulta importante entender cómo las ayudas pueden estimular la realización de proyectos de I+D en empresas que en caso contrario no los emprenderían, e integrar este análisis como una pieza necesaria de la evaluación más general del impacto de los incentivos (3). Una pequeña modificación del modelo del apartado II puede ayudar a hacerlo.

En los paneles C y D del gráfico 1 puede comprobarse que la pendiente de las rectas isobenefi-

GRÁFICO 2
ESFUERZO UMBRAL Y MUESTRAL
(Puntos porcentuales)



cio influye de manera determinante en si la empresa traspasa el umbral de gasto y en el nivel de gasto emprendido. Esta pendiente depende exclusivamente del margen precio coste, o rentabilidad unitaria obtenida por la empresa en sus ventas, y del coste monetario efectivo de las actividades de I+D. Para una misma frontera de posibilidades de producción, todas las empresas con el mismo poder de mercado (representado por el margen precio coste) y el mismo coste para cada nivel de actividades de I+D adoptarían la misma decisión. Sin embargo, resulta natural pensar que el coste monetario efectivo de un determinado nivel de actividad en I+D puede también diferir ampliamente por empresas.

En primer lugar, si la empresa tiene acceso a algún tipo de ayuda, recuperará una proporción del coste como resultado de la aplicación de la misma (sea cual sea el mecanismo: subvenciones, desgravación fiscal, etc.). En segundo lugar, la financiación de unos mismos gastos de I+D puede representar para las empresas costes monetarios distintos de acuerdo con las condiciones de liquidez y de acceso al crédito de la empresa (primas de riesgo, tipos altos, etc.). Se pueden tener en cuenta estas circunstancias haciendo depender los beneficios de la empresa del gasto efectivo en I+D, contabilizando éste como el resultado de multiplicar el gasto nominal, x , por el término $(1 - \rho)$, donde ρ representa el tanto por uno en el que el gasto nominal se ve modificado como consecuencia de la existencia de factores que lo incrementan (ρ negativo) o lo reducen (ρ positivo). En el caso en el que la única diferencia provenga de las subvenciones, ρ representa la proporción de gastos en I+D emprendidos por la empresa cubiertos mediante financiación pública (cobertura). En cualquiera de los casos, la pendiente de las rectas isobeneficio, y en consecuencia la decisión de la empresa depende ahora también de ρ .

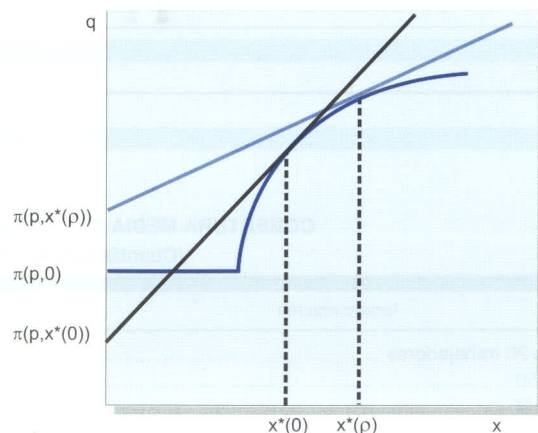
Esto permite discutir de forma sencilla el impacto de las ayudas sobre la decisión de hacer I+D y sobre el esfuerzo. A mayor cobertura de las ayudas, las rectas isobeneficio presentarán una menor inclinación y, en consecuencia, si todo lo demás permanece constante, determinarán un punto de tangencia desplazado hacia la derecha (gráfico 3). Las ayudas son, pues, por una parte, susceptibles de hacer que algunas empresas emprendan actividades de I+D que en su ausencia no hubieran emprendido (la ayuda consigue que se supere el umbral de rentabilidad). Y, por otra, incrementan el gasto en I+D de aquellas empresas que en cualquier caso hubieran llevado a cabo un gasto positivo. Es fácil comprobar que, según el modelo, el

esfuerzo realizado por la empresa aumenta aproximadamente en un ρ por 100.

En el momento de adoptar decisiones de gasto, las empresas probablemente se enfrentan a menudo a cierta incertidumbre sobre las ayudas que acabarán percibiendo. Esto implica que la magnitud relevante para la toma de decisiones es el ρ anticipado por las empresas o ρ esperado (ρ^e). Este ρ^e resume la probabilidad que la empresa atribuye a que le sea concedida una ayuda, en caso de que decida solicitarla, y la cuantía esperada en caso de que se le conceda.

Esta ampliación del modelo teórico sugiere un modelo econométrico para evaluar en la práctica el impacto de las ayudas en las decisiones de las empresas. La estimación de este modelo, que podría realizarse en términos muy parecidos al anteriormente expuesto, exige sin embargo resolver previamente un problema difícil: la estimación de la variable inobservable ρ^e . La estimación de un modelo así permitiría valorar cómo las ayudas pueden influir en el número de empresas que emprenden gastos de I+D, así como las ayudas necesarias para neutralizar el impacto de determinadas «barreras» a la actividad innovadora, como son los distintos factores que incrementan los umbrales. No disponiendo más que de estimaciones muy preliminares de un modelo de este tipo, que sin embargo confirman el impacto positivo de las subvenciones

GRÁFICO 3
DECISIÓN ÓPTIMA BAJO UN INCENTIVO ρ



esperadas por las empresas, en lo que sigue únicamente se comentarán algunos rasgos importantes de las ayudas percibidas en forma de subvenciones por las empresas manufactureras españolas en la década de los noventa.

VI. ALGUNOS HECHOS SOBRE LAS SUBVENCIONES

Aunque las subvenciones no constituyen más que una parte de las ayudas que perciben las empresas manufactureras españolas (existen además desgravaciones fiscales, créditos blandos,...), son un componente muy importante de aquéllas. Los datos de la ESEE, que preguntan explícitamente a las empresas por la financiación pública recibida y su origen (autonómico, estatal, otros), permiten reconstruir un panorama de lo que en la década de los noventa ha representado este tipo de ayudas.

En primer lugar, en general, sólo una parte minoritaria de las empresas que realizan gastos de I+D recibe financiación pública (véase el cuadro

número 5). La proporción que recibe alguna financiación es, además, claramente creciente con el tamaño de las empresas. Sólo entre las empresas de tamaño muy grande (más de 500 trabajadores) que mantienen gastos de I+D regulares, la recepción de subvenciones alcanza a la mayoría. En la proporción de empresas que no reciben ninguna subvención, no es posible separar los efectos de la «no petición» y de la «no concesión». Sin embargo, todo apunta a un peso importante de la autoselección, fenómeno por el que una parte de las empresas no acude a las convocatorias correspondientes.

En segundo lugar, según la información presentada en el cuadro n.º 6, la cobertura de las subvenciones (cuantía de la subvención/gastos de I+D) oscila entre el 20 y el 40 por 100 y, al contrario que la obtención, no presenta una relación clara con el tamaño de las empresas (aunque las empresas de tamaño grande parecen obtener menor cobertura de sus inversiones). Esto parece apuntar a que los proyectos de I+D presentados por las empresas de menor tamaño no muestran diferencias sustanciales que impliquen diferencias de financiación.

CUADRO N.º 5

EMPRESAS QUE RECIBEN SUBVENCIÓN ALGÚN AÑO (1990 A 1997) (Porcentaje de empresas)

Tamaño empresa	Todas las actividades	Actividades estables	Actividades ocasionales
≤ de 20 trabajadores	15,5	16,7	15,1
21-50	19,0	10,3	26,8
51-100	32,7	31,1	33,9
101-200	31,3	31,2	31,6
201-500	40,8	49,6	28,9
> 500	55,6	63,5	35,9

CUADRO N.º 6

COBERTURA MEDIA DE LAS EMPRESAS QUE RECIBEN SUBVENCIONES (Cuantía subvención / gasto en I+D, porcentaje)

Tamaño empresa	Todas las actividades	Actividades estables	Actividades ocasionales
≤ de 20 trabajadores	23,6	42,7	36,8
21- 50	38,9	43,9	42,9
51-100	28,2	23,5	25,6
101-200	34,8	43,2	38,5
201-500	23,4	28,8	24,9
> 500	16,9	21,9	17,8

En tercer lugar (véase el cuadro n.º 7), existe una clara asociación positiva entre la recepción de subvenciones y el esfuerzo en I+D. Las empresas de más de 200 trabajadores que reciben subvenciones presentan un esfuerzo superior al resto, en torno a un punto y medio porcentual. Las empresas de 200 y menos trabajadores con subvenciones presentan un esfuerzo superior al resto aproximadamente en dos puntos porcentuales. Además, las primeras pruebas realizadas para un modelo de evaluación del impacto de las ayudas confirman que, incluso utilizando estimaciones elementales de las subvenciones esperadas, éstas tiene un impacto positivo en el esfuerzo (controlando por el resto de determinantes del esfuerzo).

VII. CONCLUSIONES

Este trabajo formaliza una explicación para la decisión de las empresas de realizar o no I+D que se basa en la existencia de umbrales de rentabilidad en tales actividades. Estos umbrales están determinados por indivisibilidades en los recursos que facilitan la aparición de costes irre recuperables. Las empresas emprenden entonces las inversiones óptimas en I+D sólo cuando los gastos proporcionan un retorno suficiente.

El gasto óptimo viene determinado por la sensibilidad de la demanda a la calidad, las oportunidades tecnológicas y la rentabilidad que las empresas pueden obtener de sus ventas, expresada por el margen precio coste. El gasto umbral está determinado por los dos primeros factores y el tamaño de las indivisibilidades. En la práctica, una proporción importante de empresas no emprende actividad alguna de I+D, de manera que cabe suponer que no encuentran la oportunidad de realizar un gasto rentable (sus gastos óptimos no superan el umbral).

Este marco teórico permite construir un modelo econométrico para medir a la vez los determinantes del esfuerzo en I+D de las empresas que emprenden estos gastos y de los umbrales de rentabilidad de las que se inhiben. Este modelo ha sido estimado con datos de empresas, proporcionando resultados esclarecedores. Los resultados señalan, en primer lugar, un acuerdo básico de los datos con el mecanismo explicativo propuesto, y una cierta importancia cuantitativa de los umbrales (evaluados por sectores de actividad en una cuantía que alcanza entre la mitad y la quinta parte del esfuerzo de la empresa con gastos mediana).

Los umbrales aparecen asociados a la extensión de los mercados y a la complejidad tecnológica de los productos comercializados, pero una mayor sensibilidad de la demanda a la calidad los reduce. No se encuentra evidencia de que las empresas de reciente creación encuentren umbrales más elevados ni que la localización geográfica sea muy importante. Los umbrales son mayores, en cambio, para las empresas de menor dimensión, probablemente debido a la falta de operación de ciertas economías de alcance presentes en las de mayor tamaño. Parece claro, en consecuencia, que estos umbrales son difícilmente evitables, en especial en las actividades de futuro. Sin embargo, los resultados también sugieren que políticas de elevación de la sensibilidad a la calidad y de generación de externalidades dirigidas a las empresas de menor dimensión pueden reducirlos.

Los incentivos a la innovación, que siempre han sido considerados una política necesaria para evitar asignaciones subóptimas, son importantes porque pueden estimular el esfuerzo, pero también porque pueden determinar el emprendimiento de actividades y proyectos de I+D ayudando a superar los umbrales de rentabilidad. Los datos de subvenciones en las manufacturas españolas a lo largo de esta década muestran que sólo una pequeña parte de las empresas que tienen actividades de I+D ha accedido a este tipo de ayudas, y que se trata preferentemente de empresas grandes. Sin embargo, los datos revelan una clara asociación positiva entre ayudas y esfuerzo de las empresas, que además resulta ser válida y similar para los distintos tamaños de empresas. El mecanismo de incentivos en funcionamiento parece, en consecuencia, estar aquejado de defectos que limitan su eficiencia y que, en particular, pueden concederle un papel limitado en el estímulo del emprendimiento de actividades. Son temas sobre los que conviene investigar para diseñar políticas capaces de hacer frente a los nuevos desafíos tecnológicos. Utilizando el marco teórico anterior, se está traba-

CUADRO N.º 7

ESFUERZO EN I+D CON Y SIN SUBVENCIONES (Puntos porcentuales)

Tamaño empresa	Empresas con subvención	Empresas sin subvención
≤ de 20 trabajadores	4,35	2,75
21-50.....	2,64	2,39
51-100.....	3,83	1,39
101-200.....	3,27	2,02
201-500.....	2,52	1,71
> 500.....	2,74	1,51

jando para construir un modelo econométrico capaz de cuantificar el impacto de las ayudas en las decisiones de inversión, así como la magnitud necesaria de las ayudas para reducir las distintas barreras a la innovación.

NOTAS

(1) Véase GONZÁLEZ y JAUMANDREU (1998) y GONZÁLEZ, JAUMANDREU y PAZÓ (1999). Otros trabajos clásicos con énfasis en las decisiones microeconómicas son, por ejemplo, LEVIN y REISS (1998), COHEN, LEVIN y MOWERY (1987), COHEN y KLEPPER (1996), KLETTE y REISS (1997).

(2) La mayoría de los trabajos teóricos y empíricos se ha centrado en las actividades de I+D en proceso. Sin embargo, la evidencia empírica apunta hacia la mayor cuantía de los gastos en I+D en producto o mixtos. Por ejemplo, SCHERER (1984) plantea que la mayor parte de la I+D industrial es de producto (75,4 por 100 de los gastos en I+D de las empresas americanas se dedican a I+D de producto). En España, de acuerdo con la encuesta de innovación del INE (1997), en 1994 el 65 por 100 de los gastos en I+D se dedicó a innovaciones en producto y solamente un 2 por 100 de las empresas realizó exclusivamente actividades de I+D en proceso.

(3) Numerosos trabajos han tratado de evaluar los distintos instrumentos de promoción de la I+D con datos de la economía americana (véanse por ejemplo, HALL, 1992, o MAMUNEAS y NADIRI, 1996). Sin embargo, apenas existen trabajos para la economía española que traten de cuantificar el efecto de las subvenciones públicas a la I+D, destacando el realizado por BUSOM (1991), según el cual existiría un efecto de sustitución parcial de los fondos privados dedicados a actividades de I+D por los recibidos de entidades públicas.

BIBLIOGRAFÍA

ARROW, K. (1962), «Economic welfare and the allocation of resources for inventions», en R. NELSON (ed.), *The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton University Press.

AUDRETSCH, D., y FELDMAN, M. (1996), «R&D spillovers and the geography of innovation and production», *American Economic Review*, 866, págs. 630-640.

BUSOM, I. (1991), «Impacto de las ayudas públicas a las actividades de I+D de las empresas: un análisis empírico», *Revista de Economía Pública*, 2.

COHEN, W. M., y KLEPPER, S. (1996), «A reprise of size and R&D», *The Economic Journal*, 106, págs. 925-951.

COHEN, W. M.; LEVIN, R. C., y MOWERY, D. C. (1987), «Firm size and R&D intensity: a re-examination», *Journal of Industrial Economics*, 35, págs. 543-63.

GONZÁLEZ, X., y JAUMANDREU, J. (1998), «Threshold effects in product R&D decisions: theoretical framework and empirical analysis», *Documento de Trabajo*, 9803, PIE-FEP.

GONZÁLEZ, X.; JAUMANDREU, J., y PAZÓ, C. (1999), «Impacto de las subvenciones en las decisiones de I+D», mimeo.

HALL, B. (1992), «Investment and research and development at the firm level: does the source of financing matter», *NBER Discussion Paper*, n.º 4096.

INE (1997), *Encuesta sobre innovación tecnológica en las empresas, 1994*, INE, Madrid.

KLETTE, J., y REISS, P. (1997), «Empirical patterns of firm growth and R&D investment: a quality ladder model interpretation», *Working Paper*, n.º 6945, NBER.

LEVIN, R., y REISS, P. (1988), «Cost-reducing and demand-creating R&D with spillovers», *Rand Journal of Economics*, 19, páginas 538-556.

MAMUNEAS, T., y NADIRI, I. (1996), «Public R&D policies and cost behavior of the US manufacturing industries», *Journal of Public Economics*, 63, págs. 57-81.

MARTÍN, C. (1988), «Fundamentos teóricos de la política tecnológica», *Economía Industrial*, n.º 259, págs. 69-78.

SCHERER, F. M. (1984), «Using linked patent and R&D data to measure interindustry technology flows», en GRILICHES, Z. (ed.), *R&D patents and productivity*, University of Chicago Press for the NBER.

Resumen

Este artículo está dedicado al análisis económico de la decisión que lleva a las empresas a emprender gastos de I+D. Se expone un modelo sencillo que explica conjuntamente la decisión de invertir y la magnitud de la inversión cuando la decisión es positiva, y se explican los resultados obtenidos en su estimación con datos microeconómicos de empresas. Estos resultados confirman la existencia de umbrales de rentabilidad y «barreras a la innovación» que sólo superan parte de las empresas. El modelo también se utiliza para discutir el impacto de los incentivos públicos a la I+D, aportando algunos datos empíricos sobre las subvenciones de I+D a las empresas en la década de los noventa.

Palabras clave: Innovación, I+D, costes irre recuperables, subvenciones.

Abstract

This article is given over to the economic analysis of the decision that leads companies to undertake R&D spending. We set forth a simple model explaining the decision to invest together with the size of the investment when the decision is favourable, and we explain the results obtained in their estimation with microeconomic company data. These results confirm the existence of cost effectiveness thresholds and «barriers to innovation», which are only surmounted by part of the companies. The model is also used to discuss the impact of public incentives for R&D, supplying some empirical data on R&D grants to companies in the nineties.

Key words: Innovation, R&D, irrecoverable costs, grants.

JEL classification: D21, O32, L52.