## ¿EXISTEN DIFERENCIAS INTERNACIONALES EN LA EFICIENCIA DEL GASTO EN I+D?

Jorge CRESPO GALÁN Francisco J. VELÁZQUEZ ANGONA (\*)

### I. INTRODUCCIÓN

A importancia del cambio técnico como motor del crecimiento económico resulta, hoy en día, indiscutible. No obstante, la idea no es nueva. Ya en las primeras formulaciones de los modelos de crecimiento exógeno se daba un papel relevante al cambio técnico, aunque no fue hasta los años setenta cuando se introdujo el capital tecnológico como un factor productivo más. Los posteriores desarrollos de la teoría del crecimiento endógeno reforzaron estas convicciones.

En la actualidad, todas las contrastaciones de los modelos de crecimiento económico incorporan, de una u otra forma, el capital tecnológico, encontrando la mayoría de ellas una influencia positiva de los indicadores de intensidad tecnológica en todos los países en que ésta se ha contrastado. Sin embargo, el análisis de la distribución geográfica de los gastos en I+D revela que éstos se concentran en un reducido grupo de países de elevado nivel de renta de la Europa central y nórdica y, principalmente, en Estados Unidos y Japón. El resto de países, incluso dentro del conjunto de los desarrollados, presentan indicadores de esfuerzo tecnológico sustancialmente inferiores.

La razón de estas diferencias en la cuantía de los recursos destinados a innovación debería responder a divergencias en el impacto que estas actividades tienen sobre la productividad, rentabilidad o competitividad de las empresas. Además, el contexto institucional —mercado financiero, apoyo público, etc.— puede hacer diferir la eficiencia de estas inversiones. También puede argumentarse que el motivo de esta concentración se deriva de la existencia de rendimientos crecientes a escala o la existencia de umbrales que hacen variar el impacto de los gastos en I+D en función de la cuantía acumulada previamente.

Así, el objetivo de este artículo es tratar de comprobar si existen diferencias internacionales en la eficiencia del gasto en I+D, es decir, si su impacto sobre la productividad difiere entre países, incluso

dentro de un colectivo bastante homogéneo como son los de la Unión Europea (UE). Para ello, en el siguiente apartado, tras hacer un breve repaso de los procedimientos utilizados para contrastar el impacto de los gastos en I+D sobre la productividad. se propone un método basado en el utilizado por Lev y Sougiannis (1996) que, además de evitar los problemas de medición del stock de capital tecnológico, permite obtener indicadores complementarios sobre la distribución temporal de este efecto. En el tercer apartado, una vez descritos los datos utilizados, se discute el procedimiento de estimación, así como los principales resultados. Finalmente, se ofrece una síntesis de las conclusiones extraídas y algunas recomendaciones para la política tecnológica.

## II. UNA METODOLOGÍA PARA EVALUAR EL IMPACTO DE LOS GASTOS EN I+D SOBRE LA PRODUCTIVIDAD Y SU DISTRIBUCIÓN EN EL TIEMPO

Desde que Solow (1957) insinuara que una parte del crecimiento económico no explicado por la variación de los factores productivos podría derivarse de las diferencias cualitativas existentes entre las distintas generaciones de capital físico —lo que hoy llamaríamos cambio técnico incorporado—, se han desarrollado, al menos, dos vías para el análisis de la incidencia económica de las innovaciones. La primera de ellas —el estudio histórico de casos— consiste en analizar la contribución al cambio técnico de una determinada invención desde su nacimiento, así como tratar de evaluar su impacto económico, tal como se hace en Griliches (1958) o en Mansfield et al. (1977). La segunda aproximación —los estudios econométricos trata de establecer alguna relación entre la intensidad del proceso innovador, medido bien a través de sus inputs —gastos en I+D, pagos tecnológicos, etc.— o sus outputs —patentes, citaciones—, y algunas variables de resultados: rentabilidad, productividad, competitividad, incremento del empleo. etcétera.

Resulta evidente que el estudio histórico de casos presenta importantes limitaciones si se pretende, como ocurre en este trabajo, extraer conclusiones generales sobre el impacto que tiene el proceso innovador sobre el crecimiento económico. Así, a las dificultades que conlleva el seguimiento histórico de una innovación, se añaden las críticas a las que están expuestos sus resultados al no ser representativos, ya que suelen centrarse en invenciones importantes y exitosas, lo cual introduce sesgos en las conclusiones alcanzadas (Griliches, 1995).

La segunda vía de análisis también presenta inconvenientes derivados de las dificultades en la medición de la importancia del proceso innovador, tanto si se hace en función de sus outputs como de sus inputs. En efecto, son muchos los trabajos que han tratado de evaluar de forma precisa el output del proceso de innovación, principalmente a través de las patentes, encontrándose con los problemas originados por la variabilidad en la propensión a patentar entre empresas y sectores, así como, en los casos en que se pretende establecer comparaciones internacionales, por las diferencias existentes como consecuencia de los distintos sistemas de patentes. Además, el uso de las patentes como único indicador de *output* resulta muy restrictivo, pues existen otras formas de protección de las innovaciones —secreto, bajos precios, rápido lanzamiento al mercado de nuevos productos— y no siempre todas las invenciones son patentables (OCDE, 1994). Por ello, la medición del output del proceso innovador se ha convertido en un tema de estudio en sí mismo.

Las limitaciones en la medición e interpretación del *output* han contribuido a incrementar la utilización de los *inputs* del proceso de innovación en el análisis de sus efectos sobre el crecimiento económico. Sin embargo, esta opción tampoco se encuentra exenta de dificultades. Así, la medición del conjunto de recursos destinados al proceso de innovación tecnológica sólo se ha comenzado a realizar, de forma sistemática y homogénea, en algunos de los países de la OCDE a partir de la publicación del *Manual de Oslo* en 1992 (1).

La restricción que supone no disponer de información comparable internacionalmente, unida al hecho de que una parte de los gastos de innovación correspondería a los pagos realizados para la adquisición de tecnología generada con antelación en otro sector económico (2) —lo que podría ocasionar una doble contabilización del esfuerzo inversor en el caso de estudios agregados—, ha conducido a orientar los trabajos realizados en este ámbito hacia el análisis del efecto de los gastos en I+D sobre el crecimiento económico, pues la información disponible sigue las directrices establecidas en el *Manual Frascati* desde los años setenta, lo que dota de homogeneidad temporal, sectorial e internacional a las series de datos utilizadas (3).

En lo referente a la elección de la variable representativa del crecimiento económico, la mayoría de los estudios han optado por la productividad del trabajo debido, al menos, a dos razones. En primer lugar, porque la relación entre esta variable y el gasto en I+D puede deducirse, de forma sencilla, a partir de una función de producción en la que se considere al capital tecnológico —acumulación de inversiones en I+D— como un factor productivo más (4). En segundo lugar, porque resulta inmediato establecer una relación entre el incremento de la productividad del trabajo y el crecimiento económico, pues el PIB per cápita se obtiene, directamente, multiplicando la productividad del trabajo y la tasa de empleo. Por el contrario, la relación entre otras variables candidatas —como la rentabilidad o la competitividad— y el PIB per cápita es más indirecta.

La influencia del capital tecnológico sobre el crecimiento de la productividad ha suscitado interés desde finales de los años sesenta (5). Como se señala en Nadiri (1993), por lo general, se parte de una función de producción Cobb-Douglas, cuyos argumentos son los factores convencionales — stock de capital físico y trabajo— y el stock de capital tecnológico o, alternativamente, se puede explicar el crecimiento de la productividad total de los factores convencionales — o residuo de Solow— por la ratio entre el gasto en I+D y la producción.

No obstante, es preferible la primera aproximación, puesto que, como se ha mencionado anteriormente, la variable que participa directamente en el PIB per cápita es la productividad del trabajo y, además, porque parece más realista considerar al capital tecnológico como un factor productivo más. Ahora bien, la medición del capital tecnológico ha significado, en general, la adopción de un conjunto de supuestos no siempre contrastados. Así, el cálculo de cualquier stock de capital —y, en concreto, el tecnológico— suele seguir la metodología del inventario perpetuo. Ello requiere tener series de inversión muy largas o un stock de capital inicial -que se estima a partir de algún supuesto sobre la evolución temporal de la ratio entre el capital tecnológico y la producción—, así como establecer la cuantía y distribución temporal de la depreciación. En este sentido, por ejemplo, Mansfield (1980) supone que el stock de capital tecnológico varía al ritmo que lo hace la inversión en I+D; Cuneo y Mairesse (1983) y Griliches (1986) suponen una tasa de depreciación del 15 por 100; Mohnen et al. (1986) y Bernstein y Nadiri (1989) consideran una tasa de depreciación del 10 por 100 (6).

Así, con el objeto de establecer la influencia del capital tecnológico sobre la productividad y, en la medida de lo posible, solventar algunos de los pro-

blemas señalados con anterioridad en este trabajo, se parte de una relación lineal como la propuesta por Lev y Sougiannis (1996) de la forma:

$$Y_{it} = \alpha + \beta \cdot K_{it} + \gamma \cdot T_{it} + \varepsilon_{it}$$
 [1]

donde Y es la productividad del trabajo, K es la ratio entre el stock de capital físico y el empleo y T es la ratio entre el stock de capital tecnológico (KT) y el empleo; los subíndices i, t hacen referencia, respectivamente, al sector y año. El stock de capital tecnológico (KT) puede obtenerse siguiendo el método del inventario perpetuo del modo siguiente:

$$KT_{it} = \sum_{j=0}^{\infty} gid_{t-j} \cdot g_j \cdot d_j \cdot \frac{P_t}{P_{t-j}}$$
 [2]

donde gid son los gastos en I+D, g es la función de supervivencia (o proporción de la inversión que todavía está en uso en el período t, con un valor inicial de 1), d es la función de persistencia del activo (o proporción del activo en uso no depreciado con un valor inicial igual a 1) y P es el nivel de precios de los gastos en I+D.

Sustituyendo [2] en [1] y suponiendo, por simplicidad expositiva, que todas las variables están en términos reales, se obtiene:

$$Y_{it} = \alpha + \beta \cdot K_{it} + \gamma \cdot \sum_{j=0}^{\infty} G_{t-j} \cdot g_j \cdot d_j + \varepsilon_{it}$$
 [3]

donde G es la *ratio* entre los gastos en I+D y el empleo (7).

Ahora bien, no parece lógico suponer que la inversión tecnológica tenga un efecto constante sobre el crecimiento económico durante todo su período de permanencia. Es más, un hecho aceptado es la existencia de un período en que estas inversiones no tienen ningún efecto, o incluso tienen un efecto negativo, debido a la existencia de costes de ajuste u otro tipo de obstáculos (8). Por tanto, es razonable suponer que cada retardo del gasto en I+D lleve asociado un parámetro  $\gamma$  distinto, siendo el que se presenta en [3] un efecto promedio. De este modo, la expresión anterior puede transformarse en:

$$Y_{it} = \alpha + \beta \cdot K_{it} + \sum_{j=0}^{\infty} \gamma_j \cdot G_{t-j} + \varepsilon_{it}$$
 [4]

donde  $\gamma_i$  recoge, además, el efecto de la depreciación y retiro del gasto en I+D invertido en el período t-j. Nótese que al evaluar el efecto de un flujo temporal previo de gastos en I+D sobre la productividad del trabajo contemporánea, su probable reducción a lo largo del tiempo, como conse-

cuencia de la depreciación o del retiro de parte del *stock* de I+D, debe ser tomada en consideración al medir su impacto económico (9).

Al estimar la expresión [4], se obtiene —a través de la suma de los parámetros  $\gamma_i$  estadísticamente significativos— el efecto total que tiene una unidad de gasto en I+D por unidad de trabajo sobre la productividad, durante todo su período de permanencia, considerando su distribución temporal. Ello permite, por tanto, calcular una tasa interna de retorno (TIR) para medir el impacto de los gastos en I+D sobre la productividad (10). En concreto, se trata de obtener la TIR que cumpla la condición:

$$1 = \sum_{j=-0}^{\infty} \frac{\gamma_j}{(1 + TIR)^j}$$
 [5]

Además, el procedimiento propuesto posibilita, a diferencia del utilizado en la mayoría de los estudios, averiguar el período de maduración de los gastos en I+D —calculado como el número de años que transcurren desde que se realiza la inversión hasta que ésta genera un incremento estadísticamente significativo de la productividad— y el período de permanencia del efecto —medido a través del tiempo que transcurre desde que se detecta un efecto positivo estadísticamente significativo del gasto en I+D sobre la productividad hasta que éste desaparece. Igualmente, permite comprobar si existen costes de ajuste iniciales que coartan la incidencia de los gastos de I+D en la productividad -identificados como efectos negativos en los primeros desfases, estadísticamente significativos.

# III. DATOS, MÉTODO DE ESTIMACIÓN Y RESULTADOS

La información utilizada para estimar la expresión [4] ha sido obtenida de la Base de Datos Sectorial del Departamento de Estudios Europeos de FUNCAS (BDS-DEE-FUNCAS), que cubre el período temporal 1973-1995 (11). La productividad se ha medido como el cociente entre el valor añadido bruto real a precios de mercado y el número de horas trabajadas anualmente por los ocupados de cada sector - que se obtiene como producto del número de ocupados y las horas anuales medias trabajadas por los empleados, calculadas en Maté (1999). El stock de capital físico se ha medido siguiendo el método iterativo del inventario perpetuo (12), estimándose el stock de capital inicial a través del procedimiento de Harberger (1978) y utilizando el deflactor de la formación bruta de capital fijo como índice de precios; por último, las tasas de depreciación se han tomado de Beutel *et al.* (1992), Velázquez (1995) y EUROSTAT (1997).

Como el objetivo del artículo es comprobar la existencia de diferencias internacionales de eficiencia de los gastos en I+D en el seno de la UE, se han seleccionado cuatro países, de los cuales dos son representativos de una capacidad tecnológica superior a la media comunitaria (Alemania y Francia) y otros dos inferior a la media (España e Italia). La información utilizada se encuentra desagregada siguiendo la clasificación NACE-CLIO R-25. No obstante, debido a los problemas que plantea la desagregación de los gastos en I+D en el caso de algunos sectores de servicios, se ha prescindido de las ramas de comercio, recuperación y reparación; alojamiento y restauración, e instituciones de crédito y seguros. En los casos de Alemania y Francia también se ha excluido el sector de comunicaciones. Finalmente, se ha eliminado el sector de servicios no destinados a la venta, ya que sus gastos en I+D incluyen buena parte de los que se destinan a financiar la investigación básica y, en consecuencia, no tienen efecto directo sobre la productividad de su sector.

Inicialmente, se ha procedido a estimar la expresión [4] para cada país por separado, por mínimos cuadrados ordinarios, suponiendo que una estructura que considere quince años —catorce desfases más el dato contemporáneo— en los gastos en I+D es suficiente para captar su influencia sobre la productividad. Ello ha limitado considerablemente el período temporal disponible a 1987-1995 (13).

No obstante, la estimación de la estructura de retardos de la expresión [4] puede conllevar problemas de multicolinealidad, dado que el esfuerzo tecnológico realizado por los sectores —medido como los gastos en I+D sobre empleo— es relativamente estable en el tiempo (Lev y Sougiannis, 1996). Una posible solución a este problema consiste en la reducción del número de parámetros a estimar imponiendo, a priori, alguna estructura a los retardos del gasto en I+D. En concreto, en este trabajo se ha utilizado el procedimiento propuesto por Almon (1965) —que supone una estructura polinómica a los retardos de la variable explicativa—, pero utilizando el método de computación introducido por Cooper (1972), que supera la inestabilidad numérica del procedimiento original (Hall y Cummins, 1991) (14).

Además, existen indicios fundados para pensar que las estadísticas sobre los gastos en I+D no están exentas de problemas derivados tanto de posibles limitaciones asociadas a la cumplimentación de las encuestas, mediante las que se recaba la información de las propias empresas, como por el hecho de que los datos sectoriales se obtengan a partir de muestras no suficientemente representativas (15).

Por otro lado, puede existir un problema de simultaneidad entre la producción —o productividad— y los recursos destinados a las actividades de I+D, ya que si la inversión en estas actividades contribuye al crecimiento de la productividad, éste posibilita la realización de gastos en I+D (16).

Ambos problemas conducen a estimadores inconsistentes. Para solucionarlos, se va a utilizar el método de variables instrumentales mediante una estimación de mínimos cuadrados en dos etapas. En la primera, se procede a estimar la relación entre los gastos en I+D sobre empleo —medido en horas— de cada sector y país, y el valor de dicho indicador para la misma actividad de los otros tres países incluidos en este estudio, de la forma:

$$G_{it} = \rho_0 + \rho_1 \cdot GR_{it} + U_{it}$$
 [6]

donde

$$GR_{itp} = \frac{1}{3} \sum_{g \neq p} G_{itg}$$

refiriéndose los subíndices *i*, *t* al sector y período, y *g*, *p* hacen referencia a los países: *p* al país que se analiza y *g* al resto de países.

La elección de este instrumento ha venido motivada por dos razones. En primer lugar, se dan comportamientos similares en el esfuerzo tecnológico relativo de cada actividad en los distintos países (17). En segundo lugar, existen indicios para pensar que este indicador relativo al resto de países se encuentra incorrelacionado con el residuo, ya que no va a verse influido por un *shock* que afectara a uno solo de los países analizados sin tener efectos en los otros.

En la segunda etapa, se estima la ecuación [4] pero sustituyendo los gastos en I+D por las predicciones obtenidas en la primera etapa. Además, en las estimaciones se han utilizado *dummies* temporales con el objeto de controlar las oscilaciones cíclicas de la productividad. En el caso francés, se ha introducido una *dummy* para el sector energético, dada la especificidad de éste (18). Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro n.º 1.

En los casos de Italia y Alemania, el número de retardos inicialmente considerados no fue suficiente para encontrar un coeficiente estadísticamente no significativo que indicara el fin del período de

CUADRO N.º 1

ESTIMACIÓN DE LOS EFECTOS DEL GASTO EN I+D SOBRE LA PRODUCTIVIDAD

	España	Italia	Francia	Alemania
Constante	0,01	0,01	0,02	0,01
	(11,47)	(2,96)	(15,47)	(6,21)
Κ	0,09	0,24	0,11	0,13
	(34,65)	(16,30)	(18,53)	(22,95)
3	-12,92	-14,06	-0,95	0,81
	(-2,80)	(-3,33)	(-1,67)	(0,98)
G (-1)	-8,92	-11,26	-0,34	-0,24
	(-3,34)	(-4,27)	(-1,02)	(-0,45)
G (-2)	-5,35	-8,59	0,17	-1,09
	(-3,46)	(-5,05)	(1,03)	(-2,81)
G (-3)	-2,21	-6,02	0,57	-1,72
	(-1,26)	(-3,54)	(3,53)	(-4,34)
G (-4)	0,50	-3,58	0,87	-2,14
	(0,20)	(-1,63)	(3,45)	(-4,40)
G (-5)	2,77	-1,24	1,06	-2,35
	(0,91)	(-0,47)	(3,24)	(-4,08)
G (-6)	4,62	0,97	1,14	-2,34
	(1,40)	(0,33)	(3,10)	(-3,70)
G (-7)	6,03	3,08	1,12	-2,12
	(1,87)	(1,04)	(3,00)	(-3,28)
G (-8)	7,01	5,06	0,99	-1,69
	(2,45)	(1,83)	(2,91)	(-2,73)
G (-9)	7,56	6,94	0,76	-1,04
	(3,35)	(2,93)	(2,71)	(-1,88)
G (-10)	7,68	8,70	0,42	-0,19
	(4,36)	(4,52)	(2,00)	(-0,39)
G (–11)	7,36	10,34	-0,02	0,88
	(3,34)	(5,51)	(-0,11)	(2,10)
G (–12)	6,62	11,87	-0,57	2,17
,	(1,78)	(4,46)	(-1,64)	(4,44)
G (–13)	5,44	13,28	-1,23	3,66
	(0,93)	(3,22)	(-2,15)	(5,22)
G (–14)	3,83	14,58	-1,99	5,37
	(0,45)	(2,42)	(-2,34)	(5,26)
G (–15)	(o, 1o) —	15,76		7,29
G ( 10)		(1,90)		(5,15)
G (–16)	_	(1,50)		9,43
				(5,02)
G (–17)	_	_	_	11,78
_ , ,				(4,91)
S2	_	_	0,05	(4,51)
-			(26,03)	
R <sup>2</sup> Ajustado	0,90	0,71	0,94	0,85
Número sectores/n.º años	21/9	21/8	20/9	20/6
Número observaciones	189	168	180	120
	100	100	100	120
REGRESIONES AUXILIARES: INSTRUMEN	TACIÓN DEL GASTO	DEN I+D		
Constante	0,00003	-0,00048	0,00067	0,001
	(0,26)	(-4,24)	(3,59)	(3,42)
GR	0,28	0,76	1,62	1,50
	(28,76)	(73,99)	(78,18)	(48,26)
R <sup>2</sup> Ajustado	0,63	0,92	0,93	0,83
/ / / Juotado				
Número observaciones	483	483	460	460

permanencia de los efectos del gasto en I+D sobre la productividad del trabajo. Por ello, en estos dos casos se amplió el número de desfases considerados hasta conseguirlo. A este respecto, en Italia fue suficiente con incluir quince retardos, sin embargo, en el caso de Alemania, ampliando en tres el número de desfases, no se consiguió el objetivo buscado (19). No obstante, dado que el número de grados de libertad es ya muy reducido, se ha dado como definitiva la estimación con diecisiete retardos.

Con los resultados obtenidos, se ha procedido a calcular los indicadores de la importancia y distribución temporal de la eficiencia del gasto en I+D que se describieron en la sección anterior, y que se presentan resumidos en el cuadro n.º 2 y el gráfico 1. Lo primero que llama la atención es el amplio período de maduración de los gastos en I+D, excepto en el caso de Francia. No obstante, hay que señalar que tal período —el lapso de tiempo que transcurre hasta que el efecto de los gastos en I+D sobre la productividad es positivo y significativo capta tanto el desfase entre el momento en que se produce el gasto y aquel en que se registra un incremento significativo de la productividad de las empresas inversoras como, en cierta forma, el tiempo que se precisa para que tenga lugar la difusión de la tecnología entre las empresas del sector. De hecho, en algunos trabajos que han analizado el tiempo que transcurre entre la aparición de una invención y la obtención de efectos económicos relevantes sobre la productividad se han encontrado desfases de hasta dos décadas (Adams, 1990).

Otro hecho destacable es que la permanencia del efecto parece tener una relación directa con el esfuerzo tecnológico realizado por el país. Así, España, que tiene el menor *stock* de capital tecnológico del conjunto de países seleccionados (20), es el país en que el efecto del gasto en I+D sobre la productividad tiene una menor persistencia.

En cuanto a la importancia del impacto de los gastos en I+D sobre la productividad, los resultados obtenidos deben tomarse con cierta cautela. Así, los coeficientes estimados deben interpretarse como la cuantía en que se incrementa la productividad al realizarse una inversión unitaria en I+D por hora trabajada (21). Por tanto, la suma de todos los coeficientes estadísticamente significativos indica la magnitud del incremento absoluto de la productividad derivado de una inversión unitaria en I+D. El país donde el impacto es mayor es Alemania, con 27,13 euros de incremento de la productividad horaria, frente a España, donde éste se reduce a 2,42 euros de incremento de la productividad.

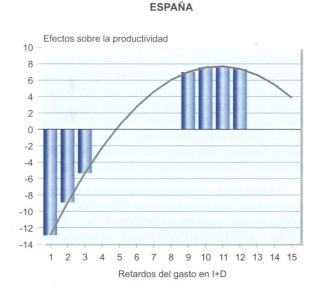
Ahora bien, este efecto total tiene una composición y distribución temporal diferente en cada país, como se observa en el gráfico 1. Así, España e Italia se caracterizan por tener un impacto negativo inicial muy importante (–33,9 y –27,2 euros, respectivamente) que limita el efecto total. Esta situación es especialmente preocupante en el caso de España, donde el efecto global (2,42 euros) se ve claramente restringido por los efectos iniciales negativos. En la situación contraria se encuentra Francia que, aunque tiene un efecto positivo total cercano a un cuarto del español (6,94 euros), al no poseer una influencia negativa inicial obtiene un impacto total sobre la productividad del trabajo casi triple al de España.

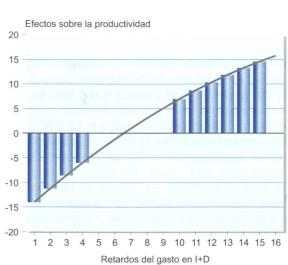
Sería de gran interés disponer de una explicación precisa a esta diferente composición del efecto total; lamentablemente, sólo tenemos algunas

CUADRO N.º 2	
INDICADORES DE LA IMPORTANCIA Y DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL EFECTO DE LOS GASTOS	
EN I+D SOBRE LA PRODUCTIVIDAD	

	España	Italia	Francia	Alemania
Período maduración	8	9	3	11
Efecto total por euro invertido	2,42	25,78	6,94	27,15
Positivo	29,62	65,71	6,94	40,59
Negativo	-27,20	-39,93	_	-13,45
Permanencia del efecto	4	6	8	7
Efecto máximo	7,68	11,87	1,14	11,78
Efecto mínimo	-12,92	-14,06	0,42	-2,35
TIR (porcentaje)	0,6	4,5	40,2	10,3

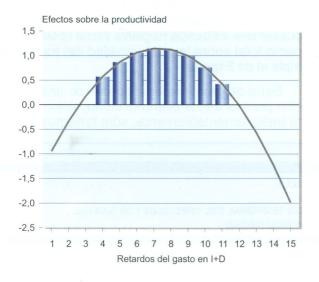
## GRÁFICO 1 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL EFECTO DE LOS GASTOS EN I+D SOBRE LA PRODUCTIVIDAD



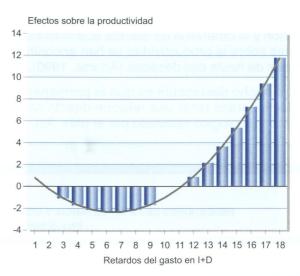


**ITALIA** 

### FRANCIA



#### **ALEMANIA**



Nota: El eje de retardos se ha configurado de modo que el primero de ellos se corresponde con el gasto en I+D contemporáneo. Las barras representan el valor de los coeficientes de los retardos que son estadísticamente significativos al 95 por 100.

intuiciones al respecto. Así, pensamos que los efectos iniciales negativos sobre la productividad del trabajo pueden derivarse de, al menos, dos tipos de circunstancias.

En primer lugar, y dado que las actividades de I+D detraen recursos —por ejemplo, trabajadores— de las empresas durante un buen número de años en que no se obtienen efectos palpables sobre la productividad —período de maduración—, es probable que en este período tenga lugar una disminución del valor añadido y, por tanto, una reducción de su productividad aparente.

En segundo lugar, cabría mencionar el que, sin duda, es uno de los principales obstáculos para la realización de este tipo de actividades: su financiación, debido tanto al largo período de maduración y el elevado riesgo que conllevan como a la existencia de costes de ajuste. Además, parece razonable afirmar que estos problemas se agravan en aquellos países donde: a) existen mayores imperfecciones en los mercados financieros, principalmente cuando las instituciones de capital riesgo y los mercados secundarios se encuentran menos desarrollados; b) el apoyo público a la I+D realizada por las empresas es inferior en términos absolutos; c) el nivel de capital tecnológico es menor, dado que existiendo efectos umbral importantes o, incluso, rendimientos crecientes a escala en este factor, la rentabilidad del mismo aumenta con la cantidad acumulada previamente; d) y, derivado del anterior, el estadio tecnológico es menor, pues las innovaciones supondrán cambios más radicales con mayores costes de ajuste derivados de los déficit en la formación de los trabajadores (capital humano). De lo anterior se infiere que la realización de las actividades en I+D será seguramente más costosa en las economías donde se dé con mayor intensidad alguno(s) de estos factores y, en consecuencia, en ellas se producirán caídas en la productividad del trabajo durante los momentos iniciales de las inversiones en I+D.

En respuesta a los obstáculos que dificultan la realización de las actividades de I+D, las empresas reducirán este tipo de inversiones y sólo llevarán a cabo aquéllas que presenten una alta rentabilidad, tengan menor período de maduración y ofrezcan un riesgo inferior. Es decir, se inclinarán por la investigación más aplicada frente a la básica. Éste parece ser el caso de España e Italia donde, al existir el efecto inicial negativo de los gastos en I+D sobre la productividad, eligen proyectos de I+D con un impacto mayor, a tenor de los importantes efectos positivos obtenidos durante el período de permanencia, y seleccionan inversiones con menores

períodos de maduración frente, por ejemplo, al caso alemán, lo que parece evidenciar la preferencia por la investigación más aplicada. Ello es consistente, en el caso español, con el insuficiente desarrollo de las sociedades de capital riesgo y de los mercados secundarios (22), el menor apoyo público, en términos absolutos, al gasto en I+D empresarial y la existencia de desfases tecnológico y de formación de la población activa frente a Alemania y Francia (23).

Llegados a este punto, conviene calcular las TIR de los efectos de las inversiones en I+D sobre la productividad, dado que las cuantías totales obtenidas de incremento de la productividad se producen en períodos de tiempo diferentes y con efectos iniciales especialmente negativos en Italia y España.

Los resultados obtenidos para las TIR muestran que el efecto de los gastos en I+D sobre la productividad guarda una estrecha relación con el nivel de capital tecnológico acumulado. España e Italia, los países relativamente más atrasados tecnológicamente, presentan TIR por debajo del 5 por 100: en torno al 0,6 por 100 para España y 4,5 por 100para Italia. En contraposición, Francia y Alemania presentan rentabilidades reales muy elevadas (24).

La diferencia entre el impacto total y la tasa interna de retorno es especialmente llamativa en los casos de Italia y Francia, aunque se debe al mismo fenómeno. Italia es un país con un efecto positivo elevado, pero concentrado entre los retardos nueve y catorce, y con un impacto inicial muy negativo. Ello supone que las empresas deben asumir un coste financiero inicial muy importante y, en consecuencia, una reducción drástica de la TIR. El caso contrario es Francia que, aunque ofrece un impacto positivo menor, al estar éste próximo a la fecha de inversión —comienza en el tercer año— y tener un período de permanencia largo —ocho años—, sin sufrir un impacto inicial negativo, consigue el mayor efecto sobre la productividad, salvo, probablemente, Alemania (25).

En consecuencia, de los resultados antedichos puede deducirse que la eficiencia de los gastos en I+D difiere entre países y parece depender, sobre todo, de la capitalización tecnológica que presentan las economías. Ello parece apuntar hacia la existencia de efectos umbral o de rendimientos crecientes a escala en el capital tecnológico, que favorecen su acumulación en los países que parten de una mejor situación relativa. Igualmente, también parece deducirse de los resultados que las diferencias en los factores institucionales relaciona-

dos con el desarrollo de los mercados financieros, la actuación pública y las dotaciones de capital humano podrían estar detrás del distinto impacto de los gastos en I+D sobre la productividad. No obstante, ello requeriría un análisis más profundo de estos factores, que queda fuera del objetivo de este trabajo.

#### IV. CONCLUSIONES

El objetivo de este artículo ha sido comprobar la existencia de diferencias internacionales de eficiencia del gasto en I+D, a partir de la medición de su impacto sobre la productividad del trabajo, que justifiquen las divergencias en la cuantía de los recursos que destinan las empresas de cada país a la innovación.

Para ello, se ha considerado conveniente seguir la propuesta metodológica de Lev y Sougiannis (1996) que posibilita, además de calcular el impacto de estas actividades sobre la productividad, conocer su distribución temporal. Ello ha permitido obtener indicadores complementarios de la importancia de este efecto, como son sus períodos de maduración y permanencia, así como calcular, de forma precisa, tasas internas de retorno (TIR), que es un indicador que sintetiza la información sobre la magnitud del impacto y su distribución temporal.

La evaluación de la eficiencia del gasto en I+D se ha realizado a partir de la información de la Base de Datos Sectorial del Departamento de Estudios Europeos de FUNCAS (BDS-DEE-FUNCAS) que cubre el período temporal 1973-1995 y utiliza la clasificación NACE-CLIO R-25. Como sólo se pretende obtener evidencia internacional de estas diferencias de eficiencia en el contexto de la UE, se han seleccionado dos países que realizan un esfuerzo tecnológico superior a la media comunitaria (Alemania y Francia) y otros dos cuyo esfuerzo es inferior (Italia y España).

Los resultados obtenidos indican que en todos los países estudiados el efecto de los gastos en I+D sobre la productividad es positivo, aunque también se obtiene que su período de maduración se sitúa en torno a los ocho años, excepto en el caso de Francia, en que se reduce hasta tres. El resto de indicadores expresivos de la importancia del efecto estudiado —y en especial la TIR— muestran que este impacto es mayor en aquellas economías que tienen un nivel de capitalización tecnológica superior. Este resultado parece indicar que existen rendimientos crecientes a escala o efectos umbral en el capital tecnológico, lo que coincide con los plan-

teamientos de los modelos de crecimiento endógeno.

Ahora bien, también se constata que los reducidos efectos obtenidos en los países con niveles de capitalización tecnológica más bajos —España e Italia— obedecen a la existencia de un efecto inicial negativo de los gastos en I+D sobre la productividad —posiblemente derivado de problemas institucionales o de costes de ajuste—, que obligan a las empresas a llevar a cabo sólo las actividades tecnológicas que conlleven rentabilidades elevadas, presenten poco riesgo y tengan un período de maduración pequeño.

Estos resultados sugieren la conveniencia de aumentar tanto el número de empresas que hacen I+D como las cantidades invertidas por aquellas que destinan recursos por debajo de ciertos umbrales. Por ello, pueden sugerirse dos líneas de actuación para la política tecnológica. La primera —la adopción de medidas horizontales— debe facilitar el establecimiento de un marco jurídico y, sobre todo, fiscal adecuado para las sociedades de capital-riesgo y para los mercados secundarios que permita captar recursos para las actividades innovadoras.

La segunda vía de actuación —la vía financiera— debe centrarse en la elaboración de programas específicos de apoyo a la innovación para las PYME. Es decir, el sector público debería atender prioritariamente a aquellas empresas que, en caso de no ser apoyadas, no realizarían actividades innovadoras o reducirían sustancialmente la cuantía invertida. Las políticas del tipo «café para todos» no parecen ser las más adecuadas, puesto que favorecen a las empresas —grandes— con capacidad financiera para acometer los proyectos de I+D —pudiendo resultar, entonces, la financiación pública sustitutiva de la privada— en detrimento de aquellas empresas (PYME) que requieran necesariamente del apoyo público.

#### **NOTAS**

- (\*) Deseamos expresar nuestro agradecimiento a Carmela Martín por los múltiples y valiosos comentarios que nos ha hecho durante la elaboración de este artículo. Igualmente, agradecemos a Patxi Perales la ayuda que nos ha prestado en el tratamiento de la información de base utilizada.
- (1) El Manual de Oslo es un documento de la familia de los «manuales de Frascati» que se publicó por vez primera, como documento de la OCDE, en 1992. La edición consolidada del mismo ha sido recientemente publicada (véase OCDE, 1997). En este sentido, la Encuesta Europea de Innovación que ha llevado a cabo la Comisión Europea para los años 1992 y 1996 utiliza los conceptos del Manual de Oslo, al igual que la Encuesta sobre Innovación Tecnológica de las Empresas de 1992, 1994 y 1996 realizada por el INE en España.

- (2) Los gastos en innovación tecnológica incluyen, según el *Manual de Oslo*, además de los gastos en I+D, la adquisición de tecnología no incorporada, la compra de maquinaria y equipo con mejora tecnológica conectada con innovaciones de producto o proceso, la mejora del equipo e ingeniería industrial, el diseño industrial, la comercialización de nuevos productos, y la formación de los trabajadores relacionada con la introducción de nuevos productos y procesos.
- (3) Recientemente, la OCDE ha comenzado a publicar las series analíticas de gastos en I+D realizados por las empresas que son internacionalmente comparables y siguen una clasificación homogénea (ISIC revisión 2). Más detalles pueden encontrarse en OCDE (1998b).
- (4) En GRILICHES (1995) se ofrece un resumen de los trabajos que incorporan el capital tecnológico en la función de producción.
- (5) En Mansfield (1972) pueden consultarse los trabajos realizados a finales de la década de los sesenta y principios de los setenta sobre el tema. Análisis comparativos de los trabajos realizados y de sus principales conclusiones se ofrecen en Nadiri (1980), Mohnen (1990), Mairesse y Sassenou (1991), Griliches (1991), Nadiri (1993), NSF (1996) y Comisión Europea (1997).
- (6) Un resumen de estos trabajos, donde puede constatarse la heterogeneidad de los supuestos establecidos en las mediciones del *stock* de capital tecnológico, puede encontrarse en NADIRI (1993).
- (7) Nótese que G debería definirse como el cociente entre los gastos en I+D del período t-j y el empleo del período t. No obstante, por simplicidad en la interpretación de resultados, se va a utilizar la ratio entre los valores contemporáneos de ambas variables.
- . (8) RAVENSCRAFT y SCHERER (1992) o MOHNEN et al. (1986), realizan estudios a nivel sectorial sobre el retardo medio existente entre la realización del gasto en I+D y la obtención de resultados económicos. Los primeros concluyen que el retardo medio se sitúa entre los cuatro y los seis años, los segundos obtienen un retardo de entre cinco y diez años, dependiendo del país.
- (9) De hecho, este procedimiento se utiliza en el trabajo de Lev y Sougiannis (1996) para calcular estructuras temporales de depreciación. Nótese que bajo el supuesto de igualdad temporal de  $\gamma$ ; y comparando [3] y [4], se obtiene:

$$\gamma_i = \gamma \cdot g_i \cdot d_i$$

donde, por tanto, para el total de retardos, e introduciendo la restricción de que en toda la vida útil el activo debe depreciarse totalmente, resulta inmediata la obtención de los productos  $g_i \cdot d_i$  para todos los retardos

- (10) La introducción de la TIR en este contexto no resulta excepcional. De hecho, una gran parte de los trabajos que evalúan el efecto de los gastos en I+D sobre la productividad calculan tasas de retorno incluso a partir de las elasticidades. No obstante, al no determinarse la estructura temporal de dicho impacto, las tasas de retorno calculadas suelen exagerar el efecto de la I+D, pues, en general, se supone que éste es contemporáneo.
- (11) En el apéndice se ofrece una explicación detallada de las fuentes originarias empleadas para construir las variables utilizadas en este estudio.
- (12) Para una comparación entre la versión iterativa y la general del método del inventario perpetuo, puede consultarse MARTÍN MARCOS y MORENO (1992).
- (13) Por tanto, se cuenta con un total de 189 observaciones en los casos de España e Italia (correspondientes a 21 sectores y 9 años), y de 180 en los casos de Francia y Alemania (20 sectores y 9 años).
- (14) Para un análisis más detallado de los métodos de retardos distribuidos polinómicamente, véase Maddala (1992).
- (15) Por ejemplo, la estadística sobre las actividades en investigación científica y desarrollo tecnológico del INE se realizaba, hasta 1993, sólo a empresas que llevaban a cabo actividades de I+D de forma sistemática, y que en algún momento habían recibido, o solicitado, ayudas al sector público (MARTÍN y VELÁZOUEZ, 1993). De hecho, estos problemas de medida genéricos a gran parte de los países se incorporan en las notas metodológicas a las estadísticas internacionales de I+D (véase, por ejemplo, OCDE, 1998a).

- (16) En Grilliches (1995) se ofrece una discusión sobre el problema de simultaneidad en este tipo de relaciones y sus consecuencias sobre las estimaciones.
- (17) De hecho, la estructura sectorial de los gastos en I+D es bastante homogénea entre países desarrollados (HATZICHRONOGLOU, 1997)
- (18) El sector público francés ha jugado un papel fundamental en su sector energético y, más concretamente, en relación con la energía nuclear, potenciando su utilización e invirtiendo grandes sumas en la realización de actividades de I+D. En OCDE (1999) se ofrece un análisis del sistema francés de innovación donde pueden verse las especificidades que éste posee.
- (19) De hecho, ampliando el número de retardos hasta 21 —el máximo posible— no se obtiene un parámetro no significativo.
- (20) En MARTÍN y VELÁZQUEZ (1998) se ofrecen estimaciones del stock de capital tecnológico de los países de la Unión Europea para 1996. Tomando el valor correspondiente a Alemania como 100, se obtiene un stock relativo de capital tecnológico sobre el PIB de 92, 44 y 26 para Francia, Italia y España respectivamente.
- (21) Es decir, no pueden ser interpretados como variaciones porcentuales en la variable dependiente ante incrementos relativos de las independientes, al no tratarse de elasticidades.
- (22) En Martí (1995) se realiza un análisis detallado de las sociedades de capital riesgo en España.
- (23) En efecto, el porcentaje de población en edad de trabajar de España con formación equivalente a estudios superiores se sitúa en torno al 50 por 100 de la que presenta Alemania (MARTÍN y VELÁZQUEZ, 1998).
- (24) En Cuneo y Mairesse (1983) y Mohnen *et al.* (1986) se obtienen resultados similares para Francia y Alemania.
- (25) Los resultados referidos a Alemania deben tomarse con cautela, dado que con la información disponible no se capta el período de permanencia de los efectos en su integridad. No obstante, puede asegurarse que la TIR es, por lo menos, del 10 por 100.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

- ADAMS, J. D. (1990), «Fundamental stocks of knowledge and productivity growth», *Journal of Political Economy*, vol. 98, n.º 4, páginas 673-702.
- ALMON, S. (1965), "The distributed lag between capital appropriations and expenditures", Econometrica, vol. 33, págs. 178-196.
- BERNSTEIN, J. I., y NADIRI, M. I. (1989), "Rates of return on physical and R&D capital and structure of the production process: Cross section and time series evidence", en RAJ, B. (ed.), Advances in Econometrics and Modelling, Kluwer Academic Publishers, Londres, páginas 169-187.
- Beutel, J. et al. (1992), «Capital stock data for the European Communities. Part 1: Manual», Report to the Statistical Office of the European Communities, mimeo.
- COMISIÓN EUROPEA (1997), Second European Report on S&T Indicators, 1997, Comisión Europea, Luxemburgo.
- COOPER, J. P. (1972), «Two approaches to polynomial distributed lag estimation: An expository note and comment», *The American Statistician*, junio, págs. 32-35.
- CUNEO, P., y MAIRESSE, J. (1983), «Productivity and R&D at the firm level in french manufacturing», *Working paper*, n.º 1068, National Bureau of Economic Research (NBER), Cambridge, MA.
- EUROSTAT (1997), The Capital Stock in the European Union. Structural Diagnosis and Analytical Aspects, EUROSTAT, Luxemburgo.
- GRILICHES, Z. (1958), «Research cost and social returns: Hybrid corn and related innovations», *Journal of Political Economy*, vol. 66, número 5, págs. 419-431.
- (1986), «Productivity, R&D and basic research at the firm level in the 1970's», American Economic Review, vol. 76, n.º 1, páginas 141-154.

- (1991), «The search for R&D Spillovers», Scandinavian Journal of Economics, vol. 94, suplemento 1992, págs. 29-47.
- (1995), «R&D and productivity: Econometric results and measurement issues», en Stoneman, P. (ed.), Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change, Blackwell, Oxford, páginas 52-89.
- HALL, B. H., y Cummins, C. (1991), *Tsp User's Guide.Version 4.2*, TSP International, Palo Alto, CA.
- HARBERGER, A. C. (1978), «A primer on inflation», Journal of Money, Credit and Banking, vol. 10, n.º 4, noviembre, págs. 505-521.
- HATZICHRONOGLOU, T. (1997), "Revision of the high-technology sector and product classification", STI working paper 59918, OCDE, París.
- LEV, B., y Sougiannis, T. (1996), "The capitalization, amortization, and value-relevance of R&D", Journal of Accounting and Economics, número 21, págs. 107-138.
- Maddala, G. (1992), Introduction to Econometrics, 2.ª edición, Macmillan, Nueva York.
- MAIRESSE, J., y SASSENOU, M. (1991), "Recherche-developpement et productivite: un panorama des etudes econometriques", en DE BANDT, J., y FORAY, D. (eds.), *Recherche et technologie*, Economica, Paris.
- Mansfield, E. (1972), «Contribution of research and development to economic growth of the United States», *Papers and Proceedings of a Colloquium on Research and Development and Economic Growth Productivity*, National Science Foundation, Washington, DC.
- (1980), «Basic research and productivity increase in manufacturing», American Economic Review, vol. 70, págs. 863-873.
- MANSFIELD, E. et al. (1977), «Social and private rates of return from industrial innovations», Quarterly Journal of Economics, vol. 91, número 2, págs. 221-240.
- MARTÍ, J. (1995), «El capital riesgo en España. 1994-1995», Estudios e Informes sobre la PYME, n.º 9508, IMPI, MINER.
- Martín Marcos, A., y Moreno, L. (1992), «Medidas del *stock* de capital a partir de datos contables», en Maro, G., y Salas, V. (dir.), *Valoración Económica del Beneficio y el Capital*, Mundiprensa-Fedea, Madrid.
- Martín, C., y Velázquez, F. J. (1993), «El capital extranjero y el comercio exterior de las empresas manufactureras», Papeles de Economía Española, n.º 53, págs. 221-234.
- (1998), "Productividad y factores determinantes", en Martín, C., España en la nueva Europa, Alianza Economía, Alianza Editorial, Madrid, págs. 31-48.
- Maτέ, J. (1999), «Convergencia en la productividad horaria sectorial de los países de la UE, EE.UU. y Japón», *Documentos de traba-jo*, n.º 147, FUNCAS.
- MOHNEN, P. (1990), «R&D and productivity growth: A survey of the literature», *Cahier de Recherche*, n.º 57, CERPE, Universite du Quebec a Montreal.
- MOHNEN, P. A.; NADIRI, M. I., y PRUCHA, I. R. (1986), «R&D, production structure and rates of return in the U.S., japanese and german manufacturing sectors», *European Economic Review*, vol. 30, páginas 749-771.
- NADIRI, M. I. (1980), "Contributions and determinants of research and development expenditures in the U.S. manufacturing industries", en Von Furstenberg, G. M. (ed.), Capital, Efficiency and Growth, Ballinger, Cambridge, MA, págs. 361-392.
- (1993), «Innovations and technological spillovers», Working paper, n.º 4423, National Bureau of Economic Research (NBER), Cambridge, MA.
- NSF (1996), *Science & Engineering Indicators 1996*, National Science Board, Arlington, Virginia.
- OCDE (1994), The Measurement of Scientific and Technological Acti-

- vities: Using Patent Data as Science and Technology Indicators-Patent Manual, OCDE, París.
- (1997), Oslo Manual. Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data, OCDE-EUROSTAT, París.
- (1998a), Basic Science and Technology Statistics, OCDE, París.
- (1998b), Research and Development in Industry 1975-96, OCDE, Paris.
- (1999), OECD Economic Surveys: France. Structural Policies Research and Innovation, 1999, OCDE, París.
- RAVENSCRAFT, D., y SCHERER, F. M. (1992), "The lag structure of returns to R&D", Applied Economics, n.º 14, págs. 603-620.
- SoLow, R. M. (1957), "Technical change and the aggregate production function", *Review of Economics and Statistics*, vol. 39, n.º 3, páginas 312-320.
- VELÁZQUEZ, F. J. (1995), «Medición y evolución sectorial del *stock* de capital en España y los países centrales de la Unión Europea», *Documentos de trabajo*, n.º 119, Fundación FIES.

#### **APÉNDICE**

#### Variables utilizadas de la Base de Datos Sectorial del Departamento de Estudios Europeos de FUNCAS (BDS-DEE-FUNCAS)

Las fuentes primarias utilizadas para la construcción de las variables sectoriales incluidas en este trabajo son las siguientes:

Valor añadido bruto nominal a precios de mercado y deflactor del valor añadido bruto nominal a precios de mercado: EUROSTAT, National Accounts-ESA: Detailed Tables by Branch; OCDE, National Accounts. Volume II: Detailed Tables; OCDE, Services. Statistics on Value Added and Employment, y elaboración del Departamento de Estudios Europeos de FUNCAS.

Empleo: EUROSTAT, National Accounts-ESA: Detailed Tables by Branch; OCDE, National Accounts. Volume II: Detailed Tables; OCDE, Services. Statistics on Value Added and Employment, y elaboración del Departamento de Estudios Europeos de FUNCAS.

Horas anuales de trabajo de los empleados: EUROSTAT, Labour Cost. Principal Results; EUROSTAT, Work Organization and Working Hours 1983-92; OIT, Anuario de Estadísticas del Trabajo; EUROSTAT, Labour Force Survey, y elaboración del Departamento de Estudios Europeos de FUNCAS. (Para obtener más detalles sobre el procedimiento de cálculo de esta variable, puede consultarse Maté, 1999).

Formación bruta de capital fijo en términos nominales y deflactor de la formación bruta de capital fijo: EUROSTAT, National Accounts-ESA: Detailed Tables by Branch; OCDE, National Accounts. Volume I. Detailed Tables; OCDE, National Accounts. Volume II. Detailed Tables; OCDE, STAN Database for Industrial Analysis, y elaboración del Departamento de Estudios Europeos de FUNCAS.

Gastos en actividades de I+D: OCDE, Research and Development Expenditure in Industry; OCDE, Basic Science and Technology Statistics; OCDE, Main Science and Technology Indicators; UNESCO, Anuario estadístico, y elaboración del Departamento de Estudios Europeos de FUNCAS.

Tasas de depreciación del capital físico: EUROSTAT (1997), Beutel, J. et al. (1992) y Velázquez (1995).

#### Resumen

El objetivo de este trabajo es obtener evidencia de la existencia de diferencias internacionales en la eficiencia del gasto en I+D, medida a partir de su impacto sobre la productividad. El procedimiento utilizado para ello permite obtener indicadores de la importancia de este impacto, así como su distribución temporal. Los resultados obtenidos indican que en todos los países estudiados el efecto de los gastos en I+D sobre la productividad es positivo y creciente con el nivel de capitalización tecnológica previo, lo que indica la presencia de rendimientos crecientes a escala, así como de costes de ajuste en estas inversiones.

Palabras clave: gastos en I+D, productividad, tasa interna de retorno, período de maduración, costes de ajuste.

#### **Abstract**

The aim of this study is to obtain evidence of the existence of differences in R&D spending efficiency, measured on the basis of its impact on productivity. The procedure used for this allows us to obtain indicators of the importance of this impact, as well as its time distribution. The results obtained indicate that in all the countries studied the effect of R&D spending on productivity is positive and rising with the level of prior technological capitalisation, which indicates the presence of increasing scale returns and adjustment costs in these investments.

Key words: R&D costs, productivity, internal rate of return, maturation period, adjustment costs.

JEL classification: O33, O49.