
PRODUCTIVIDAD, INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN A NIVEL DE EMPRESA

UN ANÁLISIS EMPÍRICO DEL SECTOR MANUFACTURERO ESPAÑOL

LEONEL MUINELO GALLO

Departamento de Economía Aplicada
Universidad Autónoma de Barcelona

El estudio del tópico de la innovación continúa siendo objeto de un interés creciente dentro de la ciencia económica. Una gran cantidad de estudios, comenzando por los trabajos pioneros basados en una aproximación de contabilidad del crecimiento de Solow (1957) y Denison (1985), han demostrado empíricamente el rol central de la innovación tecnológica en el crecimiento

económico agregado. De forma complementaria, muchos investigadores han utilizado metodologías basadas en estudios a nivel de empresa para evaluar la contribución del avance tecnológico al crecimiento económico. Así, en la literatura de la organización industrial, se atribuye a la innovación tecnológica un papel determinante en el aumento de la productividad de las empresas (1).

Sin embargo, a pesar de los avances experimentados en el conocimiento de estos procesos, aún existen lagunas importantes en cuanto a los factores determinantes de la innovación a nivel de empresa y su posterior impacto sobre los resultados económicos.

En un intento por encontrar respuestas a estas cuestiones, en los últimos años, la investigación económica ha realizado valiosos aportes tanto a nivel teórico como empírico. Por una parte, el desarrollo de modelos estructurales de función de producción ha demostrado ser una herramienta sumamente útil para describir los procesos de innovación y evaluar su impacto económico. A su vez, el surgimiento de nuevas bases de datos provenientes de encuestas en las que se pregunta directamente a las empresas acerca de características de sus procesos innovadores, ha permitido obtener información más rica y precisa sobre estos procesos.

Considerando este marco de análisis, la presente investigación utiliza datos de la «Encuesta sobre innovación tecnológica en las empresas» 2000 y 2004, y aplica el modelo estructural de función de producción para analizar los determinantes de los procesos globales de innovación de las empresas manufactureras españolas, y evaluar su impacto sobre medidas de desempeño económico de estas empresas.

Los resultados obtenidos se pueden resumir en los siguientes aspectos: la financiación pública juega un rol determinante en las decisiones de realizar actividades de investigación internas en las empresas manufactureras españolas; las empresas grandes que operan en mercados internacionales y que hacen uso de mecanismos formales y/o estratégicos para proteger sus innovaciones es más probable que realicen estas actividades internas; las empresas que realizan un mayor esfuerzo en investigación es más probable que sean innovadoras; a su vez, la productividad media de estas empresas se correlaciona de forma positiva con la introducción de nuevos productos y/o procesos, la intensidad de capital físico y el tamaño empresarial.

El trabajo está organizado de la siguiente forma. En la segunda sección se expone el marco teórico basado en el modelo estructural de función de producción. Seguidamente se discute su implementación empírica

(sección tercera). En la cuarta sección se definen las variables utilizadas en las diferentes ecuaciones del modelo empírico. A continuación, se presentan y analizan las estimaciones realizadas (sección quinta). En la sexta sección se aplican extensiones alternativas del modelo empírico. Finalmente, en la séptima sección se exponen las conclusiones del trabajo.

EL MODELO ESTRUCTURAL DE FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN †

El origen de la concepción de los modelos estructurales de función de producción se encuentra en el trabajo de Pakes y Griliches (1984), en el que se sugiere un nuevo modelo multi-ecuacional para explicar los determinantes de los procesos de innovación a nivel de empresa y evaluar su posterior impacto sobre el desempeño económico de las estas empresas. Sin embargo, fue el trabajo de Crépon, Duguet y Mairesse (1998) (de ahora en adelante CDM), realizado para Francia, el primero capaz de unir las líneas de investigación empírica en un modelo estructural similar al planteado por Pakes y Griliches.

El modelo CDM consiste en un sistema ecuacional que se formaliza en cuatro relaciones. Dos ecuaciones vinculan el capital de conocimiento de la empresa con sus determinantes. En una primera etapa, la empresa decide si realizar o no actividades de investigación. Esta decisión se basa en algún criterio determinado, por ejemplo en el valor presente esperado neto de la inversión en actividades de I+D internas. En una segunda etapa, las empresas deciden el monto a invertir en actividades de investigación internas, que representa su inversión en conocimiento científico-tecnológico.

Las dos siguientes ecuaciones del modelo establecen las funciones de producción de innovaciones: de producto o proceso. Estas ecuaciones incluyen como variable explicativa adicional la intensidad de los esfuerzos realizados en investigación interna. En este caso, el coeficiente asociado a dicha variable de investigación interna da una medida de los impactos o retornos de la investigación interna sobre la innovación.

Finalmente, en el marco de la consideración de una función de producción ampliada tipo Cobb-Douglas, la última ecuación evalúa el impacto de las innovaciones introducidas por parte de la empresa en su productividad.

ECUACIONES EMPÍRICAS Y PROCEDIMIENTO ECONOMÉTRICO †

En el caso del presente trabajo, se decidió estimar el modelo estructural de función de producción, de forma recursiva y sin efecto retroalimentación, para dos ediciones de la «Encuesta sobre innovación tecnológica en las empresas». En primera instancia, se reproducen las estimaciones realizadas para el caso de España del trabajo de Griffith *et al.* (2006) consi-

derando los datos provenientes de la encuesta del año 2000. A su vez, en una segunda instancia, se estima el mismo modelo empírico para la encuesta correspondiente al año 2004 (2). A través de dicha opción metodológica se pretende contrastar la estabilidad temporal de las relaciones estimadas.

Dado que las variables dependientes de cada ecuación se observan de forma diferente, el tratamiento econométrico que se aplica a cada una de ellas es distinto. En el caso de las ecuaciones investigación internas, se estima un sistema de dos ecuaciones: una ecuación que intenta explicar la decisión de realizar actividades de investigación internas por parte de la empresa, y otra ecuación que analiza la intensidad con que se realizan estas actividades de investigación. Dicho sistema se estima a través de un modelo Tobit *tipo 2* por el método de máxima verosimilitud robusto a heteroscedasticidad (3).

Por su parte, las funciones de innovación se estiman a través de dos ecuaciones probit discretas separadas para indicadores binarios de innovaciones de producto y de proceso, y también se utiliza el método de máxima verosimilitud robusto a heteroscedasticidad para estimar estas dos ecuaciones. En este caso, al considerar el esfuerzo innovador interno de las empresas, se toma el valor predicho por el modelo Tobit *tipo 2* como variable explicativa adicional y se estiman dichas funciones de innovación para todas las empresas, y no solo para la sub-muestra de aquellas que reportan gastos en actividades de I+D internas. Esto intenta reflejar el hecho que todas las empresas realizan algún esfuerzo innovador, pero no todas lo reportan (4).

Finalmente, en el caso de la ecuación de productividad, el producto de la empresa se mide a través de la productividad del trabajo (logaritmo del producto por trabajador). El vector de variables explicativas incluye el logaritmo del capital físico por trabajador (aproximado por la inversión en capital físico por trabajador), y dos indicadores binarios de innovación: un indicador de innovación de producto y otro indicador de innovación de proceso. En esta ecuación, se toma en cuenta la endogeneidad de las variables de innovación utilizando los valores predichos al estimar las anteriores funciones de innovación.

DEFINICIÓN DE VARIABLES †

En esta sección se detallan las variables utilizadas para estimar el modelo estructural (5).

En el caso de la decisión de realizar actividades de I+D internas de forma continua, se utilizan como variables explicativas un indicador binario que señala si el mercado internacional ha sido el más importante para la empresa durante ambos periodos de análisis (como forma de capturar su exposición a la competencia internacional); tres indicadores que consideran si la empresa ha recibido fondos públicos pa-

CUADRO 1
DETERMINANTES DE LA DECISIÓN DE LLEVAR A CABO ACTIVIDADES DE I+D INTERNA DE FORMA CONTINUA
E INTENSIDAD DE DICHO ESFUERZO
EFFECTOS MARGINALES

	Hacer o no de forma continua I+D 1998-2000	Hacer o no de forma continua I+D 2002-2004	Intensidad de I+D 1998-2000	Intensidad de I+D 2002-2004
	(1)	(2)	(3)	(4)
Observaciones	3588	4437	750	2378
Mercado internacional	0.073*** (0.018)	0.434*** (0.051)	0.132* (0.076)	-0.003 (0.148)
Cooperación	-	-	0.169* (0.090)	0.135 (0.097)
Protección formal	0.129*** (0.027)	0.288*** (0.044)	0.015 (0.085)	0.214*** (0.090)
Protección estratégica	0.200*** (0.029)	0.331*** (0.045)	-0.149* (0.077)	-0.024 (0.089)
Financiación local o autonómica	0.081*** (0.023)	0.289*** (0.051)	-0.078 (0.084)	0.354*** (0.1028)
Financiación gobierno central	0.273*** (0.030)	0.566*** (0.056)	0.293*** (0.090)	0.598*** (0.102)
Financiación UE	0.101** (0.048)	0.286*** (0.106)	0.147 (0.139)	0.272* (0.152)
Tamaño 0-19	-	-0.208*** (0.066)	-	-
Tamaño 50-99	0.101*** (0.020)	0.219*** (0.063)	-	-
Tamaño 100-249	0.237*** (0.025)	0.247*** (0.061)	-	-
Tamaño 250-999	0.418*** (0.029)	0.047 (0.063)	-	-
Tamaño 1000 o más	0.683*** (0.058)	0.211 (0.156)	-	-
Constante	-	-0.938*** (0.080)	-	-
W_arrastre demanda	-	-	0.312	0.000
W_fuentes	-	-	0.159	0.2318
W_industria	0.000	0.000	0.000	0.000
Rho	-	-	0.745 (0.056)	0.112 (0.023)
W_Rho	-	-	-	0.000
Log-likelihood	-	-	-2,135.7	-7,760.831

Notas: Entre paréntesis se muestran las desviaciones típicas robustas a heteroscedasticidad. El término W_Rho da el valor de probabilidad del test de significación del término de correlación entre los residuos de ambas ecuaciones. El término W_industria lo hace para las binarias de industria; W_arrastre de la demanda lo hace para estas variables binarias y W_fuentes para las binarias de fuentes de información.

* Significación al 10%, ** Significación al 5%, ***Significación al 1%

FUENTE: Elaboración propia.

ra llevar adelante actividades innovadoras (apoyo financiero local o autonómico, del gobierno central o de la Unión Europea); y dos indicadores relacionados con las condiciones de apropiabilidad de los resultados de sus innovaciones (protección formal o estratégica).

Para explicar la intensidad de las actividades de investigación, medida como los gastos en actividades de I+D internas por trabajador (en logaritmos), conjuntamente con los tres indicadores de financiación pública y el indicador binario que captura su exposición a la competencia internacional, se consideran cuatro indicadores que reflejan las condiciones de demanda a las que se enfrenta la empresa, un indicador referente a los arre-

glos de cooperación de la empresa para realizar actividades de innovación, y un conjunto de seis variables binarias relacionadas con las diferentes fuentes de información para innovar.

En el caso de la función de innovación, se distinguen dos tipos diferentes de innovaciones: de producto y de proceso. Cada una de ellas se mide como una variable binaria que señala si la empresa ha introducido al menos un producto o proceso innovador durante los periodos 1998-2000 y 2002-2004. Como variables explicativas, además de la intensidad en I+D predicha, se consideran indicadores de las condiciones de demanda de mercado y de apropiabilidad de los resultados de la innovación. Se espera que las empresas

sean más exitosas al obtener innovaciones de producto si utilizan a los consumidores o competidores como fuente de información y, en el caso de las innovaciones de proceso, si usan la información proveniente de sus proveedores o competidores, por lo que se disponen indicadores para cada una de estas fuentes.

A su vez, en el caso de las innovaciones de proceso, se adiciona como variable explicativa la inversión en capital físico, dado que se quiere testear la complementariedad existente entre este tipo de innovaciones y la inversión en capital que involucran los nuevos procesos tecnológicos. Dicha variable no se incluye en el caso de las innovaciones de producto porque no se encontraron antecedentes de complementariedad en este caso.

Por su parte, la productividad de la empresa, medida como la productividad del trabajo (logaritmo del salario por trabajador), depende del conocimiento medido en términos de innovaciones de producto y de proceso. Y, dado que en la encuesta no es posible observar directamente el capital físico, se aproxima a través de una medida continua de inversión en capital físico.

Finalmente, en todas las ecuaciones se controla por características inobservables de industria y, por tamaño de empresa (6). En estos casos, se consideran las empresas con un tamaño de 20 a 49 trabajadores como categoría de referencia (excluida) para las variables binarias de tamaño y, la variable binaria de la rama de alimentos como categoría de referencia para las ramas de actividad.

RESULTADOS EMPÍRICOS

La realización de actividades internas de I+D

Las columnas (1) y (2) del cuadro 1 muestran las estimaciones por el método de máxima verosimilitud robusto a heteroscedasticidad del modelo probit discreto de los determinantes que conducen a las empresas manufactureras a realizar actividades internas de I+D de forma continua durante los períodos 1998-2000 y 2002-2004.

Por su parte, las columnas (3) y (4) muestran las estimaciones correspondientes a los determinantes de cuanto esfuerzo invierten las empresas en estas actividades innovativas.

Hacer (y/o reportar) I+D interna de forma continua. A continuación se comentan los principales resultados que se derivan de las estimaciones de la ecuación referida a la decisión de realizar actividades internas de investigación por parte de la empresa (columnas 1 y 2 del cuadro 1).

Controlando por rama industrial y tamaño de empresa, la probabilidad que una empresa decida realizar

actividades de I+D internas de forma continua se incrementa significativamente con la superación de restricciones financieras. Este resultado confirma los obtenidos por trabajos previos para el caso de España (7). Sin embargo, la magnitud de dicho impacto difiere entre las fuentes de financiación pública consideradas. Así, durante el período 2002-2004, si la empresa recibe apoyo financiero por parte del gobierno central dicha probabilidad se incrementa en un 56.6%; si los fondos provienen de la Unión Europea lo hace en un 28.6%; y en el caso de gobiernos locales o autonómicos en un 28.9%.

Los datos del cuadro 1 también muestran que si la empresa opera en mercados internacionales la probabilidad de realizar actividades de investigación se incrementa en un 43.4% en el período 2002-2004. Este valor es sustancialmente mayor que el observado en el período 1998-2000 (7.3%). Dicho resultado resulta acorde con la hipótesis que señala que el intento por obtener innovaciones es una herramienta estratégica tanto para el desarrollo de las empresas como para su supervivencia en el mercado.

Por otra parte, las medidas de protección de las innovaciones, tanto formal como estratégica, aumentan la probabilidad que la empresa realice actividades internas de investigación en ambos períodos; resultado en línea con los trabajos de Arrow (1962) y Spence (1984) que señalan la importancia de la capacidad de apropiarse de los resultados de la innovación para que las empresas se vean estimuladas a realizar actividades internas relacionadas con la innovación. En concreto, son las medidas de protección estratégica las que cuentan con un impacto superior sobre dicha probabilidad.

Finalmente, y en concordancia con las hipótesis Schumpeterianas, los datos muestran que al incrementarse el tamaño de las empresas es más probable que decidan realizar actividades de I+D internas de forma continua. Aunque, en el caso del período 2002-2004, no es posible observar dicha relación para los tamaños mayores de empresa.

Intensidad del esfuerzo en I+D interno. Una vez que la empresa ha tomado la decisión de realizar internamente actividades de I+D, la intensidad con la cual las realiza, tal como ponen de relieve las columnas 3 y 4 del cuadro 1, se incrementa de manera significativa con el apoyo financiero que reciba por parte del gobierno central y de las administraciones locales y autonómicas y, en menor medida, con el apoyo que reciba por parte de la Unión Europea. Es importante notar que, durante el período 1998-2000, únicamente la financiación del gobierno central resulta significativa para explicar la intensidad de estas actividades.

Con relación a las medidas de protección se constatan diferencias importantes entre ambos períodos. Mientras que en 1998-2000 no se observa un impacto significativo de las medidas de protección formal, durante el período 2002-2004 estas medidas de pro-

CUADRO 2
FUNCIONES DE PRODUCCIÓN DE INNOVACIONES DE PROCESO Y DE PRODUCTO
EFFECTOS MARGINALES

	Innovaciones de proceso 1998-2000	Innovaciones de proceso 2002-2004	Innovaciones de producto 1998-2000	Innovaciones de producto 2002-2004
	(1)	(2)	(3)	(4)
Observaciones	3588	4325	3588	4325
Intensidad I+D	0.281*** (0.025)	0.046*** (0.005)	0.296*** (0.026)	0.063*** (0.005)
Intensidad Inversión	0.029*** (0.012)	0.015*** (0.002)	–	–
Protección formal	-0.031 (0.031)	0.017 (0.020)	0.077** (0.034)	0.090*** (0.019)
Protección estratégica	0.068** (0.034)	0.231*** (0.017)	0.059* (0.034)	0.140*** (0.018)
Fuente proveedores	0.405*** (0.028)	0.224*** (0.020)	–	–
Fuente competidores	0.187*** (0.046)	0.060** (0.028)	0.089* (0.048)	0.078** (0.031)
Fuente consumidores	–	–	0.381*** (0.030)	0.208*** (0.019)
Aspectos medioambientales reducidos	0.916*** (0.254)	0.214 (0.568)	0.032 (0.248)	1.672*** (0.554)
Aspectos medioambientales elevados	-0.003 (0.234)	0.143 (0.418)	-0.198 (0.226)	1.165*** (0.411)
Estándares reducidos	-0.474* (0.263)	0.022 (0.547)	0.306 (0.254)	-0.855 (0.537)
Estándares elevados	-0.258 (0.231)	0.737* (0.389)	0.622*** (0.222)	-0.282 (0.378)
Tamaño 0-19	–	0.024 (0.025)	–	0.044* (0.025)
Tamaño 50-99	0.015 (0.023)	-0.008 (0.025)	-0.044* (0.022)	-0.039 (0.026)
Tamaño 100-249	-0.001 (0.026)	-0.035 (0.025)	0.070*** (0.026)	-0.063*** (0.026)
Tamaño 250-999	0.101*** (0.031)	0.007 (0.024)	0.097*** (0.031)	-0.030 (0.024)
Tamaño 1000 o más	0.255*** (0.081)	0.01 (0.057)	0.259*** (0.083)	0.005 (0.057)
W_arrastre demanda	0.000	0.000	0.000	0.000
Pseudo- R2	0.225	0.152	0.249	0.1869
Log-likelihood	-1,796.0	-2,492.6	-1,719.1	-2,372.3

Notas: Entre paréntesis se muestran las desviaciones típicas robustas a heteroscedasticidad. El término W_arrastre de la demanda da el valor de probabilidad del test de significación conjunta de las variables binarias de industria.

* Significación al 10%, ** Significación al 5%, ***Significación al 1%.

FUENTE: Elaboración propia.

tección impactan de forma positiva y significativa en la intensidad con la cual la empresa realiza estas actividades. Sin embargo, una vez que la empresa ha decidido realizar actividades de I+D, las medidas de protección estratégica no impactan sobre el monto de recursos destinado a estas actividades.

En términos generales, los resultados obtenidos en la presente estimación para las dos ecuaciones de I+D son cualitativamente muy similares para ambos períodos. Así, se puede concluir que se observa una estabilidad notable en cuanto a la influencia de determinadas variables en las decisiones de llevar a cabo I+D interna de forma continua y en la intensidad de dicho esfuerzo.

La producción de innovaciones. El cuadro 2 presenta las estimaciones de las funciones de producción de innovaciones. Las columnas (1) y (2) muestran los valores estimados de un modelo probit discreto para las *innovaciones de proceso*, mientras que las columnas (3) y (4) lo hacen para las *innovaciones de producto*. Los valores reportados son nuevamente los efectos marginales evaluados en las medias muestrales.

Innovaciones de proceso. Las columnas (1) y (2) de la tabla 2 muestran que la probabilidad de que una empresa manufacturera obtenga una innovación de proceso aumenta con la realización de actividades internas de I+D de forma continua. Por otra parte, únicamen-

CUADRO 3
FUNCIÓN DE PRODUCTIVIDAD MEDIA

	Productividad 1998-2000	Productividad 2002-2004
Observaciones	3588	4325
Intensidad Inversión	0.061*** (0.006)	0.038*** (0.004)
Innovación de proceso	-0.038 (0.043)	0.047 (0.035)
Innovación de producto	0.176*** (0.034)	0.062* (0.108)
Tamaño 0-19	-	-0.271*** 0.041)
Tamaño 50-99	0.108** (0.045)	0.171*** (0.035)
Tamaño 100-249	0.152*** (0.056)	0.243*** (0.034)
Tamaño 250-999	0.350*** (0.061)	0.376*** (0.036)
Tamaño 1000 o más	0.510*** (0.109)	0.544*** (0.085)
W_industria	0.000	0.000
Constante	3.692*** (0.078)	11.700*** (0.063)
R ²	0.18	0.19

Notas: Entre paréntesis se muestran las desviaciones típicas robustas a heteroscedasticidad. El término W_industria da el valor de probabilidad del test de significación conjunta de las variables binarias de industria.

* Significación al 10%, ** Significación al 5%, ***Significación al 1%

FUENTE: Elaboración propia.

te las medidas de protección estratégica que realice la empresa, y no las de protección formal, incrementan la probabilidad de obtener este tipo de innovaciones.

Los proveedores son una fuente de información significativa y positiva para la obtención de estas innovaciones en ambos períodos; mientras que los competidores como fuente de información, aunque son significativos y tienen un efecto positivo, su impacto es marcadamente menor. A su vez, se observa la complementariedad existente entre la obtención de estas innovaciones y la intensidad de la inversión en capital, lo cual es coherente con la idea de que parte de estas innovaciones se producen por compra de maquinaria. Finalmente, durante el período 2002-2004, a diferencia del período 1998-2000, no se observa una relación significativa positiva entre tamaño de empresa y obtención de innovaciones de proceso.

Innovaciones de producto. La probabilidad de obtener innovaciones de producto (columnas 3 y 4 del cuadro 2) se incrementa con la realización de las actividades de I+D internas. Ambas medidas de protección incrementan la probabilidad de obtener este tipo de innovaciones. Sin embargo, se observan diferencias significativas en las magnitudes entre ambos períodos. Mientras que durante el período 1998-2000, las medidas de protección formal tienen un mayor impacto (7.7%) que las de protección estratégica (5.9%); en 2002-2004, dicha relación se invierte y las medidas de protección estratégica (14%) tienen un mayor impacto que las medidas de protección formal en un (9%). Por otra parte, la probabilidad de obtener inno-

vaciones de producto depende de las fuentes de información provenientes de los consumidores y de la competencia. Finalmente, no se observa una relación significativa entre tamaño de empresa y probabilidad de obtener innovaciones de producto.

Las estimaciones obtenidas para ambas funciones de innovación son por tanto consistentes en ambos períodos. Lo que estaría indicando la estabilidad temporal de las relaciones estimadas.

La función de producción

En el cuadro 3 se muestran las estimaciones de la ecuación de productividad. Dicha regresión lineal se estima por MCO.

Controlando por rama industrial y tamaño de empresa, se encuentra que la elasticidad de las ventas por trabajador depende positivamente de la medida aproximada de inversión en capital físico y de las innovaciones de producto que obtenga la empresa. Sin embargo, no existe un impacto significativo de las innovaciones de proceso.

EXTENSIONES ALTERNATIVAS

En esta sección se discuten dos extensiones básicas al modelo anteriormente estimado. En primera instancia se indaga de forma más profunda en la decisión de la empresa en cuanto a la realización de actividades de investigación internas. En segundo lugar,

CUADRO 4
MODELO PROBIT ORDENADO DE I+D INTERNA
EFFECTOS MARGINALES

	No realizar I+D 2002-2004	Realizar I+D de forma ocasional 2002-2004	Realizar I+D de forma continua 2002-2004
Observaciones			
Mercado internacional	-0.150*** (0.018)	-0.016*** (0.002)	0.166*** (0.018)
Protección formal	-0.090*** (0.013)	-0.017*** (0.003)	0.107*** (0.017)
Protección estratégica	-0.096*** (0.013)	-0.019*** (0.003)	0.115*** (0.016)
Obstáculos de costes	-0.084*** (0.025)	-0.014*** (0.004)	0.098*** (0.029)
Obstáculos de información	-0.111*** (0.030)	-0.019*** (0.005)	0.130*** (0.035)
Obstáculos Nec	0.376*** (0.025)	0.064*** (0.006)	-0.440*** (0.030)
Fuente universidades	-0.168*** (0.017)	-0.036*** (0.004)	0.204*** (0.021)
Fuente organismos gubernamentales	-0.074*** (0.019)	-0.014*** (0.004)	0.088*** (0.023)
Tamaño 0-19	0.059*** (0.021)	0.008*** (0.002)	-0.067*** (0.024)
Tamaño 50-99	-0.057*** (0.019)	-0.011*** (0.004)	0.068*** (0.023)
Tamaño 100-249	0.049** (0.020)	-0.009** (0.004)	0.058** (0.024)
Prob. Media estimada	0.28	0.18	0.54
Prob. Muestral observada	0.32	0.14	0.54

Notas: Entre paréntesis se muestran las desviaciones típicas robustas a heteroscedasticidad.

* Significación al 10%, ** Significación al 5%, ***Significación al 1%

FUENTE: Elaboración propia..

se tratan de superar los problemas asociados a la no significación del indicador de innovaciones de proceso para explicar la variación de la productividad media de las empresas manufactureras españolas.

La decisión de realizar actividades de I+D

En este apartado se analiza la decisión de la empresa en cuanto a la realización de actividades de investigación internas. De hecho, las empresas pueden decidir no realizar tales actividades, realizarlas de forma ocasional o hacerlas de forma estable durante el período. El estudio de los factores que explican el comportamiento de las empresas con relación a la elección de estas tres categorías, exhaustivas y mutuamente excluyentes, pueden permitir describir de forma más adecuada el comportamiento de las empresas con relación a estas actividades. Con este objeto, se construyó una variable categórica relacionada con la realización de actividades de investigación internas a la empresa durante el período 2002-2004 que toma tres valores: no realización de actividades de investigación, realización en forma ocasional y realización en forma continua (8).

En este caso, se optó por considerar modelos econométricos adicionales construyendo una estructura del proceso de toma de decisiones, como por ejemplo un ordenamiento natural de las alternativas. Puede ocurrir que los tres estados de la variable «hacer I+D

interna» reflejen la intensidad de una variable no observada continua, que justificaría la utilización de un modelo ordenado. Formalmente, se especificó un modelo probit ordenado para la variable categórica de actividades de I+D internas a la empresa codificada en un ranking de tres categorías y, donde el valor 0 representa la no realización de actividades de I+D internas, el valor 1 representa la realización en forma ocasional y el valor 2 la realización en forma continua durante el período 2002-2004.

A su vez, dada la endogeneidad de las variables referidas a las fuentes de información para innovar (que se relacionan con la «capacidad empresarial» de los directivos incluida en el término de error) (9), se consideraron nuevas variables explicativas referidas a los obstáculos para innovar por parte de las empresas y que se relacionan con: la existencia de innovaciones anteriores, la falta de demanda para las innovaciones y los obstáculos relacionados con los costes o la falta de información relevante para innovar (ver anexo 1).

En el cuadro 4 se muestran las estimaciones por el método de máxima verosimilitud robusto a heteroscedasticidad del modelo probit ordenado de los determinantes que conducen a las empresas manufactureras a realizar actividades internas de investigación

Los datos del cuadro 4 en el que se presentan los efectos marginales de las variables estadísticamente signi-

ficativas, muestran que si una empresa está presente en mercados internacionales, la probabilidad de que no realice actividades de I+D internas en el período 2002-2004 se reduce en 15 puntos porcentuales; también se reduce la probabilidad de que realice I+D ocasional en un 1,6%, mientras que aumenta la probabilidad de que lo haga de forma continua en un 16,6%.

Al estimar el modelo ordenado se observa que los factores más relevantes para explicar la realización de actividades de I+D internas son el carácter exportador de la empresa conjuntamente con la importancia que la empresa da a las fuentes de información académicas y de organismos gubernamentales, y la utilización de ambos mecanismos de protección de la innovación. A su vez, los obstáculos para innovar derivados de la presencia de innovaciones anteriores y/o falta de demanda para las innovaciones disminuyen de forma acentuada la probabilidad de realizar actividades internas de I+D de forma continua. Sin embargo, la dimensión empresarial tiene una importancia menor.

El impacto diferenciado de las innovaciones sobre la productividad

Otro aspecto a tener en cuenta en la estimación del modelo estructural anterior refiere al impacto de las innovaciones sobre la productividad de las empresas. Sorprende el resultado obtenido que son únicamente las innovaciones de producto las que impactan de forma significativa sobre la productividad media de las empresas manufactureras, no verificándose este resultado para las innovaciones de proceso.

Dado que cerca de un 56% de las empresas del sector manufacturero español que innovaron durante el período 2002-2004 obtuvieron conjuntamente tanto innovaciones de proceso como de producto, se consideraron dos ecuaciones separadas para analizar el impacto de ambos tipos de innovaciones. En la primera de ellas (columna 1 del cuadro 5) se analiza únicamente el impacto de las innovaciones de producto, mientras que en la otra (columna 2 del cuadro 5) se analizan únicamente las innovaciones de proceso.

Al estimar por separado el impacto de los indicadores de innovaciones de producto y de proceso, en ambos casos se obtiene un impacto significativo y positivo sobre la productividad media de las empresas. También se observa un impacto significativo y positivo de la medida aproximada de inversión en capital físico sobre la productividad.

COMENTARIOS FINALES

La estimación del modelo estructural básico de función de producción, aplicado a datos provenientes de las "Encuesta sobre innovación tecnológica en las empresas" ha permitido caracterizar el comportamiento innovador de las empresas manufactureras españolas durante el período 1998 a 2004.

CUADRO 5
FUNCIÓN DE PRODUCTIVIDAD MEDIA
COEFICIENTES ESTIMADOS

	Productividad 2002-2004	Productividad 2002-2004
	(1)	(2)
Observaciones	4445	4445
Intensidad Inversión	0.038*** (0.004)	0.039*** (0.004)
Innovación de proceso	0.058*** (0.014)	–
Innovación de producto	–	0.045*** (0.012)
Tamaño 0-19	-0.284*** (0.041)	-0.284*** (0.041)
Tamaño 50-99	0.178*** (0.178)	0.181*** (0.034)
Tamaño 100-249	0.251*** (0.033)	0.254*** (0.034)
Tamaño 250-999	0.375*** (0.035)	0.382*** (0.035)
Tamaño 1000 o más	0.571*** (0.084)	0.578*** (0.085)
W_industria	0.000	0.000
Constante	11.708*** (0.054)	11.705*** (0.054)
R ²	0.19	0.19

Nota: Entre paréntesis se muestran las desviaciones típicas robustas a heteroscedasticidad. El término W_industria da el valor de probabilidad del test de significación conjunta de las variables binarias de industria.

* Significación al 10%, ** Significación al 5%, ***Significación al 1%

FUENTE: Elaboración propia.

Según los resultados empíricos obtenidos, la realización de actividades de investigación internas de forma continua se correlaciona significativa y positivamente con la obtención de fuentes de fondos públicos, la utilización de medidas de protección de los resultados de innovación, la competencia en mercados internacionalizados y el tamaño empresarial. La intensidad con la que las empresas llevan a cabo las actividades de investigación se correlaciona con la obtención de las tres fuentes de financiación consideradas y con medidas de protección estratégica aunque, no con mecanismos formales de protección. Una vez que la empresa ha decidido realizar este tipo de actividades, la intensidad de las mismas no depende de su tamaño.

La capacidad de introducir innovaciones de proceso por parte de una empresa, se correlaciona positivamente con la intensidad con la cual realiza actividades internas de I+D, con el uso de métodos de protección estratégicos, con la intensidad de la inversión en capital físico y con la importancia de las fuentes de información provenientes de proveedores y consumidores.

En el caso de las innovaciones de producto, además de correlacionarse positivamente con la intensidad de actividades de investigación internas, lo hace con ambas medidas de protección de las innovaciones y, con la importancia de los consumidores y la com-

petencia como fuentes de información para innovar. No existen evidencias en los datos aquí analizados que las empresas grandes cuenten con ventajas para innovar. La probabilidad de obtener innovaciones, tanto de producto como de proceso, no se correlaciona de forma significativa con el tamaño de la empresa. Finalmente, la productividad media de la empresa se correlaciona positivamente con: la introducción de nuevos productos y procesos, el tamaño empresarial y la intensidad de capital físico.

La estimación de un modelo probit ordenado para explicar la decisión de realizar actividades de investigación internas, en el que no sólo se considera la decisión de su realización en forma continua sino que además en forma ocasional, permite obtener información adicional para comprender la toma de decisiones de las empresas con relación a estas actividades. Al estimar dicho modelo, se observa que el

carácter exportador de la empresa conjuntamente con la importancia que da a las fuentes de información académicas y de organismos gubernamentales, y la utilización de ambos mecanismos de protección de la innovación, son los factores más relevantes para explicar la realización de actividades de I+D internas en el período 2002-2004. Sin embargo, la dimensión empresarial tiene una importancia menor. A su vez, los obstáculos para innovar derivados de la presencia de innovaciones anteriores y/o falta de demanda para las innovaciones disminuyen de forma acentuada la probabilidad de realizar actividades internas de I+D de forma continua.

Finalmente, al analizar separadamente el impacto de los indicadores de innovaciones de producto y proceso, se observa un impacto estadístico significativo y positivo de ambos tipos de innovación sobre la productividad media de las empresas.

**ANEXO 1
DEFINICIÓN DE VARIABLES**

Variable	Descripción	Periodo
Conocimiento/Innovación		
Intensidad de gastos en I+D	Gasto en actividades internas de I+D por trabajador (en logaritmos).	1998-2000 2002-2004
Gastos continuos en I+D interna	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa reporta gastos en actividades de I+D internas de forma continua.	1998-2000 2002-2004
Gastos en I+D interna	Variable categórica que toma el valor 0 si la empresa no realizó actividades de I+D internas, el valor 1 si lo hizo en forma ocasional y valor 2 si lo hizo en forma continua.	1998-2000 2002-2004
Innovaciones de proceso	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa reporta que ha introducido procesos de producción nuevos o significativamente mejorados .	1998-2000 2002-2004
Innovaciones de producto	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa ha introducido bienes o servicios nuevos o mejorados de manera significativa .	1998-2000 2002-2004
Financiación pública		
Financiación local o autonómica	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa recibió apoyo financiero de las administraciones locales o autonómicas.	1998-2000 2002-2004
Financiación gobierno central	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa recibió apoyo financiero de las administraciones del Estado.	1998-2000 2002-2004
Financiación Unión Europea	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa recibió apoyo financiero de la Unión Europea.	1998-2000 2002-2004
Arrastre de la demanda		
Estándares elevados	Porcentaje de empresas para las cuales el cumplimiento de los requisitos normativos ha tenido una importancia intermedia/elevada.	1998-2000 2002-2004
Estándares reducidos	Porcentaje de empresas para las cuales el cumplimiento de los requisitos normativos ha tenido una importancia reducida.	1998-2000 2002-2004
Aspectos medioambientales elevados	Porcentaje de empresas para las cuales el menor impacto medioambiental o mejora en la salud y la seguridad ha tenido una importancia intermedia/elevada.	1998-2000 2002-2004
Aspectos medioambientales reducidos	Porcentaje de empresas para las cuales el menor impacto medioambiental o mejora en la salud y la seguridad ha tenido una importancia reducida.	1998-2000 2002-2004
Fuentes de Información para innovar		
Fuentes internas	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la información de fuentes internas a la empresa o grupo fue de importancia elevada	1998-2000 2002-2004
Fuentes universitarias	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la información de fuentes universitarias u otros centros de enseñanza superior fue de importancia elevada.	1998-2000 2002-2004
Fuente organismos públicos	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la información de organismo públicos de investigación fueron de importancia elevada.	1998-2000 2002-2004

(continúa)

ANEXO 1
DEFINICIÓN DE VARIABLES (continuación)

Variable	Descripción	Periodo
Fuentes de Información para innovar		
Fuente proveedores	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la información de proveedores de equipo material, componentes o software fue de importancia elevada.	1998-2000 2002-2004
Fuente competidores	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la información de competidores u otras empresas de su misma rama de actividad fue de importancia elevada .	1998-2000 2002-2004
Fuente consumidores	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la información de clientes fue de importancia elevada .	1998-2000 2002-2004
Condiciones de apropiabilidad de los resultados de la innovación		
Protección formal	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa utilizó registros de modelos de utilidad, marcas de fábrica o derechos de autor para proteger sus invenciones o innovaciones.	1998-2000 2002-2004
Protección estratégica	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa utilizó modificaciones significativas del diseño o envasado de un bien o servicio, reducción del período de respuesta a un cliente o proveedor o cambios significativos en las relaciones con otras empresas o instituciones para proteger sus invenciones o innovaciones.	1998-2000 2002-2004
Acuerdos de cooperación para innovar		
Cooperación	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa tuvo algún acuerdo de cooperación en actividades innovadoras.	2000 2004
Mercado		
Mercado internacional	Variable dicotómica que toma el valor 1 si el mercado más significativo para la empresa es el internacional.	2000 2004
Obstáculos para innovar		
Obstáculos de información	Variable continua de 0 a 1 que toma en cuenta la importancia que tienen los obstáculos para innovar relacionados con: falta de personal cualificado, falta de información sobre tecnología y sobre mercados.	2000-2004
Obstáculos de costes	Variable continua de 0 a 1 que toma en cuenta la importancia que tienen los obstáculos para innovar relacionados con: falta de fondos dentro de la empresa o grupo, falta de financiación externa a la empresa y la existencia de costes de innovación elevados.	2000-2004
Obstáculos Nec	Variable continua de 0 a 1 que toma en cuenta la importancia que tienen los obstáculos para innovar debido a la existencia de innovaciones anteriores y a la falta de demanda para las innovaciones.	2000-2004
Productividad		
Productividad media	Ventas por trabajador (en logaritmos).	2000-2004
Inversión en capital físico		
Intensidad Inversión	Inversión bruta media en bienes materiales en la agrupación a que pertenece la empresa (en logaritmos).	2000-2004
Otras variables		
Tamaño	Conjunto de 6 variables dicotómicas de acuerdo al número de empleados de la empresa. Las categorías son: 0-19, 20-49, 50-99, 100-249, 250-999, 1000 o más.	2000-2004
Ramas de actividad	Conjunto de variables dicotómicas de acuerdo a la rama de actividad del sector manufacturero de la empresa (11 sectores CNAE-93).	2000-2004

NOTAS

- [1] En Olley y Pakes (1996) se puede encontrar un análisis muy detallado de esta literatura.
- [2] La encuesta del año 2000 recoge información correspondiente al período 1998-2000; mientras que la encuesta del año 2004 lo hace para el período 2002-2004.

- [3] Se utiliza STATA y el procedimiento de Heckman para escoger los valores iniciales de los parámetros
- [4] Por ejemplo, se puede pensar que los empleados pasan parte del día reflexionando sobre cómo conseguir mejoras de eficiencia en el proceso productivo en el que están trabajando; sin embargo, por debajo de cierto umbral la empresa no será capaz de recoger información explícita sobre este esfuerzo y, por tanto, no dará parte de él.

ANEXO 2
ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

Variable	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
I+D				
Intensidad de gastos en I+D	7.6869	6.0531	0	16.2121
Gastos continuos en I+D interna	0.5367	0.4987	0	1
Gastos en I+D interna	1.2125	0.9033	0	2
Innovación				
Innovaciones de proceso	0.5667	0.4955	0	1
Innovaciones de producto	0.5799	0.4936	0	1
Financiación				
Financiación local o autonómica	0.2533	0.4350	0	1
Financiación gobierno central	0.2242	0.4171	0	1
Financiación UE	0.0561	0.2299	0	1
Arrastre de demanda				
Estándares elevados	0.4083	0.0986	0.1526	0.625
Estándares reducidos	0.1599	0.0331	0	0.25
Aspectos medioambientales elevados	0.3721	0.1012	0.1369	0.75
Aspectos medioambientales reducidos	0.1910	0.0507	0	0.3218
Fuente de información				
Fuentes internas	0.4629	0.4986	0	1
Fuentes universitarias	0.0672	0.2505	0	1
Fuente organismos públicos	0.0351	0.1840	0	1
Fuente proveedores	0.1509	0.3580	0	1
Fuente competidores	0.1023	0.3031	0	1
Fuente consumidores	0.2161	0.4117	0	1
Protección innovación				
Protección formal	0.3489	0.4766	0	1
Protección estratégica	0.3201	0.4665	0	1
Acuerdos de cooperación				
Cooperación	0.3139	0.4707	0	1
Mercado de destino				
Mercado internacional	0.7725	0.4192	0	1
Obstáculos para innovar				
Obstáculos de información	0.3924	0.2711	0	1
Obstáculos de costes	0.5333	0.3236	0	1
Obstáculos Nec	0.2258	0.2714	0	1
Productividad				
Productividad media	11.8499	0.8542	4.9182	16.2100
Inversión en capital físico				
Intensidad Inversión	6.7845	3.5274	0	15.9562
Tamaño de empresa				
0 a 19 trabajadores	0.1712	0.3767	0	1
20 a 49 trabajadores	0.2539	0.4353	0	1
50 a 99 trabajadores	0.1750	0.3800	0	1
100 a 249 trabajadores	0.1903	0.3926	0	1
250 a 999 trabajadores	0.1862	0.3893	0	1
1000 o más trabajadores	0.0231	0.1504	0	1

(continúa)

- [5] En el Anexo 1 se presentan las definiciones de las variables especialmente construidas para el presente análisis.
- [6] Se consideran las agrupaciones de actividad de la CNAE-93 Revisión 1. En el Anexo 2 se detallan las ramas de actividad integrantes de cada agrupación.
- [7] Por ejemplo, Huergo (2002) encuentra que en el año 2000 el esfuerzo inversor de las empresas españolas, al margen de su tamaño, fue superior en las que lograron financiación pública con relación a las que la solicitaron sin éxito y, mayor en estas últimas que en las empresas que ni la buscaron.

- [8] No fue posible realizar el mismo ejercicio para el período 1998-2000 debido a que la encuesta no aporta la información necesaria.
- [9] Siguiendo la metodología de dos etapas de Rivers y Vuong (1988), se contrastó la endogeneidad de las tres variables relacionadas con las diferentes fuentes de financiación en la ecuación probit discreta que especifica la probabilidad de llevar adelante actividades de I+D internas de forma continua. A un 95% de significación se rechazó la hipótesis nula de exogeneidad de las tres variables de financiación consideradas. Por tanto, el resultado del test indica

ANEXO 2
ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS (continuación)

Variable		Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Ramas de actividad	CNAE-93				
Alimentos y bebidas	15-16	0.1196	0.3246	0	1
Textil	17-19	0.0726	0.2596	0	1
Papel y derivados	20-22	0.0668	0.2497	0	1
Químicos	23-24	0.1397	0.3467	0	1
Plásticos	25	0.0544	0.2269	0	1
No metales	26	0.0621	0.2413	0	1
Metales básicos	27-28	0.1172	0.3217	0	1
Maquinaria	29	0.1210	0.3262	0	1
Electrónicos	30-33	0.1241	0.3298	0	1
Vehículos	34-35	0.0681	0.2520	0	1
Nec	36	0.0539	0.2260	0	1

que las estimaciones del modelo estructural anterior pudieran estar sesgadas y, por tanto, dicho sesgo se traslada a todas las ecuaciones del modelo.

BIBLIOGRAFÍA ↓

ARROW, K (1962): «Economic welfare and the allocation of resources for invention», in: R. Nelson (Ed.), *The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton University Press, pp. 609-626.

CRÉPON, B.; DUGUET, E. y MAIRESSE, J. (1998): «Research, Innovation, and Productivity: An Econometric Analysis at the Firm Level», *NBER Working Paper Series*, 6696.

DENISON, E. (1985): «Trends in American Economic Growth, 1929-1982», *Brookings Institution*, Washington, D.C.

GRIFFITH, R., HUERGO, E., MAIRESSE, J. y PETERS, B. (2006): «Innovation and Productivity Across Four European Countries», *NBER*

Working Paper Series, Working Paper 12722. National Bureau of Economic Research.

HUERGO, E. (2002): «Determinantes de la innovación tecnológica en la industria manufacturera española», *Revista del Instituto de Estudios Económicos*, nº 3, pp. 121-141.

OLLEY, G. S. y PAKES, A. (1996): «The dynamics of productivity in the telecommunications equipment industry», *Econometrica*, vol. 64 nº 6, pp. 1263-1297.

PAKES A. y GRILICHES, Z. (1984): «Patents and the R&D at Firm Level: A First Look», in Griliches (ed.), *R&D, Patents and Productivity*, Chicago: *University of Chicago Press*, pp. 55-72.

SOLOW, R., (1957): «Technical Change and the Aggregate Production Function», *the Review of Economics and Statistics*, nº 39, pp. 312-320.

SPENCE, M. (1984): «Cost Reduction, Competition and Industry Performance», *Econometrica*, pp. 101-121.