

MODELO ESTRUCTURAL DE FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN. UN ESTUDIO EMPÍRICO DE LA INNOVACIÓN EN EL SECTOR MANUFACTURERO ESPAÑOL ♦

*Leonel Muinelo-Gallo**

RESUMEN

Este trabajo analiza la relación entre productividad, innovación e investigación a nivel de empresa utilizando una extensión del modelo estructural de función de producción de Crépon, Duguet y Mairesse (1998). El estudio se realiza para las empresas del sector manufacturero español con base en datos provenientes de la Encuesta sobre innovación tecnológica en las empresas, 2000 y 2004. Los resultados empíricos obtenidos señalan que el financiamiento público, el tamaño empresarial y la participación en los mercados internacionales desempeñan un papel importante en las decisiones de realizar actividades de investigación al interior de las manufactureras españolas. A su vez, aquellas que realizan un mayor esfuerzo en investigación interna es más probable que sean innovadoras de producto y/o de proceso. Finalmente, las estimaciones también señalan que la productividad media de estas empresas se correlaciona de forma positiva con la introducción de nuevos productos y/o procesos y la intensidad del capital físico utilizado.

Palabras clave: innovación, investigación, productividad, modelo de función de producción.
Clasificación JEL: O31, D24, J24, O-4.

ABSTRACT

This paper analyses the relationship among productivity, innovation and research at firm level using an extension of the structural model of Crépon, Duguet and Mairesse (1998). The study is performed for Spanish firms of the manufacturing sector, using information from the Encuesta sobre innovación tecnológica en las empresas 2000 and 2004. The empirical results suggest that public funds, the size of the firms and the participation in international markets play an important role in the decisions to realize internal research activities. In addition, it is more probable that the firms that make a major effort in research, will be more innovative of products and/or of processes. Finally, the estimations also emphasize that increases in productivity are positively correlated with the introduction of new products and/or processes and with the intensity of the physical capital.

Key words: innovation, research, productivity, production function model.
Classification JEL: O31, D24, J24, O-4.

♦ Fecha de recepción: 20/05/2011. Fecha de aceptación final: 16/02/2012.

* Profesor del Departamento de Economía Aplicada de la Universidad Autónoma de Barcelona e investigador del Instituto de Economía de la Facultad de Ciencias Económicas y de Administración de la Universidad de la República-Uruguay. Walter.Leonel.Muinelo@uab.cat y lmuinelo@iecon.ccee.edu.uy

INTRODUCCIÓN

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

A pesar de los avances en el conocimiento de estos procesos, aún hay lagunas importantes en cuanto a los factores determinantes de la innovación a nivel de empresa y su posterior efecto sobre los resultados económicos.

Una parte del grado de ignorancia se debe a la dificultad para distinguir y medir adecuadamente distintos tipos de innovación, dado que ésta puede referirse a productos o procesos nuevos (innovación tecnológica), pero también a innovaciones organizativas, de gestión y de servicios, las cuales además pueden ser complementarias. A su vez, los costos y beneficios de innovar dependen de diversos elementos del conjunto del sistema económico, como el funcionamiento tanto del mercado de personal altamente calificado, como de las universidades y de los mercados de productos y servicios, la facilidad para establecer nuevas empresas, y el grado de desarrollo tanto de los mercados financieros, como del capital humano de la empresa.

En los últimos años, la investigación económica ha realizado valiosos aportes tanto teóricos como empíricos para ampliar el conocimiento de los procesos de innovación por empresa. 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 efecto 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 las 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 determi-

¹ En Olley y Pakes (1996) se puede encontrar un análisis muy detallado de esta literatura.

nantes de los procesos globales de innovación de las empresas manufactureras españolas, y evaluar su efecto sobre las medidas de desempeño económico de estas empresas.

Los resultados empíricos obtenidos se pueden resumir en los siguientes aspectos: el financiamiento público desempeña un papel determinante en las decisiones de realizar actividades de investigación internas en las empresas manufactureras españolas; las de mayor tamaño que operan en los 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 que hacen 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 sección 1 se expone el marco teórico basado en el modelo estructural de función de producción. Seguidamente, se discute su implementación empírica (sección 2). En el siguiente apartado (sección 3), se incluye una exposición de los estudios que han utilizado dicha metodología. Aquí, sin pretender realizar un análisis exhaustivo, se exponen algunos trabajos empíricos que caracterizan el comportamiento innovador de las empresas manufactureras españolas utilizando el modelo estructural. En la sección 4 se explicita la metodología empírica, mientras que en la sección 5 se definen las variables utilizadas en las diferentes ecuaciones del modelo empírico. A continuación se presentan y analizan las estimaciones realizadas (sección 6). En la sección 7 se aplican extensiones alternativas del modelo empírico. Finalmente, en la sección 8 se expone la producción de innovaciones.

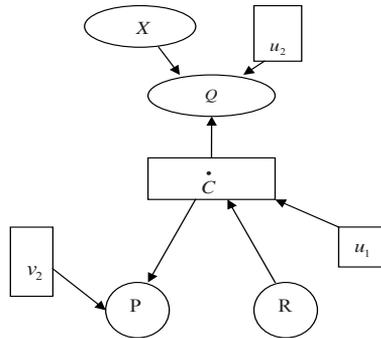
1. MARCO TEÓRICO: EL MODELO ESTRUCTURAL DE FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN

Los primeros trabajos empíricos de “función de producción” focalizaron su atención en las actividades de investigación y desarrollo (I+D) implementadas por las empresas (Griliches, 1979). La ventaja de utilizar estas medidas aproximadas del progreso tecnológico era su fácil cuantificación y medición, lo cual permitió construir indicadores que se podían incorporar explícitamente en los modelos y estudios empíricos. Estos últimos partían de un marco teórico con una única ecuación de función de producción ampliada, tipo Cobb-Douglas, que incluía como insumo adicional una medida del esfuerzo acumulado en actividades de I+D por parte de la empresa.

Sin embargo, ya en su trabajo de 1979 Griliches sostenía que el planteamiento de un modelo uniecuacional era una simplificación excesiva para el análisis del proceso de generación de innovaciones. Se debía considerar que la inversión en investigación genera innovaciones, lo que conducía al concepto de “función de producción de innovaciones”. Esta función debía describir el proceso de transformación que va desde los insumos innovadores, por ejemplo gasto en actividades de I+D, hacia las innovaciones en sí mismas.

Los estudios subsecuentes de Griliches llevaron al planteamiento de la función de producción en un sistema de ecuaciones que permitía describir el proceso de transformación que va desde los insumos hasta las innovaciones en sí mismas y, a su vez, medir el efecto de las innovaciones en el desempeño económico de las empresas. De hecho, es en el trabajo de Pakes y Griliches (1984) donde se sugiere un nuevo modelo de función de producción multiecuacional. La serie de procesos que resume la función de producción a nivel de empresa se puede describir adecuadamente mediante la siguiente figura:

Figura 1. Análisis de sendero del modelo de función de producción



La variable C define el nivel económicamente valuable de conocimiento tecnológico de la empresa en determinado momento del tiempo. Por tanto, $C = dC/dt$ se puede interpretar como la creación neta de conocimiento tecnológico por unidad de tiempo. Esta variación temporal se analiza mediante una función específica, la cual combina los insumos relacionados con los gastos realizados en investigación por parte de la empresa (variable R), y las perturbaciones, u_1 , para producir conocimiento. La variación temporal de C , que es central en el diagrama, no es observable, por lo que se hace necesario aproximarla con variables que sí se puedan observar. Ante la falta de indicadores directos de las innovaciones, se consideraban a las patentes (P) como un indicador imperfecto de su número, siendo v_2 el

ruido aleatorio en su relación con \dot{C} . La variable P conjuntamente con los factores de producción tradicionales (resumidos en la variable X) y las perturbaciones (u_2) determinan la magnitud de varios indicadores interrelacionados de desempeño económico de la empresa, resumidos en la variable Q .

Siguiendo esta lógica de análisis, resulta posible expresar el proceso de innovación empresarial mediante un sistema de ecuaciones. En éste, compuesto por tres funciones de producción secuenciales, cada ecuación pretende describir un aspecto del proceso. Inicialmente las empresas deciden si deben emprender o no actividades tecnológicas; luego, eligen la intensidad de estas actividades que determinan la producción de innovaciones, para finalmente medir su efecto, conjuntamente con el resto de los factores productivos, sobre alguna medida de desempeño económico de la empresa:

$$R = \beta_0^1 + \sum_m \beta_m^1 X_m^1 + u_0 \quad (1)$$

$$P = \beta_0^2 + \beta_R R + \sum_l \beta_l^2 X_l^2 + u_1 \quad (2)$$

$$Q = \beta_0^3 + \beta_P P + \sum_j \beta_j^3 X_j^3 + u_2 \quad (3)$$

La ecuación (1) explica el gasto en actividades de I+D (R) por parte de la empresa, que se considera como un insumo para innovar. La ecuación (2) considera la generación de innovaciones (P). Finalmente, la ecuación (3) describe el comportamiento de alguna medida de desempeño económico de las empresas (Q).² Es importante notar que, a diferencia del modelo uniecuacional de función de producción, es una medida de producto del proceso innovador y no una relacionada con sus insumos, la que conjuntamente con los factores productivos tradicionales determinan diferencias observables en el desempeño económico de las empresas.

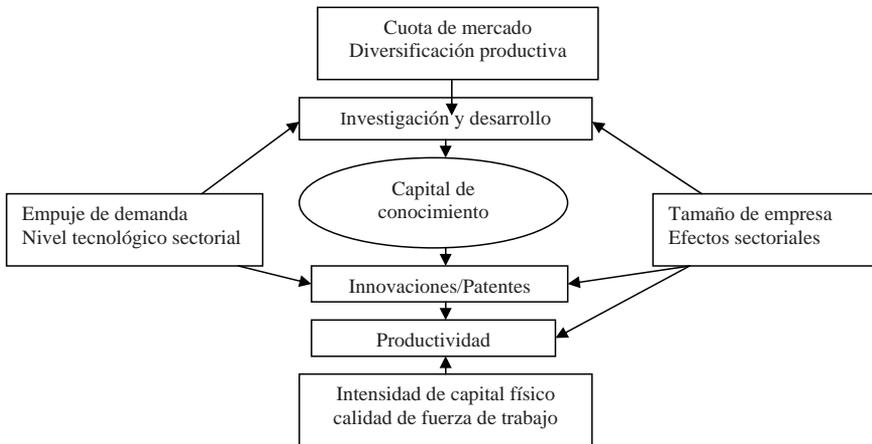
Por su parte, los vectores X^1 , X^2 y X^3 resumen los insumos que explican el comportamiento de las empresas con relación al gasto en I+D, generación de innovaciones y desempeño económico, respectivamente. La función de generación de innovaciones incluye como variable explicativa el gasto en actividades de I+D, representando el coeficiente β_R la elasticidad de las innovaciones respecto a estos gastos. En la ecuación (3) el coeficiente β_j representa la elasticidad de la

² Esta medida puede incluir variables como el valor de mercado de la empresa o alguna medida de productividad de los factores de producción.

medida de desempeño económico de las empresas con respecto al vector de insumos factoriales, y β_p es la elasticidad de esta variable con respecto a las innovaciones.

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 siguiente diagrama explicita su estructura general:

Figura 2 - Diagrama del modelo CDM



Según este diagrama, la realización de actividades de I+D por parte de la empresa es función de su cuota de mercado, diversificación productiva, y de características como su tamaño y sector de actividad al que pertenece. Dos fuerzas externas la llevan a realizar tales actividades. Una de ellas se basa en factores de demanda, tales como el crecimiento de mercado.

La otra es la importancia de los avances científicos que al estimular sus esfuerzos innovadores influyen el sendero y la tasa de avance tecnológico (“empuje” tecnológico).

Por su parte, la generación de innovaciones se explica por su inversión en I+D, por las características de la misma (tamaño y sector al que pertenece) y por las condiciones de demanda y entorno tecnológico a las que se enfrenta. De hecho, se considera que dos fuerzas externas a la empresa la llevan a innovar. Una

de ellas, conocida como la hipótesis de “arrastre de la demanda”,³ explica los procesos de innovación por medio de la importancia de los factores de demanda, tales como el crecimiento de mercado.

Para innovar no sólo el tamaño y crecimiento del mercado importan, sino también la disponibilidad a pagar de los consumidores por productos nuevos o mejorados.

Otra fuerza externa se basa en la importancia de los avances científicos. Éstos permiten generar innovaciones a las empresas por medio del desarrollo de nuevos conceptos o por la incorporación de nuevas maquinarias o insumos.

Los avances científicos permiten generar innovaciones a las empresas por medio del desarrollo de nuevos conceptos o de su incorporación a nuevas maquinarias o insumos.⁴

Finalmente, la variación de la productividad no sólo se explica por la influencia de los factores productivos tradicionales, las condiciones de demanda y el entorno tecnológico, y características como su tamaño y sector, sino que también se adicionan como factores explicativos las innovaciones generadas o introducidas por la empresa.

Considerando este marco de análisis, en la siguiente sección se discute la implementación empírica del modelo estructural CDM.

2. MODELO EMPÍRICO: UN SISTEMA DE ECUACIONES SECUENCIALES

El planteamiento empírico del modelo CDM consiste en un sistema ecuacional no-lineal y recursivo sin efecto de retroalimentación que se formaliza en cuatro ecuaciones. La primera describe la decisión de la empresa de dedicar un esfuerzo suficiente a actividades de I+D internas, lo cual resulta en una inversión observable en estas actividades (hacer I+D interna o no). La segunda describe la intensidad con la cual la empresa realiza estas actividades (“función de inversión en I+D”). Una tercera ecuación especifica la función de producción de conocimiento o innovaciones, en la cual los gastos en I+D son uno de sus determinantes. Y, finalmente, la última ecuación es la función de producción de la empresa, donde el conocimiento se considera como un insumo más junto con el resto de factores productivos.

Dos relaciones vinculan el capital de conocimiento de la empresa i con sus determinantes:

³ Usualmente atribuida a Schmookler (1966).

⁴ Véase Scherer (1965) y Levin y Reiss (1988)

$$g_i^* = x_{i0}b_0 + u_{i0} \quad (4)$$

$$k_i^* = x_{i1}b_1 + u_{i1} \quad (5)$$

En una primera etapa la empresa decide si realizar o no actividades de investigación (ecuación 4). 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, recogido por la variable dependiente latente g_i^* ; en este caso x_{i0} es un vector de factores determinantes de la decisión de realizar actividades de investigación internas y u_{i0} es el término de error. En una segunda etapa (ecuación 5), la empresa decide el monto a invertir en actividades de investigación internas, que representa su inversión en conocimiento científico-tecnológico. Se supone una intensidad latente de estas actividades k_i^* , siendo x_{i1} el vector de factores determinantes de dicha intensidad en investigación y u_{i1} el término de error correspondiente.

La siguiente ecuación del modelo (la 6) es la función de producción de innovaciones:

$$I_i^* = k_i^* \gamma_k^* + x_{i2}b_2 + u_{i2} \quad (6)$$

donde, I_i^* representa la variable latente referida a las innovaciones introducidas por la empresa i . Se supone que la introducción de innovaciones no se observa plenamente sino de forma limitada. En este caso, I_i es una variable binaria endógena igual a 0 para las empresas que no reportan la obtención de innovaciones e igual a 1 para aquellas que sí lo hacen; k_i^* es la variable latente de investigación, x_{i2} es un vector de otros factores determinantes de la función de producción de innovaciones. El coeficiente γ_k^* es una medida de los impactos o retornos de la investigación interna sobre la innovación, mientras que b_2 es el vector de coeficientes asociado al resto de variables explicativas y u_{i2} el término de error.

Finalmente, en el marco de la consideración de una función de producción ampliada tipo Cobb-Douglas (ecuación 7), se supone que las empresas producen mediante una tecnología con retornos constantes a escala utilizando, además de los insumos factoriales tradicionales, las innovaciones introducidas por la empresa que no están recogidas en el capital físico:

$$q_i = I_i^* \alpha_f + x_{i3}b_3 + u_{i3} \quad (7)$$

La variable q_i representa una medida de desempeño económico de la empresa i . El coeficiente α_i es la elasticidad de la medida de desempeño con relación a la innovación, mientras que b_3 está compuesto por los coeficientes que resumen la elasticidad a escala de los *inputs* factoriales resumidos en x_{i3} , siendo u_{i3} el término de error.

3. ANTECEDENTES EMPÍRICOS

3.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

A partir del desarrollo del modelo original CDM las investigaciones subsecuentes han avanzado en su desarrollo teórico y empírico; esto ha permitido ampliar el conocimiento sobre los procesos de innovación por empresa y su efecto económico. Si bien dichos estudios tienen como objetivo común establecer de forma empírica una caracterización de las empresas innovadoras, difieren en cuanto al planteamiento del modelo estructural, el análisis econométrico y la elección de las variables endógenas y explicativas.

En el anexo 3 se exponen los principales estudios que han utilizado esta metodología, destacando las variables endógenas y exógenas utilizadas, así como el método de estimación empleado. Las relaciones encontradas por las diferentes investigaciones se pueden sintetizar en tres ítems relacionados con los determinantes de las actividades de investigación y de innovación y con el desempeño económico de las empresas:

1. La realización de actividades de I+D se incrementa significativamente con el tamaño de la empresa y su diversificación productiva. Luego de controlar por tamaño y sector, se observa que la probabilidad de realizar tales actividades también se incrementa con su cuota de mercado. Los indicadores relacionados con la demanda de mercado y nivel tecnológico sectorial tienen un efecto positivo y significativo sobre la decisión de realizar I+D. Por su parte, tanto la cuota de mercado como su diversificación productiva tienen un efecto significativo y positivo sobre la intensidad del esfuerzo en I+D, al igual que los indicadores de arrastre de la demanda de mercado y empuje tecnológico. Sin embargo, una vez que la empresa ha decidido realizar este tipo de actividades, la intensidad de las mismas no depende de su tamaño, lo cual ratifica uno de los hechos estilizados de Cohen y Klepper (1996). A su vez, hay trabajos que consideran variables adicionales para explicar tanto la decisión de realizar actividades de I+D

como su intensidad. Por su parte, Lööf y Heshmati (2002) encuentran que ambas decisiones dependen positivamente de la calificación de los recursos humanos de que dispone la empresa, de su rentabilidad corriente y de que se disponga de una estrategia para innovar. Finalmente, Griffith *et al.* (2006) observan que las empresas que reciben fondos de fuentes gubernamentales, que operan en mercados internacionales y que hacen un mayor uso de métodos formales o estratégicos de protección de sus innovaciones, incrementan su probabilidad de realizar actividades de I+D.

2. Se utilizan diferentes medidas de resultados del proceso de innovación. Por ejemplo, variables binarias de innovación (innovar o patentar durante el periodo o no), o medidas de intensidad con la cual se innovó (ventas de productos nuevos o mejorados, o el número de patentes obtenidas). En términos generales, se encuentra una fuerte asociación entre la realización de actividades de I+D y la obtención de innovaciones. Sin embargo, una vez que se controla por sector y tamaño, la I+D no tiene un efecto significativo sobre la intensidad con la cual se innova. Los efectos de los indicadores de demanda y de tecnología son significativos al explicar las ventas de innovaciones pero no sobre las patentes. Este resultado se puede explicar por la naturaleza dinámica del proceso de innovación para el cual es difícil esperar resultados instantáneos. Las diferentes investigaciones confirman el efecto positivo y significativo para innovar de que haya mecanismos de protección tanto formales como informales. Ejemplos de variables explicativas adicionales, con efectos significativos y positivos sobre la probabilidad de innovar y su intensidad, son las relacionadas con la cooperación con universidades y proveedores de tecnología y, los intercambios de información con competidores y consumidores.
3. Las diferentes estimaciones confirman la importancia de las innovaciones para un mejor desempeño económico de las empresas. En la gran mayoría de los estudios se encuentra un efecto significativo de alguna medida de innovación sobre el desempeño económico de las empresas.

3.2 APLICACIONES DEL MODELO CDM A ESPAÑA

En el caso de España, a pesar de que últimamente han surgido una serie importante de trabajos que analizan el comportamiento innovador de las empresas,⁵ no resul-

⁵ Véase, por ejemplo, González y Nieto (2007); Díaz y Sánchez (2008), Vega *et al.* (2009) y Ramos *et al.* (2011).

ta posible encontrar estudios empíricos que estimen de forma completa el modelo CDM utilizando datos provenientes de la Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas. Hay sí una variedad de estudios empíricos que, utilizando datos provenientes de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE), caracterizan el comportamiento innovador de las empresas manufactureras españolas con metodologías muy similares al modelo estructural.⁶ Entre estos últimos es posible distinguir una variedad importante de trabajos que se centran en el análisis por separado de cada una de las tres variables endógenas del modelo estructural. Por ejemplo, Huergo (2002) describe algunos de los factores que influyen en la generación de innovaciones en la industria manufacturera española. Labeaga y Ros (2003) investigan la presencia de complementariedades entre las decisiones de llevar adelante tanto innovaciones de producto como de proceso focalizándose en el comportamiento de los gerentes. Huergo y Jaumandreu (2004), controlando por el efecto edad de la empresa, analizan directamente la repercusión de las innovaciones de proceso sobre el crecimiento de la productividad.

El estudio de Griffith *et al.* (2006) (de ahora en adelante GHMP) es uno de los escasos trabajos que aplica la metodología empírica del modelo CDM a los efectos de comparar el comportamiento innovador de las empresas entre países y, por tanto, realizar indirectamente inferencias sobre el papel que pueden tener las diferencias institucionales.⁷ Sin embargo, cuenta con tres limitaciones importantes. Por un lado, la representatividad de la muestra no es la misma para todos los países. La encuesta es obligatoria en los casos de España y Francia, pero en Alemania y Reino Unido es voluntaria, por lo que no queda establecido el grado de inconsistencia de las estimaciones que de ello se pueden derivar. En segundo lugar, quizá la necesidad de utilizar exactamente las mismas variables explicativas para cada país ha restringido las opciones de sofisticar el planteamiento teórico y empírico. Por último, probablemente algunas de las variables explicativas incluidas estén correlacionadas con el término aleatorio, sea por errores de medición o de simultaneidad.

Dado que el estudio GHMP es el único antecedente analizado que aplica de forma completa el modelo estructural CDM a datos de empresas manufactureras provenientes de la encuesta CIS para el caso de España, se creyó que una metodología empírica válida sería reproducir dicho análisis, realizado para el periodo 1998-2000, y extenderlo para el periodo 2002-2004. Al realizar un análisis de

⁶ La encuesta ESEE además de estar orientada a obtener información sobre las características de los mercados en los que opera la empresa y datos contables de las mismas, indaga sobre las estrategias empresariales de corto y largo plazos, lo cual ha permitido elaborar estudios relacionados con las actividades de I+D de las empresas y su comportamiento innovador.

⁷ Este trabajo estima el modelo CDM para Francia, Alemania, España y Reino Unido.

este tipo se persiguen dos objetivos importantes. En una primera instancia, realizar un análisis comparativo que permita comprobar si se mantienen los resultados obtenidos por el estudio GHMP y, por ende, analizar la estabilidad temporal de las relaciones estimadas. Luego, en una segunda instancia, se pretende avanzar en el planteamiento teórico y empírico del modelo GHMP, limitado por el objetivo de realizar comparaciones entre diferentes países.

4. METODOLOGÍA ECONÓMICA

En el caso del presente trabajo se decidió estimar el modelo estructural de función de producción (ecuaciones 4 a 7) 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 GHMP considerando 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 2004.⁸

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 (4) y (5), la variable latente k_i^* es observable cuando la variable g_i^* es mayor a cierto umbral mínimo. En este caso, se supone que los términos de error (u_{i0}, u_{i1}) siguen una distribución normal bivariada, N_2 , con media cero y varianzas respectivas $\sigma_{u_0}^2 = 1$ y $\sigma_{u_1}^2$, siendo $\rho_{u_{i0}, u_{i1}}$ el coeficiente de correlación de ambos errores. Este sistema de dos ecuaciones se estima como un modelo Tobit tipo 2 por el método de máxima verosimilitud robusto a heteroscedasticidad.⁹

La función de innovación (ecuación 6) se estima mediante 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. En el caso del esfuerzo innovador interno de las empresas k_i^* , se toma el valor predicho por el modelo Tobit tipo 2 como variable explicativa y se estiman las funciones de innovación para todas las empresas, y no sólo para la submuestra de aquellas que reportan gastos en actividades de I+D internas. Esto intenta reflejar el hecho de que todas las empresas realizan algún esfuerzo innovador, pero no todas lo reportan.¹⁰ Al utilizar el valor predicho de la ecuación

⁸ La encuesta del año 2000 recoge información correspondiente al período 1998-2000; mientras que la del año 2004 lo hace para el período 2002-2004.

⁹ En esta investigación se utiliza STATA y el procedimiento de Heckman para escoger los valores iniciales de los parámetros.

¹⁰ Por ejemplo, se puede pensar que los empleados pasan parte del día reflexionando sobre

de I+D interna, se instrumenta el esfuerzo innovador k_i^* y se toma en cuenta que posiblemente sea endógeno en la función de producción de innovaciones.¹¹

En el caso de la ecuación de productividad (ecuación 7), el producto de la empresa y_i se mide a través de la productividad del trabajo (logaritmo del producto por trabajador). El vector x_{i3} incluye únicamente el logaritmo del capital físico por trabajador (aproximado por la inversión en capital físico por trabajador), siendo I_i^* el *input* conocimiento, aproximado por dos indicadores (innovaciones de producto y de proceso). En esta ecuación se toma en cuenta la endogeneidad de la variable I_i^* utilizando los valores predichos al estimar ambas funciones de innovación.

5. DEFINICIÓN DE VARIABLES¹²

En esta sección se detallan las variables utilizadas para estimar el modelo estructural. Es importante señalar que las variables de control se escogieron de acuerdo con la aproximación explicitada en el planteamiento original del modelo CDM (véase la figura 2).

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 para llevar adelante actividades innovadoras (apoyo financiero local o autonómico, del gobierno central o de la Unión Europea) como forma de analizar la importancia del financiamiento gubernamental para impulsar la realización de las actividades de I+D, y dos indicadores relacionados con las condiciones de apropiabilidad de los resultados de sus innovaciones (protección formal o estratégica).

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.

¹¹ Parece probable que características no observables de las empresas (y por tanto omitidas) pudieran incrementar su esfuerzo innovador y, por tanto, su “innovatividad” (productividad al producir innovaciones). Esto significaría que al estimar el parámetro γ_k^* , se pudiera obtener una estimación sesgada hacia arriba, dado que la variable latente k_i^* y el término de error u_{i2} podrían estar positivamente correlacionados. Sin embargo, las ecuaciones de selección y esfuerzo innovador corrigen este sesgo al ser las variables x_{i0} y x_{i1} independientes del término de error u_{i2} .

¹² En el anexo 1 se presentan las definiciones de las variables construidas para el presente análisis.

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 financiamiento público 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 arreglos 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 emplean la información proveniente de sus proveedores o competidores, por lo que se usan 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 presente 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 mediante 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.¹³ 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.

¹³ 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.

6. ANÁLISIS DESCRIPTIVO: PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

En el anexo 2 se reportan estadísticos descriptivos básicos de las variables objeto de análisis. A continuación se realiza una breve reflexión sobre la información brindada por las principales medidas descriptivas para el periodo 2002-2004.¹⁴

6.1 COMPOSICIÓN SECTORIAL DE LA BASE DE DATOS

Conjuntamente, las ramas de productos químicos (13.9%), componentes eléctricos (12.4%), maquinaria (12.1%), metales básicos (11.7%) y alimentos (11.9%) representan más de la mitad de las empresas del sector manufacturero. Por su parte, las empresas integrantes del sector textil y papel y derivados representan conjuntamente 13.8%. El sector residual Nec y el de plásticos y derivados son los de menor frecuencia relativa en el sector, con una representación de empresas de 5.3 y 5.4%, respectivamente.

6.2 DISTRIBUCIÓN POR TAMAÑOS

La distribución según tamaño muestra que las empresas de 20 a 49 trabajadores representan la cuarta parte del sector, siendo el tamaño más frecuente. El resto muestra un grado de participación similar: las empresas de 0 a 19 trabajadores alcanzan 17.1%; las de 50 a 99 trabajadores, 17.5%; las de 100 a 249 trabajadores, 19%, cifra similar a las de 250 a 999 trabajadores, que representan 18.6% del sector. Son las de 1 000 trabajadores o más las de menor participación, al alcanzar 2.3% de las empresas del sector manufacturero.

6.3 LOS INSUMOS DE LA INNOVACIÓN: ¿QUIÉN HACE I+D?

Considerando el conjunto de la industria manufacturera, aproximadamente 54% de las empresas reportan la realización de actividades de I+D de forma continua durante el periodo 2002-2004.

¹⁴ Este análisis descriptivo se realiza únicamente para este periodo a los efectos de simplificar la exposición. De todas formas, es importante tener en cuenta que no se observan diferencias significativas entre las medidas descriptivas correspondientes al periodo 1998-2000 y las correspondientes al 2002-2004.

6.4 LA INTRODUCCIÓN DE INNOVACIONES DE PROCESO Y DE PRODUCTO

Las empresas que declaran haber introducido innovaciones de proceso durante el periodo 2002-2004 representan 57% del sector manufacturero, mientras que las de producto, 58%. Entre las que declaran haber introducido algún tipo de innovación en el periodo (74% del sector manufacturero), 56% declara haber introducido conjuntamente ambos tipos de innovaciones. De las empresas que declaran haber introducido innovaciones de proceso en el periodo, 32.8% no realizó actividades de I+D internas de forma continua; este porcentaje alcanza 27.7 para las innovadoras de producto. Si consideramos al conjunto de las empresas innovadoras, con independencia de si son de producto o proceso, 33.8% declara no haber realizado este tipo de actividades de forma continua durante el periodo 2002-2004.

6.5 ¿CÓMO SE INNOVA?

La cooperación

Aproximadamente 31.3 % de las empresas cuentan con algún acuerdo de cooperación para innovar durante el año 2004.

Los mercados

Un alto porcentaje de las empresas (77.25%) han señalado que durante el año 2004, el mercado más significativo ha sido el internacional.

La protección de las innovaciones

Una tercera parte de las empresas protegieron sus innovaciones ya sea de manera formal o estratégica en el periodo 2002-2004. Aunque, con un porcentaje levemente superior de protección de tipo formal (34.9%) con relación a la de tipo estratégico (32%).

El apoyo público: el financiamiento público

Durante el periodo 2002-2004 cerca de una cuarta parte de las empresas recibió apoyo financiero de las administraciones locales autonómicas, 22% del gobierno central y sólo 5.6% de la Unión Europea.

Las fuentes de información

Son las fuentes de información internas a la empresa o grupo empresarial las que cuentan con una mayor proporción de empresas que las consideran de importancia elevada para innovar (46%), seguidas de los consumidores (21%) y, en menor medida los proveedores (15%) y los competidores (10%). Las de menor importancia son las fuentes universitarias y gubernamentales (6 y 3%, respectivamente).

Las regulaciones y la demanda de innovaciones

Los requisitos normativos cuentan con una importancia intermedia o elevada para 40.8% de empresas, mientras que este porcentaje en el caso del impacto medioambiental o mejora en la salud o seguridad asciende a 37.2.

7. ESTIMACIONES

En esta sección se presentan los resultados de la estimación del modelo econométrico. En primera instancia, se analizan las estimaciones de las ecuaciones de I+D (ecuaciones 4 y 5). En una segunda instancia se comentan las estimaciones de las funciones de producción de innovaciones (ecuación 6). Y, finalmente, se analizan los factores explicativos de la productividad de las empresas (ecuación 7).

7.1 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 periodos 1998-2000 y 2002-2004. Por su parte, las columnas 3 y 4 muestran las estimaciones correspondientes a los determinantes de cuánto esfuerzo invierten las empresas en estas actividades innovativas.

A diferencia de los modelos lineales, los parámetros estimados de un modelo no lineal no tienen una interpretación directa. Dado que el modelo es una probabilidad, el valor absoluto de los coeficientes da una fotografía distorsionada de la respuesta de la variable dependiente ante un cambio en uno de sus estímulos. Por ello, los coeficientes aquí reportados son los efectos marginales en la media muestral. En el modelo probit, en el caso que las variables explicativas sean binarias el efecto marginal es el cambio en la probabilidad generado de pasar de no tener una característica dada a tenerla (pasar de 0 a 1); mientras que, si la variable

Cuadro 1
Determinantes de la decisión de llevar a cabo actividades de I+D interna de forma continua
e intensidad de dicho esfuerzo.

	Efectos marginales			
	<i>Hacer o no de forma continua I+D 1998-2000</i>	<i>Hacer o no de forma continua I+D 2002-2004</i>	<i>Intensidad de I+D 1998-2000</i>	<i>Intensidad de I+D 2002-2004</i>
	<i>(1)</i>	<i>(2)</i>	<i>(3)</i>	<i>(4)</i>
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)
Financiamiento local o autonómica	0.081*** (0.023)	0.289*** (0.051)	-0.078 (0.084)	0.354*** (0.1028)
Financiamiento gobierno central	0.273*** (0.030)	0.566*** (0.056)	0.293*** (0.090)	0.598*** (0.102)
Financiamiento 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	-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 a 10%, ** Significación a 5%, *** Significación a 1 por ciento.

es continua, es el efecto en la probabilidad de un cambio marginal en la media de la variable. En el caso de la intensidad en investigación interna, es el efecto sobre el valor esperado de este tipo de actividades condicional a un gasto positivo.

7.1.1 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 de que una empresa decida realizar actividades de I+D internas de forma continua se incrementa significativamente con la superación de las restricciones financieras. Este resultado confirma los obtenidos por trabajos previos para el caso de España.¹⁵ Sin embargo, la magnitud de dicho efecto difiere entre las fuentes de financiamiento público consideradas. Así, durante el periodo 2002-2004, si la empresa recibe apoyo financiero por parte del gobierno central dicha probabilidad se incrementa en 56.6%; si los fondos provienen de la Unión Europea lo hace en 28.6%, y en el caso de gobiernos locales o autonómicos en 28.9%. Dicho resultado pone de manifiesto la importancia del apoyo gubernamental para realizar este tipo de actividades. Y, en particular, destaca el impulso brindado por parte del gobierno central.

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 43.4% en el periodo 2002-2004. Este valor es sustancialmente mayor que el observado en el periodo 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 de que la empresa realice actividades internas de investigación en ambos periodos, 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

¹⁵ 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 financiamiento público con relación a las que lo solicitaron sin éxito y, mayor en estas últimas que en las empresas que ni la buscaron.

concreto, son las medidas de protección estratégica las que cuentan con un efecto superior sobre dicha probabilidad.

Finalmente, 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. Sin embargo, en el caso del periodo 2002-2004, no es posible observar dicha relación para los tamaños mayores de empresa.

7.1.2 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 del gobierno central y de las administraciones locales y autonómicas y, en menor medida, con el que reciba de la Unión Europea. Es importante notar que, durante el periodo 1998-2000, únicamente el financiamiento del gobierno central resulta significativo para explicar la intensidad de estas actividades.

Con relación a las medidas de protección se constatan diferencias importantes entre ambos periodos. Mientras que en 1998-2000 no se observa un efecto significativo de las medidas de protección formal, durante el periodo 2002-2004 éstas afectan de forma positiva y significativa 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 afectan 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 periodos. 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.

8. 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.

Cuadro 2
Funciones de producción de innovaciones de proceso y de producto.
Efectos marginales

	<i>Innovaciones de proceso 1998-2000</i>	<i>Innovaciones de proceso 2002-2004</i>	<i>Innovaciones de producto 1998-2000</i>	<i>Innovaciones de producto 2002-2004</i>
	(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 1 000 o más	0.255*** (0.081)	0.01 (0.057)	0.259*** (0.083)	0.005 (0.057)
W_industria	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_industria da el valor de probabilidad del test de significación conjunta de las variables binarias de industria.

* Significación a 10%, ** Significación a 5%, ***Significación a 1 por ciento.

8.1 INNOVACIONES DE PROCESO

Las columnas 1 y 2 del cuadro 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, únicamente 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 periodos, mientras que los competidores como fuente de información, aunque son significativos y tienen un efecto positivo, su efecto es marcadamente menor. A su vez, se observa la complementariedad 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 produce por compra de maquinaria. Finalmente, durante el periodo 2002-2004, a diferencia del de 1998-2000, no se observa una relación significativa positiva entre el tamaño de empresa y la obtención de innovaciones de proceso.

8.2 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 periodos. Mientras que en 1998-2000 las medidas de protección formal tienen un mayor efecto (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 efecto que las medidas de protección formal (9%). Por otra parte, la probabilidad de obtener innovaciones 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 periodos, lo que estaría indicando la estabilidad temporal de las relaciones estimadas.

8.3 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 hay un efecto significativo de las innovaciones de proceso.

9. EXTENSIONES ALTERNATIVAS

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

Cuadro 3
Función de productividad media

	<i>Productividad 1998-2000</i>	<i>Productividad 2002-2004</i>
<i>Observaciones</i>	<i>3588</i>	<i>4325</i>
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 1 000 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 a 10%, ** Significación a 5%, ***Significación a 1 por ciento.

internas. En segundo lugar, 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.

9.1 LA DECISIÓN DE REALIZAR ACTIVIDADES DE I+D

En este apartado se analiza la decisión de la empresa de realizar actividades de investigación internas. De hecho, las empresas pueden decidir no llevarlas a cabo, hacerlas de forma ya sea ocasional, o bien de forma estable durante el periodo. El estudio de los factores que explican el comportamiento de las empresas con respecto a la elección de estas tres categorías, exhaustivas y mutuamente excluyentes, pueden permitir describir de forma más adecuada el comportamiento de las empresas en relación con estas actividades. Con este objeto, se construyó una variable categórica relacionada con la realización de actividades de investigación internas a la empresa durante el periodo 2002-2004, que toma tres valores: no realización de actividades de investigación, realización en forma ocasional y realización en forma continua.¹⁶ La importancia de considerar este nuevo análisis de las actividades de investigación radica en que no se ha realizado anteriormente para España.

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 $g_i \in \{0, 1, 2\}$ 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 periodo 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),¹⁷ se consideraron nuevas variables

¹⁶ No fue posible realizar el mismo ejercicio para el periodo 1998-2000 debido a que la encuesta no aporta la información necesaria.

¹⁷ 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 financiamiento en la ecuación probit discreta que especifica la probabilidad de llevar adelante actividades de I+D internas de forma continua. A 95% de significación se rechazó la hipótesis nula de exogeneidad de las tres variables de financiación

explicativas referidas a los obstáculos para innovar 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 costos o la falta de información relevante para innovar (véase el 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 significativas, muestran que si una empresa está presente en mercados internacionales, la probabilidad de que no realice actividades de I+D internas en el periodo 2002-2004 se reduce en 15 puntos porcentuales; también disminuye la probabilidad de que efectúe I+D ocasional en 1.6%, mientras que aumenta la probabilidad de que lo haga de forma continua en 16.6 por ciento.

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 ésta 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 éstas 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.

9.2 EL EFECTO DIFERENCIADO DE LAS INNOVACIONES SOBRE LA PRODUCTIVIDAD

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

Dado que cerca de 56% de las empresas del sector manufacturero español que innovaron durante el periodo 2002-2004 obtuvieron conjuntamente tanto innovaciones de proceso como de producto, se consideraron dos ecuaciones separadas para analizar el efecto de ambos tipos de innovaciones. En la primera

consideradas. Por ende, el resultado del test indica que las estimaciones del modelo estructural anterior pudieran estar sesgadas y, por tanto, dicho sesgo se traslada a todas las ecuaciones del modelo.

Cuadro 4
Modelo probit ordenado de I+D interna.
Efectos marginales

<i>Observaciones</i>	<i>No realizar I+D 2002-2004</i>	<i>Realizar I+D de forma ocasional 2002-2004</i>	<i>Realizar I+D de forma continua 2002-2004</i>
	<i>4445</i>		
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 costos	-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 a 10%, ** Significación a 5%, *** Significación a 1 por ciento.

de ellas (columna 1 del cuadro 5) se analiza únicamente el efecto 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 efecto de los indicadores de innovaciones de producto y de proceso, en ambos casos se obtiene un efecto significativo y positivo en la productividad media de las empresas. También se observa un efecto significativo y positivo de la medida aproximada de inversión en capital físico sobre la productividad.

Cuadro 5
Función de productividad media.
Coefficientes estimados

	<i>Productividad 2002-2004</i>	<i>Productividad 2002-2004</i>
	(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 a 10%, ** Significación a 5%, ***Significación a 1 por ciento.

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 periodo 1998 a 2004.

Según los resultados empíricos obtenidos, la realización de actividades de investigación internas de forma continua se correlaciona significativa y positiva-

mente con la obtención de fuentes de fondos públicos, el empleo de medidas para proteger los resultados de la 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 financiamiento 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 una empresa para introducir innovaciones de proceso, 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 competencia como fuentes de información para innovar. No hay evidencias en los datos aquí analizados de 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 realizarlas en forma continua sino 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 periodo 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 efecto de los indicadores de innovaciones de producto y proceso, se observa un efecto estadístico significativo y positivo de ambos tipos de innovación sobre la productividad media de las empresas.

Anexo 1. Definición de variables

<i>VARIABLE</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>PERIODO</i>
<i>Conocimiento/innovación</i>		
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
<i>Financiamiento público</i>		
Financiamiento 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
Financiamiento gobierno central	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa recibió apoyo financiero de las administraciones del Estado	1998-2000 2002-2004
Financiamiento Unión Europea	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa recibió apoyo financiero de la Unión Europea	1998-2000 2002-2004
<i>Arrastre de la demanda</i>		
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 efecto 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 efecto medioambiental o mejora en la salud y la seguridad ha tenido una importancia reducida	1998-2000 2002-2004
<i>Fuentes de información para innovar</i>		
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
Fuente proveedores	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la información de proveedores de equipo material, componentes o <i>software</i> 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
<i>Condiciones de apropiabilidad de los resultados de la innovación</i>		
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 periodo 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
<i>Acuerdos de cooperación para innovar</i>		
Cooperación	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa tuvo algún acuerdo de cooperación en actividades innovadoras	2000 2004
<i>Mercado</i>		
Mercado internacional	Variable dicotómica que toma el valor 1 si el mercado más significativo para la empresa es el internacional	2000 2004
<i>Obstáculos para innovar</i>		
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	2002-2004
Obstáculos de costos	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 financiamiento externo a la empresa y la existencia de costos de innovación elevados	2002-2004
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	2002-2004
<i>Productividad</i>		
Productividad media	Ventas por trabajador (en logaritmos)	2000 2004
<i>Inversión en capital físico</i>		
Intensidad Inversión	Inversión bruta media en bienes materiales en la agrupación a que pertenece la empresa (en logaritmos)	2000 2004
<i>Otras variables</i>		
Tamaño	Conjunto de seis variables dicotómicas de acuerdo con el 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 con la rama de actividad del sector manufacturero de la empresa (11 sectores CNAE-93)	2000 2004

Anexo 2. Estadísticos descriptivos

<i>Variable</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
<i>I+D</i>				
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
<i>Innovación</i>				
Innovaciones de proceso	0.5667	0.4955	0	1
Innovaciones de producto	0.5799	0.4936	0	1
<i>Financiamiento</i>				
Financiamiento local o autonómica	0.2533	0.4350	0	1
Financiamiento gobierno central	0.2242	0.4171	0	1
Financiamiento UE	0.0561	0.2299	0	1
<i>Arrastre de demanda</i>				
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
<i>Fuente de información</i>				
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
<i>Protección innovación</i>				
Protección formal	0.3489	0.4766	0	1
Protección estratégica	0.3201	0.4665	0	1
<i>Acuerdos de cooperación</i>				
Cooperación	0.3139	0.4707	0	1
<i>Mercado de destino</i>				
Mercado internacional	0.7725	0.4192	0	1
<i>Obstáculos para innovar</i>				
Obstáculos de información	0.3924	0.2711	0	1
Obstáculos de costos	0.5333	0.3236	0	1
Obstáculos Nec	0.2258	0.2714	0	1

<i>Variable</i>		<i>Media</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
<i>Productividad</i>					
Productividad media		11.8499	0.8542	4.9182	16.2100
<i>Inversión en capital físico</i>					
Intensidad Inversión		6.7845	3.5274	0	15.9562
<i>Tamaño de empresa</i>					
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
<i>Ramas de actividad</i>					
	<i>CNAE-93</i>				
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

Anexo 3. Antecedentes empíricos del modelo CDM

Estudio	Datos a nivel de empresa	Variables endógenas	Variables independientes	Método de estimación	Otros Comentarios
Crépon, Duguet y Maïresse (1998)	Francia 1986-1990	Gastos en I+D (deflactados y depreciados) Patentes y proporción de ventas de innovaciones en el total de ventas Valor agregado por trabajador	Tamaño de empresa, cuota de mercado, diversificación productiva, arrastre de demanda y condiciones de oportunidad tecnológica, sector industrial Mismas que ecuación anterior incluyendo la variable de intensidad en I+D Innovaciones, tamaño de empresa, capital físico por trabajador, personal calificado, sector industrial	Estimador de momentos en primera etapa y mínimos cuadrados asintóticos (ALS) en segunda etapa	
Benavente (2006)	Chile 1995-1998	Gasto en I+D por trabajador Proporción de ventas de innovaciones en el total de ventas Productividad del trabajo Gasto en I+D por trabajador	Tamaño de empresa, cuota de mercado, diversificación productiva Mismas que ecuación anterior incluyendo la variable de intensidad en I+D Tamaño de empresa, innovación, intensidad de capital	Estimador de momentos en primera etapa y mínimos cuadrados asintóticos (ALS) en segunda etapa	
Jefferson, Huambo, Xinajing y Xiaoyun (2006)	China 1995-1999 (panel de datos)	Proporción de ventas de innovaciones en el total de ventas. Productividad total de los factores Rentabilidad	Tamaño de empresa, diversificación productiva, beneficios rezagados, intensidad en I+D rezagada, tipo de propiedad de la empresa, factores que dificultan la innovación Intensidad en I+D, interacción intensidad en I+D-tamaño de la empresa, sector industrial, tipo de propiedad de la empresa Tamaño de empresa, proporción de ventas de innovaciones, capital físico y materiales, sector industrial, tipo de propiedad de la empresa Tamaño de la empresa, participación de ventas de innovaciones, capital físico, sector industrial, tipo de propiedad de la empresa	Estimación por mínimos cuadrados ordinarios (OLS) y variables instrumentales (IV)	

Estudio	Datos a nivel de empresa	Variables endógenas	Variables independientes	Método de estimación	Otros Comentarios
Lööf y Heshmati (2002a)	<p>Suecia 1994-1996</p>	<p>Gasto en innovación por trabajador</p> <p>Ventas de innovaciones por trabajador (distinguen entre innovaciones nuevas para el mercado –radicales– y nuevas para la empresa –incrementales.</p> <p>Productividad del trabajo</p>	<p>Tamaño de empresa, capital humano, indicador de rentabilidad de la empresa, estrategia de innovación de la empresa, cooperación para innovar, fuentes de información para innovar, factores que dificultan la innovación, innovación de proceso, sector industrial</p> <p>Intensidad en I+D, indicador de productividad, capital humano, cooperación para innovar, fuentes de información para innovar, factores que dificultan la innovación, sector industrial, tamaño de la empresa, innovaciones de proceso</p> <p>Productividad del trabajo rezagada, innovación, tamaño de empresa, personal calificado, indicador de fusión con otras empresas, intensidad factorial, innovación de proceso</p>	<p>Máxima verosimilitud (ML) para el modelo Tobit generalizado de gastos en I+D, las otras ecuaciones se estiman por mínimos cuadrados en tres etapas (3SLS) con corrección de sesgo de selección</p>	<p>Efecto retroalimentación desde la productividad hacia las innovaciones</p>
Lööf y Heshmati (2002b)	<p>Suecia 1996-1998</p>	<p>Gasto en I+D por trabajador</p> <p>Ventas de innovaciones por trabajador (distinguen entre innovaciones nuevas para el mercado y nuevas para la empresa)</p> <p>Valor agregado por trabajador</p>	<p>Tamaño de empresa, indicador de intensidad de capital de capital físico, capital humano, indicador de grado de competencia en el mercado de la empresa, factores que dificultan la innovación</p> <p>Tamaño de empresa, intensidad en I+D, intensidad de capital físico, crecimiento de mercado, fuentes de conocimiento, ratio de Mill</p> <p>Tamaño de empresa, ventas de innovaciones por trabajador, capital humano, tipo de innovación</p>	<p>Estimación por ML para el modelo Tobit generalizado de gasto en I+D, mientras que las otras ecuaciones se estiman por mínimos cuadrados en dos etapas (2SLS) con corrección de sesgo de selección</p>	<p>También se estima el modelo sólo para innovaciones radicales; la ecuación de productividad es estimada en niveles y tasas de crecimiento; efecto retroalimentación desde la productividad hacia las innovaciones</p>

Estudio	Datos a nivel de empresa	Variables endógenas	Variables independientes	Método de estimación	Otros Comentarios
Lööf, Hesh-mati, Apslund y Määs (2001)	<p>Gasto en I+D por trabajador</p> <p>Ventas de innovaciones por trabajador (distinguen entre innovaciones incrementales y radicales)</p> <p>Productividad del trabajo</p> <p>Finlandia, Noruega y Suecia 1994-1996</p>	<p>Sector industrial, tamaño de la empresa, exportaciones, patentes, proporción de administradores y no ingenieros en actividades de I+D, intensidad factorial (conocimiento, capital y trabajo), fusiones de empresas</p> <p>Mismas que ecuación anterior y se adicionan: intensidad en I+D, obstáculos a la innovación, fuentes de información para innovar, acuerdos de cooperación</p> <p>Innovación, sector industrial, intensidad factorial, innovación de proceso, razones para innovar, capital humano, fuentes de conocimiento, factores que dificultan la innovación, tamaño de empresa, fusiones empresariales</p>	<p>ML para el Tobit generalizado de gasto en I+D, las otras ecuaciones se estiman por 2SLS y 3SLS con corrección de sesgo de selección</p>	<p>Estimación conjunta de todas las innovaciones y, luego, únicamente para las innovaciones radicales: efecto retroalimentación desde productividad hacia la innovación</p>	
Duguet (2006)	<p>Innovación radical e Innovación incremental</p> <p>Crecimiento de la PTF</p> <p>Francia 1986-1990</p>	<p>Ventas, cuota de mercado, diversificación productiva, empuje tecnológico, arrastre de la demanda, I+D interno, I+D externa, patentes, tipos de bienes</p> <p>Innovación, sector industrial, PTF rezagada, arrastre de la demanda, empuje tecnológico, insumos para innovar, I+D</p>	<p>ML para las innovaciones, 2SLS y GMM para el crecimiento de la PTF</p>	<p>Estimación separada para varias oportunidades tecnológicas</p>	
van Leeuwen y Klomp (2006)	<p>Intensidad de I+D: gasto total en I+D interno como porcentaje del total de ventas</p> <p>Intensidad de innovación</p> <p>Rentabilidad</p> <p>Holanda 1994-1996</p>	<p>Tamaño de empresa, cuota de mercado; arrastre de demanda, empuje tecnológico, variables de oportunidad tecnológica: CIENCIA (información tecnológica de la ciencia) y OTROS (información de otras empresas); facilidades permanentes en I+D, cooperación en I+D, indicadores financieros</p> <p>I+D más variables de ecuación anterior sin indicadores financieros</p> <p>Innovaciones, capital físico, materiales, trabajo, innovación de proceso, sector industrial, tamaño de empresa</p>	<p>OLS y 3SLS (con o sin corrección para la selectividad)</p>	<p>Efecto retroalimentación desde productividad a la ecuación de insumos para innovar</p>	

Estudio	Datos a nivel de empresa	Variables endógenas	Variables independientes	Método de estimación	Otros Comentarios
van Leeuwen (2002)	Holanda 1992-1996	Intensidad en I+D: gasto total en I+D interno como porcentaje del total de ventas Participación de las ventas de innovaciones en el total de ventas	Intensidad en I+D rezagada, tamaño de empresa, cuota de mercado, objetivos del proceso innovador, aspectos organizacionales y de entorno tecnológico, oportunidad tecnológica: facilidades permanentes en I+D, cooperación en I+D; variables financieras Mismas que ecuación anterior sin facilidades para act. de I+D, I+D, innovación de proceso, periodo	ML con información completa	Efecto retroalimentación desde productividad a la ecuación de insumos para innovar
Criscuolo y Haskel (2003)	Reino Unido 1994-1996 1988-2000 (panel de datos)	Productividad (ingresos de la empresa por trabajador y valor agregado por trabajador) Gasto en I+D en el total de ventas	Innovaciones, capital físico, materiales, trabajo, innovación de proceso, sector industrial, tamaño de la empresa, inversa del <i>mark-up</i> Trabajadores calificados, rigidez organizacional, indicador de grado de regulación, grupo empresarial, ayuda financiera y no financiera, cuota de mercado, concentración industrial, protección estratégica y comercial, PTF relativa a la empresa en la frontera tecnológica al inicio del periodo, apropiabilidad de resultados, mercado de destino de la producción	Estimación por mínimos cuadrados ordinarios (OLS) y variables instrumentales (IV)	
Parisi, Schiantarelli y Sembenelli (2005)	Italia 1992-1994 y 1995-1997 (Panel de datos)	Innovación PTF Innovación de producto y de proceso	I+D, ayuda financiera, cooperación en I+D, I+D interna, grupo empresarial, personal calificado, fuentes de información Innovación de producto y de proceso, innovador original, imitador, capital humano, capital físico Tamaño de empresa, I+D, capital fijo, edad de la empresa, grupo empresarial, sector industrial, localización geográfica, crecimiento de la productividad (rentabilidad esperada de la empresa) y flujo de caja (condiciones financieras)	Generación de innovaciones de producto y proceso estimadas a través de Logit o Logit condicional. Efectos de la innovación sobre el crecimiento de la productividad estimada por IV	

<i>Estudio</i>	<i>Datos a nivel de empresa</i>	<i>Variables endógenas</i>	<i>Variables independientes</i>	<i>Método de estimación</i>	<i>Otros Comentarios</i>
Griffith, Huergo, Mairesse y Peters (2006)	Francia, Alemania, España y Reino Unido (CIS3) 1998 - 2000	I + D Gasto en I + D por trabajador Innovaciones de producto o proceso Ventas por trabajador	Competencia internacional, ayuda pública, condiciones de apropiabilidad, tamaño de empresa, sector industrial, dummy para Alemania del Este Condiciones de demanda, cooperación, fuentes de información para innovar, ayuda pública Intensidad de I + D, indicadores de demanda y condiciones de apropiabilidad, fuentes de información, inversión por trabajador en innovación de proceso Innovaciones, inversión en capital físico	Tobit generalizado por ML para ecuaciones de I + D. Dos ecuaciones Probit para innovaciones de proceso y de producto	

BIBLIOGRAFÍA

- Arrow, Kenneth (1962), “Economic welfare and the allocation of resources for invention”, en Richard Nelson (ed.), *The rate and direction of inventive activity*, Princeton University Press, pp. 609-626.
- Benavente, José Miguel (2006), “The role of research and innovation in promoting productivity in Chile”, *Economics of Innovation and New Technology*, 2006, vol. 15 (4/5) junio/julio, pp. 301-315. Special Issue “On empirical studies of innovation in the knowledge driven economy”.
- Cohen, Wesley, y Steven Klepper (1996), “A Reprise of Size and R&D”, *The Economic Journal*, vol. 106, núm. 437, pp. 925-951.
- Crépon, Bruno, Emmanuel Duguet, y Jacques Mairesse (1998), “Research, innovation, and productivity: an econometric analysis at the firm level”, NBER Working Paper Series 6696.
- Crisuolo, Chiara, y Jonathan Haskel (2003), “Innovations and productivity growth in the UK: Evidence from CIS2 and CIS3”, CeRiBA Discussion Paper, EBPf03-3(10), Londres.
- Denison, Edward Fulton (1985), “Trends in American economic growth, 1929-1982”, Brookings Institution, Washington, D.C.
- Díaz, María Ángeles, y Rosario Sánchez (2008), “Firm size and productivity in Spain: a stochastic frontier analysis”, *Small Business Economics*, vol. 30(3), pp. 315-323.
- Duguet, Emmanuel (2006), “Innovation height, spillovers and TFP growth at the firm level: evidence from French manufacturing”, *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 15(4/5), pp. 415-442.
- González, Nuria, y Mariano Nieto-Antolín (2007), “Appropriability of innovation results: an empirical study in Spanish manufacturing firms”, *Technovation*, vol. 27(5), pp. 280-295.
- Griffith, Rachel, Elena Huergo, Jacques Mairesse, y Bettina Peters (2006), “Innovation and productivity across four European countries”, NBER Working Paper Series, Working Paper 12722, National Bureau of Economic Research.
- Griliches, Zvi (1979), “Issues in assessing the contribution of R&D to productivity growth”, *Bell Journal of Economics* (10), pp. 92-116.
- Huergo, Elena (2002), “Determinantes de la innovación tecnológica en la industria manufacturera española”, *Revista del Instituto de Estudios Económicos*, núm. 3, pp. 121-141.
- , y Jordi Jaumandreu (2004), “Firm’s age, process innovation and produc-

- tivity growth”, *International Journal of Industrial Organization*, núm. 22/4, pp. 541-559
- Jefferson, Gary, Bai Huambo, Guan Xiaojing, y Yu Xiaoyun (2006), “R&D and economic performance in chinese industry”, *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 15(4/5), 345-366. Special Issue “On empirical studies of innovation in the knowledge driven economy”.
- Labeaga, José María, y Ester Martínez-Ros (2003), “Persistence and ability in the innovation decisions”, *Working Paper 03-01. Business Economics Series 01*, Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Economía de la Empresa.
- Levin, Richard, y Peter Reiss (1988), “Cost reducing and demand creating R&D with spillovers”, *Rand Journal of Economics* 19, pp. 538-556.
- Lööf, Hans, y Almas Heshmati (2002a), “Knowledge capital and performance heterogeneity: an innovation study at firm level”, *International Journal of Production Economics*, 76(1), pp. 61-85.
- , y Almas Heshmati (2002b), “On the relationship between innovation and performance: a sensitivity analysis”, *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 15, núm. 4-5, pp. 317-344.
- , Almas Heshmati, Rita Asplund, y Svein-Olav Nääs (2001), “Innovation and performance in manufacturing industries: a comparison of the nordic countries”, Stockholm School in Economics: Swedish Working Paper Series in Economics and Finance.
- Olley, Steven, y Ariel Pakes (1996), “The dynamics of productivity in the telecommunications equipment industry”, *Econometrica* 64(6), pp. 1263-1297.
- Pakes, Ariel y Zvi Griliches (1984), “Patents and the R&D at firm level: a first look”, en Griliches (ed.), *R&D, Patents and Productivity*, Chicago, University of Chicago Press, pp. 55-72.
- Parisi, María Laura, Fabio Schiantarelli, y Alessandro Sembenelli (2005), “Productivity, innovation and R&D: micro evidence for Italy”, *European Economic Review*.
- Ramos, Encarnación, Francisco Acedo, y María Rosario González (2011), “Internationalisation speed and technological patterns: a panel data study on spanish SMEs”, *Technovation*, vol. 31(10/11), pp. 560-572.
- Scherer, Frederic Michael (1965), “Firm size, market structure, opportunity and the output of patented innovations”, *American Economic Review* 55, pp. 1097-1125
- Schmookler, Jacob (1966), *Invention and economic growth*, Cambridge, MA: Harvard University Press.

- Solow, Robert (1957), “Technical change and the aggregate production function”, *The Review of Economics and Statistics*, 39, pp. 312–320.
- Spence, Michael (1984), “Cost reduction, competition and industry performance”, *Econometrica*, pp. 101-121.
- Van Leeuwen, George (2002), “Linking innovation to productivity growth using two waves of the community Innovation Survey”, CEREM Working Paper 0202.
- , y Luuk Klomp (2006), “On the contribution of innovation to multi-factor productivity growth”, *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 15(4/5), pp. 367-390. Special Issue “On empirical studies of innovation in the knowledge driven economy”.
- Vega-Jurado, Jaider, Antonio Gutiérrez-Gracia, e Ignacio Fernández-de-Lucio (2009), “Does external knowledge sourcing matter for innovation? Evidence from the spanish manufacturing industry”, *Industrial and Corporate Change*, vol. 18(4), pp. 637-670.