

**CUATRO ESTUDIOS MICROECONÓMICOS SOBRE
TEMAS DE INNOVACIÓN**

Jordi Jaumandreu
Julio, 2004

INDICE

PRESENTACIÓN	5
INTRODUCCIÓN	7
1. INNOVACIÓN Y EDAD DE LAS EMPRESAS	9
1.1 Introducción	9
1.2 Innovación y dinámica industrial	10
1.3 Resultados sobre innovación y edad.....	10
1.4 Conclusiones	11
2. SUBVENCIONES A LA INNOVACIÓN	13
2.1 Introducción	13
2.2 La decisión de hacer I+D y el esfuerzo investigador.....	14
2.3 I+D y subvenciones en la industria española de los 90	16
2.4 Resultados sobre innovación y subvenciones.....	17
2.5 Conclusiones	19
3. INNOVACIÓN Y PRODUCTIVIDAD	21
3.1 Introducción	21
3.2 Midiendo la productividad y el impacto de la innovación.....	22
3.3 Resultados sobre innovación y productividad	22
3.4 Conclusiones	24
4. INNOVACIÓN Y EMPLEO	25
4.1 Introducción	25
4.2 Efectos desplazamiento y compensación. El impacto del comportamiento	26
4.3 Capital tecnológico y empleo en la industria española de los 90	28
4.4 Resultados sobre innovación y empleo	29
4.5 Conclusiones	31
Referencias	33
ANEXOS	35

PRESENTACIÓN

El interés por la economía de la innovación ha sido una constante en los trabajos de Cotec. Muestra de ello son los estudios sobre *Innovación tecnológica y crecimiento económico*, *Economía de la innovación: la visiones de Ralph Landau y Christopher Freeman*, o el más reciente sobre *Capital humano y crecimiento en la economía del conocimiento*.

La publicación que ahora presentamos, *Cuatro estudios macroeconómicos sobre temas de innovación*, se suma a esos trabajos centrando la atención en cuatro cuestiones que son en la actualidad objeto de análisis dentro del área de la microeconomía de la innovación: la relación entre la edad de la empresa y la probabilidad de innovar, el impacto de las ayudas públicas a la I+D sobre la actividad innovadora de las empresas, el impacto de las innovaciones de proceso en el crecimiento de la productividad total de los factores, y por último las relaciones entre innovación y empleo. Son una síntesis de cuatro trabajos de investigación, realizados a partir de la base de datos sobre empresas de manufacturas españolas, elaborados con los datos de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE). De cada uno de esos trabajos se han extraído, en primer lugar los principales interrogantes que plantea, los principales resultados de la investigación realizada para el caso de las empresas manufactureras españolas y finalmente las conclusiones que contribuyen a avanzar en el conocimiento sobre la dinámica de innovación en las empresas y sus consecuencias en las economía.

Cotec quiere agradecer a los autores de los trabajos de investigación, Xulia González, Elena Huergo, Jordi Jaumandreu, Consuelo Pazo y César Rodríguez que aceptaran preparar este documento.

Cotec, julio 2004

INTRODUCCIÓN

En este texto se resumen cuatro investigaciones sobre temas relacionados con la innovación tecnológica, realizados en el marco del proyecto Cotec. Estos trabajos tienen, por una parte, una metodología común. Son, en primer lugar, trabajos de carácter microeconómico, que se preguntan acerca de acciones relacionadas con las actividades tecnológicas y resultados de la innovación a escala de la empresa, explorando tanto la forma de su determinación como su heterogeneidad a través de los agentes. En segundo lugar, también emplean una información común: la base de datos sobre las empresas manufactureras españolas durante los años 90 aportada por la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE)¹. Tiene la ventaja de ser un panel, que permite utilizar la evolución en el tiempo de las respuestas a las preguntas formuladas, y que contiene información reciente y completa. Finalmente, las cuatro investigaciones emplean técnicas microeconómicas avanzadas, adaptadas en cada caso al análisis que se lleva a cabo.

Los temas tratados abarcan partes muy diversas de los temas que interesan en la investigación microeconómica actual relacionada con la innovación. Los dos primeros se inscriben entre los que estudian la generación y difusión de los conocimientos e innovaciones, incluyendo el impacto de las políticas públicas. El primer trabajo, Huergo y Jaumandreu (2002), se pregunta por las diferencias en la probabilidad de introducir innovaciones de producto y proceso por parte de las empresas en las distintas etapas de su trayectoria productiva: entrada en el mercado, crecimiento, madurez...así como por la relación entre el comportamiento innovador y la supervivencia de la empresa. El segundo trabajo, González, Jaumandreu y Pazó (2003), explora el impacto de las ayudas públicas a la innovación que toman la forma de subvenciones a la I+D de las empresas.

Los siguientes dos trabajos se inscriben en el estudio de los efectos de la innovación tecnológica. El primero de ellos, Huergo y Jaumandreu (2003), examina el impacto de las innovaciones de proceso en el crecimiento de la productividad total de los factores. El segundo, García, Jaumandreu y Rodríguez (2003) se adentra en una valoración más compleja, la de la existencia y medición de efectos “desplazamiento” y “compensación” de la innovación tecnológica sobre el empleo de las empresas.

El resto de este documento está organizado como sigue. En los siguientes cuatro apartados se resume cada uno de los trabajos de investigación. Cada resumen está a su vez compuesto de tres o cuatro partes: una introducción, donde se motivan y explican las principales preguntas de la investigación; uno o dos apartados que desarrollan el modelo utilizado y sus predicciones; el resumen de los principales resultados de la investigación y, finalmente, las conclusiones. Al final del documento se recoge la bibliografía básica, así como varios cuadros y gráficos.

¹ La Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE) es una encuesta anual del antiguo Ministerio de Industria y Energía llevada a cabo para recoger datos de panel sobre las manufacturas españolas que se inicia con los datos de 1990. Detalles del diseño y balance de la ESEE, así como una serie de consideraciones metodológicas acerca de su empleo en trabajos descriptivos y econométricos pueden encontrarse en Fariñas y Jaumandreu (1999).

1. INNOVACIÓN Y EDAD DE LAS EMPRESAS

1.1 Introducción

La investigación llevada a cabo en Huergo y Jaumandreu (2002) examina la relación entre la probabilidad de innovar y la edad de las empresas. Analizar esta probabilidad tiene sentido porque aclara aspectos de la dinámica de las industrias. Los trabajos empíricos sobre la evolución de las industrias han mostrado en los últimos años que la entrada y salida de empresas es típicamente alta y que las empresas entrantes lo hacen bajo tamaños pequeños, pero también que tienden a aumentar rápidamente y que la supervivencia depende de mecanismos heterogéneos que incluyen crucialmente la innovación y el crecimiento (véase, por ejemplo, Audretsch (1995)). La tecnología y los productos evolucionan de acuerdo con las innovaciones introducidas por los entrantes, las innovaciones de las supervivientes e incumbentes y, en conjunto, con los papeles relativos jugados en la innovación por las diferentes cohortes que conforman un mercado en un momento dado.

Algunos trabajos han realizado aportaciones más teóricas sobre la naturaleza de esta dinámica (véase Audretsch (1995) y Klepper (1996)), mientras muchos otros contienen evidencias parciales sobre el comportamiento innovador de las empresas de acuerdo con su tiempo de permanencia en el mercado. Con el fin de contribuir a esta evidencia, este trabajo examina sistemáticamente la probabilidad de introducir innovaciones de producto y proceso por parte de las empresas manufactureras en las distintas etapas de su trayectoria en el mercado.

Para analizar la evolución de esta probabilidad con la edad de la empresa el trabajo controla, en primer lugar, las diferencias en la probabilidad de innovar que se producen a través de las industrias y de los distintos tamaños de empresa. Una pequeña escala de las operaciones es razonable que suponga, en términos generales, una dificultad añadida para el comportamiento innovador, pero las empresas de reciente creación acostumbran a ser simultáneamente pequeñas e innovadoras. Es conveniente pues separar los efectos del tamaño y de la entrada. Una vez controlados el efecto de la actividad y el tamaño, el trabajo examina cómo la probabilidad de innovar varía a través de la entrada, la evolución post-entrada y las etapas maduras de las empresas. También se mide la asociación existente entre el comportamiento innovador y la salida del mercado.

El trabajo se lleva a cabo con una muestra proveniente de la ESEE que incluye empresas entrantes, salientes y que continúan en el mercado en proporciones que se aproximan a las poblacionales. Para medir la asociación entre innovación y edad se utiliza un modelo de probabilidad lineal especificado semiparamétricamente. Esta técnica permite evaluar el impacto de la edad sin imponer ninguna forma funcional a priori.

El resto de este resumen está organizado como sigue. En el segundo apartado se comentan brevemente las relaciones que pueden anticiparse entre innovación y edad. En el tercero se comentan la muestra, variables utilizadas y los resultados. El cuarto y último apartado expone las principales conclusiones.

1.2 Innovación y dinámica industrial

En primer lugar, todos los autores coinciden en que las empresas entrantes deben encontrarse entre las más innovadoras, así como que el crecimiento post-entrada estará particularmente ligado al comportamiento innovador. La entrada es la manera por la que las empresas exploran nuevas ideas para el mercado en un contexto incierto, empezando típicamente con una escala modesta. La entrada, la probabilidad de sobrevivir y el crecimiento subsiguiente, pueden diferir mucho por industrias, pero estarán ligadas a la presencia de oportunidades tecnológicas (Audrestch (1995)). Por otra parte, el modelo formal que produce a escala de industria los rasgos evolutivos usualmente atribuidos a la existencia de “ciclos de vida” de los productos, predice también que los entrantes tenderán a dar cuenta de una parte más que proporcional de las innovaciones de producto (Klepper (1996)).

En segundo lugar, el modelo basado en los “ciclo de vida” igualmente predice que el número de innovaciones de producto tenderá a decrecer con la madurez de la industria y que el esfuerzo de las empresas que permanecen en el mercado tenderá a concentrarse en mayor medida en las innovaciones de proceso (abaratadoras de costes). Aunque debe tenerse en cuenta que el lapso de tiempo relevante para cada industria puede ser muy distinto, haciendo particularmente difícil cualquier comparación con el tiempo real.

Las relaciones entre innovación y entrada están empíricamente bien documentadas. Las relaciones entre supervivencia e innovación, aunque generalmente aceptadas, están por el contrario menos documentadas. Finalmente, la evidencia empírica acerca de la actividad innovadora de las empresas maduras supervivientes es más débil e incluso contradictoria.

1.3 Resultados sobre innovación y edad

El ejercicio se lleva a cabo con un panel no equilibrado con más de 2300 empresas, a las que se observa durante el período 1990-98. La información de la encuesta permite conocer la edad de la empresa y los años en que introduce innovaciones de producto y proceso, así como su actividad y tamaño. La variable edad se calcula por la diferencia entre el año corriente y el año de constitución de la empresa. Cuando esta diferencia es superior a 40 años, es incorporada a una única categoría de empresas con 40 años o más en el mercado (este es probablemente el mayor lapso de tiempo que tiene contenido económico hacia 1998). Las cuestiones sobre la introducción de innovaciones de producto y proceso están referidas al año corriente, son consistentes con la metodología del Manual de Oslo y se encuentran separadas en el cuestionario de otro tipo de cuestiones (como, por ejemplo, la adopción de tecnología).

Para relacionar la probabilidad de innovación con la edad de las empresas se utilizará el modelo de regresión semiparamétrico

$$P(y_{it} = 1 | x, \mathbf{t}) = E(y_{it} | x, \mathbf{t}) = x_{it} \mathbf{b} + \mathbf{q}(\mathbf{t}_{it})$$

en que y es una variable 0/1 que toma el valor 1 cuando la empresa introduce una innovación de producto (proceso), x representa el conjunto de variables de control (actividad, tamaño, etc.), y \mathbf{t} la edad de la empresa. El modelo es semiparamétrico porque, mientras los controles entran linealmente, se admite que la probabilidad sea una función no especificada a priori de

la edad de las empresas. El modelo que se utiliza es el de probabilidad lineal, un modelo con buenas propiedades cuando la parte paramétrica está principalmente constituida por variables artificiales. Los detalles de la especificación y estimación se pueden consultar en Huergo y Jaumandreu (2002).

La Figura 1 representa las funciones estimadas $q(.)$ para el caso de las innovaciones de proceso y las de producto. De las regresiones realizadas para obtener las figuras se pueden extraer las siguientes conclusiones. En primer lugar, el valor de los coeficientes de los controles muestra la ausencia de efectos significativos de ciclo económico (la innovación parece tener determinantes que trascienden el ciclo), una heterogeneidad notable de las probabilidades a través de las industrias y un fuerte efecto positivo del tamaño. Además, las regresiones muestran un fuerte efecto de la variable artificial de salida (que adopta el valor 1 para aquellas empresas de las que se conoce su desaparición en los años venideros), asociada a una menor probabilidad de introducción de innovaciones (en particular de proceso).

De las propias figuras se pueden extraer las siguientes apreciaciones. Primero, que los dos tipos de innovaciones parecen seguir patrones similares, aunque en media son más frecuentes las innovaciones de proceso. Segundo, que los cambios en la probabilidad de innovar a lo largo de la vida de las empresas son significativos pero contribuyen menos a la heterogeneidad que las diferencias según actividad o tamaño de las empresas. Tercero, que el impacto de la edad es altamente no lineal. Por una parte, las empresas entrantes muestran en media una probabilidad más elevada de introducir innovaciones, que se atenúa en el período post-entrada (continuamente para las innovaciones de proceso, a partir del noveno año en el mercado para las de producto) hasta que la empresa alcanza los 18-20 años en el mercado. Por la otra, que las empresas con edades superiores a las intermedias muestran de nuevo probabilidades elevadas de introducir innovaciones, aunque las empresas con más años en el mercado tienden a ser menos innovadoras que las entrantes. Las empresas de edades elevadas que se mantienen fuertemente activas en la innovación abonan la idea de que tiende a producirse un importante proceso de selección.

1.4 Conclusiones

Las empresas entrantes presentan una alta probabilidad de innovar, que se atenúa lentamente en el período post-entrada. Un tamaño pequeño aparece claramente asociado por si mismo con una menor probabilidad de innovación, por lo que parece claro que las empresas entrantes pequeñas deben ser tomadas como empresas con capacidades innovadoras adicionales que contrapesan las dificultades del tamaño. Al mismo tiempo, la salida del mercado aparece claramente asociada con un pobre comportamiento innovador en el período que antecede a la salida, en especial en el caso de las innovaciones de proceso. Por otra parte, las empresas con más años en la industria tienden a presentar menores probabilidades de innovación, pero existe una franja de empresas con edades más que intermedias que son al menos tan activas, si no más, que las propias entrantes, especialmente en las innovaciones de producto. En todo caso, los cambios en la probabilidad de innovar a lo largo de la vida de las empresas contribuyen menos a la heterogeneidad observada que las diferencias según actividad o tamaño.

2. SUBVENCIONES A LA INNOVACIÓN

2.1 Introducción

Este apartado resume la investigación llevada a cabo en González, Jaumandreu y Pazó (2003) acerca de los efectos del apoyo público en forma de subvenciones a la I+D de las empresas.

Los sectores públicos de los países industrializados gastan considerables sumas de dinero en el apoyo a las actividades de I+D de las empresas manufactureras. Es usual que las empresas dispongan de mecanismos para solicitar subvenciones para sus actividades de I+D y que las subvenciones sean decididas y asignadas por instituciones gubernamentales específicas. La justificación económica de estos programas descansa en el presumible fallo del mercado a la hora de proveer los incentivos para la asignación de recursos suficientes por parte de las empresas a las actividades de innovación (véase, por ejemplo, Arrow (1962) y Nelson (1959)). La presencia de externalidades positivas, que afectan tanto a los consumidores como a otras empresas, induce una divergencia entre el rendimiento privado y social de estas actividades.

A pesar del sólido fundamento teórico y el carácter generalizado de este tipo de ayudas, la evidencia sobre su impacto en las acciones de las empresas es relativamente modesta y polémica. Las investigaciones se han centrado en tratar de determinar si las subvenciones estimulan los gastos de I+D, en el sentido de que las empresas emprenden proyectos de investigación que no hubieran llevado a cabo en otro caso, y si los fondos públicos “desplazan” (crowd out) o no gasto privado de las empresas. Klette, Moen y Griliches (2000) realizaron una revisión de trabajos microeconómicos recientes, concluyendo que la evidencia es heterogénea. Este tipo de trabajos estadísticos, llevados a cabo con datos de empresas, tienen que emplear técnicas de análisis especialmente diseñadas para tratar de controlar los problemas metodológicos intrínsecos a este tipo de investigación. Entre los principales se cuentan el problema de la “selectividad” en las empresas subvencionadas (o presumible existencia de méritos idiosincrásicos imperfectamente observables en las empresas agraciadas con la subvención), y la “endogeneidad” de las subvenciones (o relación de las propias subvenciones concedidas con capacidad y méritos de las empresas observables de nuevo sólo imperfectamente). A continuación se resumen, a título de ejemplo, algunos trabajos posteriores a la revisión mencionada que han seguido arrojando evidencias contradictorias.

Wallsten (2000) estima un modelo de ecuaciones simultáneas, con el gasto en I+D y las subvenciones como variables a explicar, para una muestra de empresas norteamericana participante en un programa específico de apoyo. Concluye que, cuando se controla por la endogeneidad de las subvenciones, no se detecta ningún efecto de las mismas sobre el esfuerzo de las empresas (ratio gastos de I+D/ ventas). Además, una ecuación adicional con el gasto privado como variable dependiente parece mostrar que la sustitución de fondos privados por los públicos es completa. Busom (2000), a su vez, estima ecuaciones explicativas del esfuerzo para una muestra de empresas españolas solicitantes de subvención, divididas entre las empresas que la obtuvieron y las que no, tratando de controlar por el fenómeno de selectividad. La principal conclusión es que no se puede excluir la existencia de una sustitución completa de los fondos de origen privado en un 30% de las empresas subvencionadas, mientras que el desplazamiento parcial de los fondos de origen privado puede ser importante.

Por el contrario Lach (2002) estima, utilizando datos de panel de una muestra de empresas israelíes, el incremento de los gastos en I+D de las empresas subvencionadas frente al incremento de las no subvencionadas, en el año de recepción de la subvención y los siguientes. Halla un efecto positivo dinámico (que necesita cierto tiempo para completarse), particularmente claro en las empresas de menor tamaño. Y Almus y Czarnitzki (2003) comparan, para una muestra de empresas de Alemania del Este, el esfuerzo en las empresas con subvención y sin subvención, pero similares en la probabilidad de haber alcanzado la misma (matched sample), hallando la importante diferencia de 4 puntos porcentuales.

La investigación de González, Jaumandreu y Pazó (2003) trata de proporcionar una respuesta a las preguntas formuladas construyendo un modelo explícito acerca de las decisiones de la empresa cuando ésta puede esperar cierta ayuda gubernamental: la decisión acerca de si emprender o no actividades de I+D y la decisión del nivel asociado de esfuerzo en el caso positivo. Los parámetros del modelo se estiman mediante un modelo econométrico específico y una muestra de empresas altamente heterogénea que incluye, en particular, con empresas que hacen y no hacen I+D y, entre las primeras, empresas tanto subvencionadas como no subvencionadas.

La estimación se lleva a cabo con una muestra de la ESEE, en que los distintos tipos de empresa se encuentran aproximadamente representadas en las proporciones poblacionales. La investigación pone de manifiesto la existencia de efectos sobre la decisión de iniciar gastos tanto potenciales (las subvenciones estimulan) como reales (una cierta proporción de empresas cesaría de hacer I+D si desaparecieran las subvenciones). Entre las empresas que reciben subvención no se detecta un incremento particularmente significativo de los gastos privados pero tampoco un desplazamiento de los mismos. Las subvenciones se añaden a los gastos de las empresas configurando inversiones iguales a la suma de los recursos.

El resto de este resumen está organizado como sigue. En el segundo apartado se resume y comenta el modelo de decisión de la empresa y el modelo estadístico correspondiente. En el tercero, se exponen y comentan los datos que van a utilizarse sobre subvenciones y gastos de I+D en la industria española de los 90. En el cuarto se repasan los principales resultados y en el quinto se concluye.

2.2 La decisión de hacer I+D y el esfuerzo investigador

En este apartado se explica primero el modelo de decisión de la empresa y sus predicciones sobre las decisiones de hacer o no I+D y la intensidad del esfuerzo innovador. A continuación se resume el modelo econométrico y el método a aplicar para la estimación de los parámetros de interés.

Se supone que la empresa compite en un mercado de producto diferenciado, experimentando una demanda de su producto que varía negativamente con el precio establecido para el mismo y positivamente (aunque a tasa decreciente) con el nivel de calidad logrado. Por sencillez se supone que el tipo de competencia que se produce en el mercado es estable a lo largo del tiempo, considerando que los efectos de los precios de los competidores quedan subsumidos en la elasticidad propio precio. Llamando p al precio y s al nivel de calidad, la función de demanda se escribirá como $q = q(p, s)$, donde $\frac{\partial q}{\partial p} < 0$, $\frac{\partial q}{\partial s} > 0$, $\frac{\partial^2 q}{\partial s^2} < 0$.

La empresa puede incrementar la calidad de su producto, y por tanto su demanda a cada precio, llevando a cabo gastos de I+D de acuerdo con determinadas reglas tecnológicas. Llamando x a los gastos de I+D se supondrá que la calidad se puede incrementar de acuerdo con la relación $s = s(x)$, en la que $\frac{\partial s}{\partial x}$ y $\frac{\partial^2 s}{\partial x^2}$, pero siempre y cuando se incurra en unos gastos iniciales de valor F , necesarios para sobrepasar el nivel estándar de calidad en la industria o calidad que puede obtenerse sin realizar inversión ninguna, $s = s(0)$. Esta tecnología para obtener calidad refleja la necesidad de las empresas en la práctica de incurrir en ciertos costes iniciales para llevar a cabo actividades formales de innovación con perspectivas de éxito (información, instalaciones, etc.). Estos costes pueden ser incurridos periódicamente o ser objeto de inversiones con un alto componente irrecuperable (activos específicos como, por ejemplo, laboratorios propios) que faciliten las actividades.

Supóngase ahora que la empresa puede producir el producto a un coste unitario c y que espera, en caso de hacer I+D, acceder a una subvención de sus gastos innovadores por una fracción r^e . La empresa maximizadora del beneficio elegirá la rentabilidad superior entre dos alternativas: la rentabilidad que obtiene produciendo y vendiendo a una calidad estándar $p_0 = (p - c)q(p, s(0))$, sin hacer I+D, y la rentabilidad que obtiene iniciando actividades formales de innovación $p' = (p' - c)q(p', s(x)) - (1 - r^e)^b x$, donde conviene recordar que x incorpora un gasto mínimo F^2 , y el parámetro b adquiere una importancia singular como indicador de la “efectividad” de la subvención (si $b \cong 1$ la empresa toma la subvención efectivamente como una reducción del coste de la I+D). Si la empresa elige esta segunda alternativa, fijará también el tamaño de su esfuerzo en I+D.

El modelo permite mostrar que, sea cual sea la alternativa que la empresa elija, existe un esfuerzo bien definido que constituye la mejor alternativa disponible para la empresa en el caso de realizar actividades de I+D. Lo que ocurre es que, como ésta alternativa no siempre es la más rentable, este esfuerzo a menudo no va a ser llevado a cabo y, en consecuencia, tampoco observado. Este esfuerzo óptimo responde sin embargo para cualquier empresa a la fórmula

$$E^* = \frac{e}{h(1 - r^e)}$$

donde e es la elasticidad de la demanda con respecto a los gastos de I+D (vía calidad), h es (el valor absoluto de) la elasticidad de la demanda con respecto al precio y r^e es la subvención esperada. En general, la alternativa de llevar a cabo actividades de I+D será elegida por la empresa si y sólo si este esfuerzo E^* resulta superior al esfuerzo \bar{E} donde está situado el umbral de rentabilidad. Si $E^* < \bar{E}$ se dirá que la empresa no lleva a cabo actividades de I+D porque experimenta un “gap” negativo de rentabilidad. Este gap puede considerarse una medida del grado en el que el mercado falla en proveer incentivos a la asignación de recursos a estas actividades.

La fórmula pone de manifiesto dos aspectos importantes. La primera, que hay un conjunto de factores que, operando a través de las elasticidades, elevan la probabilidad de que las

² Nótese, además, que el precio del producto será probablemente distinto en uno u otro caso.

empresas emprendan actividades de I+D, y otros que disminuyen esta probabilidad, incrementando el valor del umbral de rentabilidad (barreras a la actividad innovadora). La segunda, que puede distinguirse un doble efecto de las subvenciones. El efecto estímulo de la decisión de hacer, que opera cuando el gasto de I+D constituye una actividad no rentable en ausencia de subvención pero se convierte en rentable en su presencia (E^* supera \bar{E} gracias al valor de r^e). Y el efecto estímulo de la intensidad, por el que el esfuerzo de una empresa que en cualquier caso llevaría a cabo actividades de I+D resulta superior cuanto mayor es la fracción esperada de financiación del gasto.

Se trata de estimar los factores estimuladores e inhibidores de la inversión en I+D y, en particular, estudiar la efectividad de las subvenciones examinando el valor del parámetro \mathbf{b} . Para ello hay que utilizar un modelo econométrico compuesto por una ecuación de esfuerzo, basada en la fórmula anterior, y una regla indicadora de la decisión de hacer, describiendo el resultado de la comparación del esfuerzo óptimo con el esfuerzo umbral, éste último especificado a través de una nueva ecuación. En logaritmos, este modelo puede escribirse como

$$e^* = -\mathbf{b} \ln(1 - r^e) + z_1 \mathbf{b}_1 + \mathbf{w} \quad \text{con} \quad \mathbf{w}_t = \mathbf{g}\mathbf{w}_{t-1} + \mathbf{e}_1$$

$$\bar{e} = z_2 \mathbf{b}_2 + u_2$$

$$e = \begin{cases} e^* & \text{si } e^* > \bar{e} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

donde e^* y \bar{e} representan respectivamente los logaritmos de los esfuerzos óptimo y umbral, e el logaritmo del esfuerzo observado, \mathbf{w} representa una perturbación posiblemente autocorrelacionada a través del tiempo (para dar cuenta de factores inobservables en la determinación del esfuerzo), y \mathbf{e}_1 y u_2 son perturbaciones presumiblemente correlacionadas entre sí pero con una distribución independiente a través del tiempo.

Este modelo (de selectividad) es de los llamados Tobit de tipo II. Tiene, sin embargo, dos características poco estándar que hacen su estimación algo más complicada de lo usual: la presencia de una variable esperada, r^e , que debe estimarse previamente, y la presencia de errores presumiblemente correlacionados en la ecuación principal, que complican la aplicación de las técnicas habituales de estimación en presencia de variables con riesgo de endogeneidad. Una explicación detallada de los procedimientos de estimación se halla en González, Jaumandreu y Pazó (2003).

2.3 I+D y subvenciones en la industria española de los 90

Antes de presentar los resultados de la estimación del modelo conviene comentar las principales variables, e ilustrar brevemente los hechos a los que se refiere el ejercicio econométrico, utilizando la misma muestra. En este caso el panel utilizado se compone de más de 2000 empresas manufactureras y abarca los años 1990-99.

En lo que sigue se toman por gastos de I+D la suma de gastos tecnológicos de las empresas, incluyendo los gastos intramuros, los contratados exteriormente, y las importaciones tecnológicas (pagos por licencias y asistencia técnica). Se considera que una empresa es innovadora cuando informa de que su gasto total es no nulo. La variable central es el esfuerzo

tecnológico, medido como la proporción que este gasto representa sobre las ventas de la empresa. Para explicar esta proporción se utiliza intensivamente la información facilitada por la encuesta sobre las actividades y entorno de cada empresa. Durante los 90, varios tipos de subvenciones (europeas y, sobre todo, del gobierno central y de las administraciones autonómicas) constituyeron el principal incentivo a los planes de investigación de las empresas. La variable subvenciones esta referida al importe total recibido por cada empresa bajo los distintos programas. Los detalles completos sobre la construcción de las variables puede consultarse en González, Jaumandreu y Pazó (2003).

Los cuadros 1 y 2 muestran algunos hechos sobre el grado en el que las empresas realizan actividades formales de I+D. El Cuadro 1 muestra que la probabilidad de presentar gastos de I+D en un momento dado se incrementa fuertemente con el tamaño (aquí, como el resto de los cuadros descriptivos, el tamaño se refiere al de la empresa cuando aparece por vez primera en la muestra). Sólo un 20% de las empresas de hasta 200 trabajadores tienden a presentar este tipo de gastos, proporción que se eleva hasta el 75% en el caso de las de tamaño superior a 200 trabajadores. La probabilidad, que muestra ciertas características procíclicas, se ha ido incrementando en el tiempo para las empresas de menor tamaño.

El Cuadro 2 adopta otra perspectiva, al distinguir entre empresas que realizan ocasional y establemente gastos de I+D durante el período. Son empresas que realizan establemente aquellas que muestran gastos no nulos de I+D todos los años que permanecen en la muestra, y empresas que realizan ocasionalmente a aquellas que sólo presentan gastos una parte de estos años. La realización estable presenta una estrecha correlación con el tamaño, mientras que la realización ocasional muestra una relación respecto al tamaño de “u” invertida.

Los cuadros 3 y 4 reflejan los principales hechos con respecto a las subvenciones. El Cuadro 3 muestra que solo una fracción de las empresas innovadoras recibe subvenciones, y que la proporción de empresas subvencionadas tiende a incrementarse con el tamaño de la empresa. El Cuadro 4 muestra que la subvención típica cubre entre un 20% y un 50% de los gastos de I+D, y también que la tasa de gasto subvencionado está inversamente relacionada con el tamaño de la empresa (en particular para las empresas que realizan establemente).

Los cuadros 5 y 6 proporcionan una primera imagen de las relaciones entre esfuerzo y subvenciones, basada en los datos de las empresas innovadoras. Ambos cuadros muestran una asociación positiva entre la obtención de subvenciones y el esfuerzo en I+D. Los datos muestran incluso algo más que “adicionalidad”, en el sentido que los esfuerzos subvencionados, menos la parte de estos esfuerzos atribuible a las subvenciones, resultan superiores a los esfuerzos sin subvención. En consecuencia, los datos sugieren la existencia de efectos no negativos, e incluso positivos, de las subvenciones sobre el esfuerzo privado. Sin embargo, esto puede ser simplemente el resultado de terceras variables no controladas explícitamente o de que la relación se produce en las dos direcciones (las empresas con mayores esfuerzos reciben más subvenciones). Sólo el modelo econométrico puede desentrañar estas relaciones.

2.4 Resultados sobre innovación y subvenciones

Los cuadros 7 y 8 resumen los resultados obtenidos en las dos etapas de la estimación del modelo. En el Cuadro 7 se muestran los resultados de estimar la probabilidad y la esperanza de las subvenciones (condicional a recibir), utilizando las muestras disponibles (solamente las

empresas con subvención en el segundo caso). El objetivo es construir una variable generada “subvención esperada”, calculada como el producto de la probabilidad de recibir subvención por su esperanza en el caso de recibir, a utilizar en la siguiente etapa. El Cuadro 8 muestra el resultado preferido entre los obtenidos en la estimación global del modelo de selectividad utilizando, entre otras, la variable generada (para una descripción detallada de la metodología y los procedimientos de estimación véase González, Jaumandreu y Pazó (2003)).

Aunque la caracterización del proceso de concesión de subvenciones es sólo un instrumento auxiliar para la estimación del modelo, las ecuaciones resumidas en el Cuadro 7 son suficientemente buenas como para detenerse brevemente en ellas y obtener una idea general acerca del tipo de empresas que reciben las subvenciones. En primer lugar, la persistencia en el tiempo es elevada (el haber obtenido subvenciones en el pasado eleva la probabilidad de recibirlas de nuevo e incluso su magnitud). En segundo lugar, las empresas mayores, con experiencia y con participación de capital extranjero, presentan una mayor probabilidad de obtención de subvenciones, pero también de una menor cobertura esperada de los gastos de I+D. En tercer lugar, la sofisticación tecnológica de las empresas, medida por el grado en el que incorporan equipos sofisticados y personal cualificado, implica una mayor probabilidad de obtención de subvenciones, mientras que las empresas exportadoras con mayoría doméstica en el capital presentan una mayor probabilidad de obtención y obtienen mayores coberturas de sus gastos.

En resumen, las empresas grandes, maduras, sofisticadas tecnológicamente y las exportadoras domésticas presentan una mayor probabilidad de obtener subvenciones, pero las instituciones también parecen aplicar ciertos criterios en la cobertura de los gastos, favoreciendo relativamente a las pequeñas, jóvenes y domésticas.

El Cuadro 8 muestra el resultado de estimar simultáneamente las ecuaciones de esfuerzo y decisión (o resultado de la comparación de esfuerzos óptimo y umbral). Los coeficientes obtenidos para el conjunto de variables incluidas son razonables y tienen pleno significado en el marco del modelo, mientras que la variable generada representando la subvención esperada atrae un coeficiente ligeramente superior a la unidad (1.07). Este coeficiente confirma la efectividad de las subvenciones y permite utilizar el modelo para evaluar sus efectos, en la forma que se describe brevemente a continuación.

La distribución de los gaps incluye un 30% positivos, con una media del 0.4%, y un 70 % negativos, con una media de -0.8%. Es una distribución con dos modas, una positiva y otra negativa, y cierta mayor dispersión de los valores negativos. El Cuadro 9 resume algunos de los impactos que se pueden calcular para las subvenciones. En primer lugar la importancia potencial del efecto estímulo, o efecto por el que las subvenciones pueden transformar en positivos los gaps negativos, puede valorarse examinando las subvenciones que desencadenarían la realización de actividades innovadoras. Con subvenciones de menos del 10% de los gastos podría lograrse que casi la mitad de las empresas que no realizan I+D entre las de mayor tamaño pasaran a realizarla. Sin embargo, para conseguir que realizara actividades formales innovadoras un 30% de las de menor tamaño con gaps negativos sería necesario considerar subvenciones de hasta un 40%.

En segundo lugar, el efecto real de las subvenciones actuales puede aproximarse evaluando la proporción de empresas con gaps positivos que dejarían de tenerlos ante una eventual desaparición de las subvenciones, cesando presumiblemente en sus actividades innovadoras.

Sólo un 3% de las empresas de mayor tamaño con gaps positivos se encuentran en esta situación, pero hasta casi un 14% de las de menor tamaño cesarían sus actividades.

En tercer lugar, el valor del parámetro b señala que las subvenciones incrementan muy escasamente los fondos aportados privadamente. Este impacto, calculable como

$$\frac{(1 - r^e)E^*(r^e) - E^*(0)}{E^*(0)} = (1 - r^e)^{-(b-1)} - 1$$

muestra un modesto incremento del 2-7%. Sin embargo, por lo mismo tampoco existe ninguna evidencia de desplazamiento o utilización ineficiente. En las conclusiones se subrayan las implicaciones de estas medidas.

2.5 Conclusiones

Se han estudiado los efectos de las subvenciones, utilizando un modelo teórico de las decisiones de las empresas y estimándolo con una muestra de empresas altamente heterogénea, que incluye empresas con y sin actividades formales de innovación, así como empresas con y sin subvenciones. Las empresas que no llevan a cabo actividades investigadoras lo hacen porque el esfuerzo que encuentran óptimo no alcanza el umbral de rentabilidad. Esto es, incluso haciéndolo de la mejor forma que podrían hacerlo, experimentarían gaps negativos de rentabilidad que constituyen una medida del grado en el que el mercado falla en la provisión de los incentivos adecuados para la asignación de recursos. Las empresas de menor tamaño experimentan los gaps mas negativos, pero éstos también afectan a una proporción de las empresas de mayor tamaño.

Las subvenciones son potencialmente efectivas en la inducción de las empresas a emprender actividades de I+D. Se ha estimado que una importante proporción de las empresas de mayor tamaño con gaps negativos podrían ser inducidas con financiaciones modestas, así como una proporción importante de las de menor tamaño, aunque empleando subvenciones de mayor magnitud. En realidad se obtiene evidencia de que las subvenciones actuales ya juegan este papel, aunque sólo sea parcialmente. Una parte no despreciable de las empresas con gaps positivos, en especial entre las pequeñas empresas, pasarían a experimentar gaps negativos si se retiraran las subvenciones. Sin embargo, debe reconocerse que la mayoría de subvenciones van de hecho a empresas que en cualquier caso hubieran llevado a cabo los proyectos innovadores. Este hecho puede verse como el resultado de una selección “adecuada” de los solicitantes por instituciones altamente adversas al riesgo, ignorando el papel inductor que podrían jugar las subvenciones.

Por otra parte, las subvenciones parecen cambiar muy poco el importe de los gastos privados de las empresas que en cualquier caso llevarían a cabo las actividades innovadoras. La estimación del parámetro de eficiencia implica que, si estos proyectos no fueran subvencionados, serían básicamente desarrollados a la menor escala implicada por la ausencia de los fondos públicos. Sin embargo, esto también implica que tampoco se observa ni desplazamiento de fondos ni ineficiencia en el uso de las subvenciones.

El modelo, pese a su simplicidad, se ha revelado útil para describir los problemas de rentabilidad de las actividades investigadoras y explorar los impactos de las subvenciones. La

investigación ha señalado también algunos temas en los que es importante proseguir la exploración. En particular la dinámica de las inversiones, incluyendo los determinantes de las inversiones que implican costes fijo de carácter irrecuperable y su influencia en el carácter de las actividades como estables u ocasionales.

3. INNOVACIÓN Y PRODUCTIVIDAD

3.1 Introducción

Este apartado resume la investigación contenida en Huergo y Jaumandreu (2003) acerca del impacto de las innovaciones de proceso sobre la productividad de las empresas. Son muy numerosos los trabajos que se han ocupado de analizar el impacto de las actividades tecnológicas sobre la productividad y, entre ellos, existe una fuerte tradición de estimaciones empíricas utilizando datos a escala de empresa (véase Griliches (1995) para un panorama y Griliches (2000) para una actualización). La forma habitual de estos trabajos ha consistido en la construcción de un stock de conocimientos tecnológicos, a partir de los datos de inversiones en I+D, y su especificación como un input adicional en la función de producción (esta es también la forma en que tratan estas inversiones los modelos macroeconómicos).

Sin embargo, como el propio Griliches ya avanzó en su trabajo pionero, la relación entre la productividad de la empresa y esta suma ponderada de gastos en I+D engloba dos procesos muy distintos: la producción de conocimientos e innovaciones a partir de las actividades de investigación, y la incorporación de estas innovaciones a la producción. La estimación de un “capital de conocimientos tecnológicos” resulta en la práctica muy útil, pero también implica la introducción de algunas restricciones importantes sobre la forma de estos procesos (véase Klette (1996) para una discusión y relajamiento de algunas, y Crepon, Duguet y Mairesse (1998) para una exploración de otras modelizaciones utilizando datos de innovación).

El trabajo de Huergo y Jaumandreu (2003) se centra en la exploración de la relación entre la introducción de innovaciones de proceso y el crecimiento de la productividad. Utilizando directamente la información de las empresas acerca de los momentos en que introducen innovaciones en su proceso productivo, examina el efecto de estas incorporaciones en la productividad total de los factores. La investigación quiere responder a cuestiones tales como si la innovación induce realmente crecimiento de la productividad, así como el lapso de tiempo y la forma temporal de tales efectos. Para responderlas, es necesario desligar estos efectos de los asociados a la edad de las empresas, puesto que la entrada en el mercado y el crecimiento subsiguiente constituyen en cierta forma una primera innovación radical de proceso a tener muy en cuenta.

El trabajo utiliza una muestra de empresas representativa de las manufacturas españolas, observadas durante el periodo 1999-98, proveniente de la ESEE. El crecimiento de la productividad total de los factores se mide mediante el residuo de Solow (en su forma basada en las participaciones de coste), corregido por la posible existencia de rendimientos a escala no-constantes. Para captar las relaciones entre la introducción de innovaciones, la edad y la productividad, a las cabe esperar un carácter altamente no lineal, se emplea una especificación semiparamétrica. El ejercicio encuentra interesantes efectos de las innovaciones de proceso sobre la productividad, que además permiten una interpretación de la dinámica industrial de la productividad.

El resto de este resumen está organizado como sigue. En el segundo apartado se expone brevemente cómo se mide la productividad y el impacto de la innovación. En el tercero se describen las variables y los resultados obtenidos. En el cuarto se explican las conclusiones.

3.2 Midiendo la productividad y el impacto de la innovación

Se supone que cada empresa posee una función de producción idiosincrásica, que depende de las cantidades de capital, trabajo y materias primas empleados, y en la que el nivel de productividad viene dado por un término multiplicativo (las ganancias de productividad se suponen “neutrales-Hicks”) que evoluciona a través del tiempo en forma no especificada. La diferenciación en el tiempo de estas funciones de producción permite obtener una relación que liga el residuo de Solow (crecimiento del output menos crecimiento ponderado de los inputs, calculado con ponderaciones de costes), una serie de controles para dar cuenta de la heterogeneidad del crecimiento de la productividad y los factores en los que se está especialmente interesado: edad e innovaciones.

En los controles se tiene en cuenta la posible heterogeneidad inducida por las actividades, tamaños de empresa, años, eventos especiales de la vida de las empresas (fusiones, escisiones, etc...), así como el grado de economías de escala y el grado de utilización de los factores. El modelo utilizado es semi-paramétrico porque incorpora los controles linealmente mientras permite que los factores de interés se expresen a través de una función sin restricciones a priori:

$$q_{it} = x_{it} \mathbf{b} + a(.) + e_{it}$$

donde q representa el residuo de Solow, x el vector de controles y $a(.)$ la función sin especificar.

Para medir el impacto de la edad y de las innovaciones se procede de la siguiente forma. La edad se mide por los años que la empresa lleva en el mercado, con un máximo de cuarenta. Los controles se especifican en forma que sus coeficientes expresen diferencias con respecto a la media de la variable dependiente y, en consecuencia, la función de la edad $a(.)$ proporciona el creciente medio o esperado para cada edad. En este contexto el impacto de cada innovación de proceso se mide, para el año de introducción y los siguientes, mediante un conjunto de variables artificiales que permitan apreciar las diferencias con respecto al crecimiento condicional medio de la productividad.

Esta especificación permite apreciar el crecimiento medio de la productividad correspondiente a cualquier edad y el salto que, con respecto a este crecimiento, significará en su caso la introducción de una innovación de proceso, así como los años que dura este impacto y su forma a través del tiempo. Esta especificación necesita sin embargo del uso de retardos (variables artificiales con los años transcurrido desde la última innovación) y presenta una serie de dificultades técnicas específicas ligadas a la observabilidad parcial de estos retardos en un cierto número de casos. Los detalles pueden consultarse en Huergo y Jaumandreu (2003).

3.3 Resultados sobre innovación y productividad

La estimación del modelo se lleva a cabo con un panel no equilibrado de más de 2300 empresas, observadas durante el período 1990-98. La información disponible permite calcular el residuo de Solow basado en las participaciones de los inputs en los costes y calcular la edad de la empresa. Se supone que tiene lugar una innovación de proceso cuando la empresa contesta positivamente a la cuestión de si ha introducido durante el año alguna modificación significativa

del proceso productivo (afectando a las máquinas, la organización o ambos aspectos). La descripción de la innovación de proceso es consistente con el manual de Oslo, la pregunta está relacionada con otras preguntas acerca de las actividades innovadoras y está claramente separada de las cuestiones acerca de adopción y uso de tecnología. Se trata por tanto de una medida muy razonable de lo que las empresas consideran principales cambios innovadores de su proceso y de la frecuencia de estos cambios.

El Cuadro 10 y la Figura 2 muestran los principales resultados de la estimación preferida del modelo. La ecuación proporciona unos valores muy razonables de todos los controles, tanto los mostrados como los no mostrados. En cuanto a estos últimos, las variables artificiales de actividad recogen una amplia heterogeneidad sectorial en el crecimiento de la productividad, las de tiempo el efecto del ciclo y las de tamaño, interesantemente, resultan no significativas (la ecuación ya recoge suficientemente los factores que explican las diferencias por tamaño que pudieran observarse). Por otra parte, la corrección por escala implica que la elasticidad media de escala es del orden del 0.76, un valor frecuentemente encontrado en modelizaciones microeconómicas de corto plazo (algunos factores inobservables permanecen fijos). A su vez, la utilización de la capacidad presenta un esperado efecto procíclico y las fusiones y adquisiciones tiene impactos no despreciables en la productividad (respectivamente positivo y negativo).

La Figura 2 muestra el impacto de la edad. Las empresas entrantes presentan un alto crecimiento de la productividad (mayor del 4%) que, aunque decreciente a medida que transcurre el tiempo, tiende a persistir hasta que las empresas alcanzan unos 8 años en el mercado. A esta edad, el crecimiento de la productividad tiende a estabilizarse en torno a un valor alrededor del 1.25% (las irregularidades de la curva tienen probablemente que ver con la mayor varianza en algunos tramos debido al menor número de empresas). Recuérdese que esta estimación es condicional en la supervivencia. Resulta pues muy razonable el resultado de convergencia que, por otra parte, sugiere que las empresas que no alcancen una tasa “normal” de crecimiento de la productividad se verá desalojada del mercado. La imagen deja claro, además, el carácter altamente no lineal de la relación entre innovación y productividad, que hubiera sido imposible captar mediante un predictor lineal.

La introducción de una innovación de proceso conduce, en media, a un incremento contemporáneo de la productividad del 1.5%. De acuerdo con los coeficientes de las variables de años transcurridos (estos coeficientes deben restarse del inicial), el impacto positivo sobre el crecimiento de la productividad permanece por unos tres años con un valor del 0.7% (estimado, sin embargo, con poca precisión). Pero los tres años siguientes el crecimiento de la productividad en ausencia de otras innovaciones parece reducirse en media el 1.2%. Conviene notar que esto es, en la práctica, poco observado, porque la media muestral de frecuencia de introducción de innovaciones de proceso es aproximadamente 34%, con lo que se introduce en media una innovación cada tres años. Pero indica, interesantemente, que todo ocurre como si la empresa que innova básicamente adelantara el crecimiento futuro de la productividad de tres o cuatro años.

Los principales hechos se obtienen también para la industria desagregada en una serie de grandes sectores de actividad, aunque la heterogeneidad sectorial es importante.

3.4 Conclusiones

En esta investigación se examina el impacto de las innovaciones de proceso en el crecimiento de la productividad total de los factores, con una muestra de empresas manufactureras. Los principales hechos pueden resumirse como sigue. Las empresas entrantes tienden a presentar mayores tasas de crecimiento de la productividad que, a medida que transcurre el tiempo, convergen a las tasas comunes (sectoriales) de crecimiento. Pero las innovaciones de proceso introducen, en cualquier etapa, un crecimiento extra. Este crecimiento tiende a persistir unos años, seguido por una parada del crecimiento de la productividad si las innovaciones no se continúan. Las innovaciones, sin embargo, acostumbran a continuar porque las empresas tienden a introducir una en media cada tres años.

Esta forma del impacto sugiere varias implicaciones, todas ellas merecedoras de investigaciones específicas más extensas. En primer lugar, los innovadores de proceso parecen avanzar crecimientos de la productividad que después serán introducidos con retraso por el resto de las empresas. Esto sugiere una industria con importantes efectos de difusión (“spillovers”) dinámicos, que generalizan los efectos de las innovaciones. En segundo lugar, las empresas entrantes revelan altos crecimientos de la productividad que son, en principio, atribuibles a dos fuentes diferentes en proporciones desconocidas: los procesos genuinos de innovación y los procesos de aprendizaje, por los que estas empresas podrían estar simplemente acercándose a los niveles de productividad de la madurez (la estimación no dice nada sobre los niveles relativos de eficiencia). Finalmente, los resultados obtenidos plantean algunas objeciones a las formas más sencillas de modelización microeconómica del impacto de la productividad mediante capitales de conocimientos tecnológicos, donde el crecimiento actual es proporcional a la tasa neta contemporánea de inversión en I+D.

4. INNOVACIÓN Y EMPLEO

4.1 Introducción

Este apartado resume el modelo empleado y los resultados obtenidos en la investigación llevada a cabo en García, Jaumandreu y Rodríguez (2002), centrada en especificar y estimar estructuralmente los efectos de la innovación tecnológica sobre el empleo de las empresas, a partir de un panel de empresas manufactureras españolas observadas durante los años 90.

La innovación es generalmente considerada por los economistas como generadora de dos efectos sobre el empleo. Por una parte, se espera que destruya empleo, reduciendo las necesidades del input trabajo por unidad de output. Por la otra, se confía en que desencadene una expansión del output que acabe generando mayor empleo que el que destruye. Las formas de operación de estos dos efectos son, sin embargo, poco conocidas, así como particularmente escasos los intentos de cuantificarlos.

El mecanismo básico se supone que opera, en primer lugar, a escala de empresa. Formalizaciones de esta idea pueden encontrarse, por ejemplo, en Stoneman (1983), Katsolaucos (1984) y Hamermesh (1993). En el ámbito de la empresa las innovaciones de proceso reducirán, en primer lugar, los requerimientos de empleo para producir cada cantidad de output (efecto desplazamiento). Pero, a la vez, el incremento de la eficiencia del trabajo y del resto de los inputs causará una reducción del coste marginal que, si se traslada a precios, generará un aumento de la demanda (efecto compensación). El resultado global de la operación de ambos efectos se espera positivo y estará relacionado con el valor de la elasticidad precio de la demanda. Además, el cambio en la demanda se verá reforzado por la introducción de innovaciones de producto, que crean un efecto compensación puro.

El resultado de este mecanismo sólo proporciona, sin embargo, la cota superior del impacto que la innovación puede tener sobre el empleo. El comportamiento de los agentes de la empresa, tratando de apropiarse de rentas de la innovación, puede agravar el efecto desplazamiento y debilitar los efectos compensación. Dos formas evidentes son la negociación de alzas salariales, que contrapesen el ahorro en costes obtenido a través de la innovación, y la explotación de la ampliación del poder de mercado mediante la rigidez de los precios, trasladando insuficientemente el cambio en los costes.

A pesar del interés del tema, ha habido muy pocos trabajos que lo hayan abordado directamente, probablemente por las dificultades de datos que plantea. Algunos trabajos previos relacionados son, sin embargo, Nickell y Kong (1989 a,b), Van Reenen (1997) y Smolny (1998). El trabajo de García, Jaumandreu y Rodríguez (2002) está dirigido a realizar una valoración estructural de estos efectos a escala de empresa. Para ello, se construye un marco teórico que incluye la especificación de la función de producción (y por tanto de costes) de la empresa, así como la función de demanda, a través de la que operan los efectos compensadores. En este marco se definen con precisión los efectos desplazamiento y compensación. El trabajo incluye también una especificación de forma reducida del impacto del comportamiento de los agentes, así como su estimación.

El modelo puede ser estimado gracias a la riqueza informativa de los datos provenientes de la ESEE. Se encuentran y cuantifican importantes efectos positivos de la innovación sobre el

empleo, pero también se pone de manifiesto que se trata de efectos condicionales al comportamiento de los agentes.

El resto de este resumen está organizado como sigue. En el segundo apartado se expone el marco teórico utilizado. En el tercero, se muestran y comentan los datos que se utilizan sobre empleo e innovación para la industria española de los 90. En el cuarto se repasan los principales resultados y en el quinto se resumen las principales conclusiones.

4.2 Efectos desplazamiento y compensación. El impacto del comportamiento

En este apartado, se definen en primer lugar los efectos básicos que el modelo considera. Después, se introduce en el modelo el posible impacto de los comportamientos de los agentes y, finalmente, se indican las ecuaciones necesarias para medir todos estos efectos.

Tómese una empresa que opera con una función de producción con rendimientos constantes a escala en los inputs tradicionales (trabajo, capital, materias primas). Se supondrá que la función de producción es desplazada por el capital tecnológico acumulado, que se denotará por K , a través de las innovaciones de proceso. Este desplazamiento aumenta en la misma medida la productividad marginal de todos los factores (el impacto de la innovación tecnológica es “neutral-Hicks”). Supóngase, a su vez, que la empresa compite en un mercado de producto diferenciado, donde experimenta una demanda que depende negativamente del precio de su producto y positivamente del de los rivales, pero también del capital tecnológico acumulado. Es natural suponer que el capital, K , también desplaza la demanda a través de las innovaciones de producto, aunque ahora es preciso controlar por el capital acumulado por los competidores.

Si la empresa invierte continuamente en actividades tecnológicas para obtener innovaciones de proceso y de producto, ambos aspectos se irán modificando conforme las innovaciones son aplicadas. Supondremos que al comienzo de cada período la empresa ajusta el precio y la cantidad de su producto, así como el empleo, de acuerdo con las modificaciones tecnológicas introducidas y con los costes y la demanda esperados. Tres ecuaciones permiten caracterizar el impacto esperable de las modificaciones tecnológicas sobre el empleo:

$$p = (1 + m)c(w, K)$$

$$Y = D(d^e, p, p_R, K, K_R)$$

$$L = c_L(w, K)Y$$

La primera indica que el precio p es establecido con un margen sobre el coste medio (o marginal), que a su vez depende de los precios corrientes de los factores w , y del nivel alcanzado por el capital tecnológico. La segunda establece que la demanda esperada por la empresa dependerá, dados el crecimiento exógeno esperable, d^e , y los precios y capital de los competidores, p_R y K_R , del precio que establezca la empresa para su producto y, de nuevo, del nivel alcanzado por el capital tecnológico. La tercera muestra que el empleo L es una función del output esperado a través de un coeficiente que depende de los costes (este coeficiente es, por el “lema de Shephard”, la derivada del coste medio respecto al precio del trabajo).

Utilizando las tres ecuaciones, se puede escribir una expresión para el empleo que ponga de manifiesto las distintas vías por las que el nivel alcanzado por el capital tecnológico va a afectar al mismo:

$$L = c_L(w, K)D(d^e, (1 + m)c(w, K), p_R, K, K_R)$$

A partir de esta ecuación es fácil obtener que la elasticidad del empleo con respecto al capital tecnológico viene dada por la expresión

$$-e + (I + he)$$

donde e es el valor absoluto de la elasticidad del output con respecto a K (determinado en la función de producción e implicado en la fórmula vía expresión del coste), I es la elasticidad de la demanda con respecto a K , y h es el valor absoluto de la elasticidad de la demanda con respecto al precio.

Esta expresión define los efectos (potenciales) desplazamiento y compensación. La primera elasticidad proporciona el efecto desplazamiento. Es la caída en el empleo que se produciría por un aumento del capital tecnológico a través de su impacto en la función de producción y, por tanto, en el coste medio, si no variara nada más (en particular si el output permaneciera dado, lo que proporcionaría la variación llamada “hicksiana”). Los términos del paréntesis recogen los efectos compensación. El primero es el efecto positivo derivado de la introducción de innovaciones de producto, que desplazan la demanda y, por tanto, aumentan el empleo bajo el supuesto de que todo lo demás permanece constante. El segundo se origina en la reducción del coste que, trasladada al precio, induce un incremento de la demanda que también tiende a elevar el empleo dado todo lo demás.

Se ha matizado que estos efectos son “potenciales” porque el comportamiento de los agentes que componen la empresa puede modificar sus valores. En realidad es mejor considerar un modelo más completo, que tenga en cuenta que la obtención de innovaciones de proceso y de producto puede venir acompañada de incrementos de salarios, como resultado de la presión sindical, o del precio, dado un incremento en el poder de mercado de la empresa. Cuando en el modelo se introducen dos ecuaciones que resumen los posibles lazos entre los salarios, precios y el capital tecnológico, la expresión de la elasticidad total se convierte en donde a es

$$-e - (1 - a)g + (I + he) - h(q + ag)$$

la elasticidad del output con respecto al empleo, γ es la elasticidad de los salarios con respecto a K , y q es la elasticidad del ratio precio-coste marginal con respecto a K . El segundo término de la expresión refleja que el efecto desplazamiento puede verse agravado por la sustitución de trabajo debido a su encarecimiento. Por su parte, el cuarto término muestra que el efecto compensación derivado de la reducción del precio se puede ver atemperado, o incluso eliminado, por los factores que pueden amortiguar tal reducción: mayores costes salariales y tendencia a un aumento del margen como resultado del ejercicio de poder de mercado.

Las elasticidades relevantes pueden medirse a través de la estimación de un conjunto de ecuaciones. El efecto desplazamiento, e , y la elasticidad del output con respecto al empleo, a , se pueden estimar en una función de producción o, alternativamente, en una función de demanda de trabajo que incorporen el capital tecnológico. Los efectos compensación

necesitan de la especificación de una función de demanda que permita valorar el impacto de las innovaciones de producto, I , y la elasticidad de la demanda con respecto al precio, h . Si se quiere apreciar, además, el impacto del comportamiento, hay que especificar adicionalmente las relaciones de los salarios y precios con el capital tecnológico, para obtener estimaciones de g y q .

4.3 Capital tecnológico y empleo en la industria española de los 90

Antes de presentar los resultados, conviene describir brevemente los principales hechos referentes al capital tecnológico, la innovación y el empleo en la industria española durante los años 90. Son estos hechos los que el modelo debe ser capaz de explicar total o, al menos, parcialmente. La descripción se lleva a cabo con la muestra utilizada en el ejercicio econométrico, por lo que primero se resume brevemente su origen y principales características.

En el ejercicio se utilizan los datos de panel de 1286 empresas, observadas en diferentes lapsos temporales durante los años 1990-1998. La muestra resulta de mantener todas las empresas para las que existen al menos tres observaciones temporales consecutivas, tras renunciar a aquellas observaciones a las que les falta algún dato de las múltiples variables requeridas para llevar a cabo el ejercicio. A pesar de ello, la muestra puede considerarse representativa del conjunto de las manufacturas y, en consecuencia, las inferencias pueden hacerse extensivas a este ámbito. Los datos requeridos para cada empresa incluyen el output, el capital en equipos, el trabajo y los inputs intermedios, sus gastos de innovación y publicidad, la introducción de innovaciones de proceso y producto, los costes, los cambios experimentados por el precio y por los precios de los inputs adquiridos, ciertos detalles de la evolución del mercado, y un conjunto de datos básicos (actividad, edad, participación en fusiones y adquisiciones, etc.). El detalle sobre la definición y construcción de las variables se puede encontrar en García, Jaumandreu y Rodríguez (2002). Merece la pena comentar brevemente la construcción del capital tecnológico, variable que juega un papel clave en el ejercicio.

El capital tecnológico se obtiene, como es usual, agregando recursivamente todos los gastos en I+D realizados por las empresas (intramuros+contratos+licencias). Asimismo, para la construcción del capital tecnológico se supone una tasa de depreciación del stock previamente acumulado del 15% (véase, por ejemplo, Griliches, 1979 y, para una aplicación reciente, Hall y Mairesse, 1995). Cuando la empresa entra en la muestra, y durante los años siguientes realiza algún gasto en I+D, su capital tecnológico es estimado utilizando la edad de la empresa como información relevante. Cuando la empresa no realiza gastos en I+D, su capital tecnológico es normalizado a cero.

El centro del ejercicio lo constituye la valoración del impacto de las innovaciones de proceso y de producto. Cuando la empresa informa de la introducción de una innovación de proceso o de producto, los desplazamientos respectivos de la función de producción o de la demanda se suponen proporcionales al capital tecnológico acumulado desde la última innovación incorporada. Para introducir estas variaciones en las ecuaciones, basta con sustituir el capital tecnológico estándar por una de las dos versiones llamadas “operativas”, en las que el capital tecnológico sólo acumula efectivamente las inversiones pasadas en el momento preciso en que se introduce la innovación relevante.

El Cuadro 11 muestra los datos básicos para la muestra separada en dos partes: empresas con más y menos de 200 trabajadores. Entre las grandes empresas existe un 92% que realizan gastos en I+D (capital tecnológico positivo), que son las que se incluyen en los estadísticos. Pero, entre las pequeñas, sólo un 41% realizan I+D, por lo que se proporcionan separadamente cifras para las que efectúan estos gastos las que no. La introducción de innovaciones está estrechamente relacionada con el capital tecnológico, y la frecuencia de las mismas es claramente superior en las empresas de mayor tamaño. Las empresas que realizan gastos en I+D muestran una probabilidad de introducir innovaciones un año dado que oscila entre un tercio y un medio. Los datos, por otra parte, cubren un ciclo industrial completo, puesto que las manufacturas experimentaron una recesión hacia el año 1993 y, a continuación, una recuperación que sólo presentó un ligero frenazo en 1996. Las cifras anuales ponen de manifiesto esta senda.

Los datos medios de acumulación de capital tecnológico, evolución del empleo y productividad del trabajo muestran la realidad básica que hay que explicar. Una sencilla identidad contable dice que la variación en el empleo es igual al incremento del output menos el incremento de la productividad. Separando el incremento de la productividad según sus fuentes, y el incremento del output por sus componentes, se puede transformar esta identidad en una descomposición con sentido económico. Esto es justamente lo que puede hacer el modelo introducido en el apartado anterior, al explicar la parte del incremento de productividad (efecto desplazamiento) y la parte del incremento del output (efectos compensación) debidos a la innovación.

Un vistazo rápido a las cifras puede proporcionar una impresión demasiado optimista. El empleo de las empresas de menor tamaño que hacen I+D crece ligeramente, frente a la caída del empleo de las que no acumulan capital tecnológico. La productividad de las primeras crece más intensamente que la de las segundas, pero todavía lo hace en mayor medida el output, con lo que el resultado encaja muy bien en lo que se puede esperar de los efectos desplazamiento y compensación, si los segundos son más elevados que el primero. Sin embargo, los datos completos son algo más complejos. La caída del empleo en las grandes empresas se produce para un crecimiento de la productividad todavía más elevado, combinado con un crecimiento del output y del capital tecnológico más moderados que los correspondientes a las empresas pequeñas que llevan a cabo actividades de I+D. Está claro que la estimación del modelo es completamente necesaria, tanto para determinar la parte explicada por la innovación, como para sugerir lo que queda por explicar.

4.4 Resultados sobre innovación y empleo

El Cuadro 12 resume las principales estimaciones realizadas y el Cuadro 13 muestra los valores de las elasticidades que se derivan de las mismas. En este apartado se comentan brevemente unas y otras, para pasar a centrarse en lo que nos enseñan acerca de las relaciones innovación-empleo, recogidas en el Cuadro 14.

El análisis econométrico obtiene una función de producción muy razonable, que presenta rendimientos constantes a escala, y donde el empleo es medido en horas totales de trabajo. El impacto de las innovaciones de proceso sobre la productividad es equivalente al obtenido en las buenas estimaciones del mismo estilo realizadas para otros países y momentos. La función de producción muestra también un crecimiento “autónomo” de la productividad (no relacionado directamente con el capital tecnológico), de un 1% anual. Este crecimiento se

puede atribuir a “spillovers”, tecnología incorporada, aprendizaje, etc. Cuando se estima una demanda de empleo alternativa a la función de producción, se obtienen valores equivalentes de los parámetros relevantes. Sin embargo, aparece también una característica sorprendente: el crecimiento “autónomo” estimado de la productividad obtenido en esta ecuación alternativa es sensiblemente más elevado (superior a un 3%). La discusión detallada de las posibles explicaciones de este fenómeno, que principalmente afecta a las empresas de mayor tamaño, rebasan el objeto de este artículo, pero García, Jaumandreu y Rodríguez (2002) muestran la consistencia de esta observación con la importancia creciente del “outsourcing” productivo.

La función de demanda de producto estimada constituye una interesante aportación a este tipo de trabajos microeconómicos. Su estimación es posible porque la ESEE incluye una información altamente inusual referida a los cambios en los precios. Los impactos del precio del producto y de las innovaciones aplicadas al mismo se estiman con precisión y valores razonables. Los efectos obtenidos para los precios y el capital tecnológico de los competidores son también muy sensatos, aunque debido a la técnica indirecta empleada para aproximarlos, estos efectos son captados de manera más imprecisa. En el primer caso, se utilizan los cambios en los precios de los inputs (presumiblemente comunes a todas las empresas del mercado), así como información cualitativa sobre los cambios de precios de los competidores, según la técnica de la “demanda residual”. En el segundo, se utiliza información cualitativa disponible sobre la evolución de las cuotas de mercado de los competidores.

Las estimaciones que relacionan salarios y precios con el capital tecnológico se especifican según pautas muy generales (una ecuación típica de resultados de la negociación salarial o modelo de “insiders-outsiders” en el primer caso, y una ecuación de márgenes en el segundo). En ambas se obtienen estimaciones razonables que muestran un impacto positivo del capital tecnológico, atribuible al comportamiento de trabajadores y empresas ante la consecución de innovaciones.

El Cuadro 14 combina las diferentes elasticidades estimadas para producir una valoración global del impacto de la innovación sobre los requerimientos de trabajo por parte de las empresas. Se distingue entre efectos de corto y de largo plazo. Los primeros se obtienen suponiendo que los competidores no reaccionan a la introducción por parte de la empresa de las innovaciones de producto y de proceso. En el cálculo de los segundos, se utilizan los efectos estimados para las acciones de los competidores suponiendo que éstos igualan las innovaciones y el comportamiento de la empresa en consideración. Ambos tipos de efectos son además descompuestos en “potenciales” y “corregidos”. Estos últimos introducen la influencia estimada del comportamiento de los agentes. Por supuesto las distintas estimaciones tienen asociados diferentes niveles de precisión estadística, como se observa en el Cuadro 3. Sin embargo, no por ello dejan de proporcionar resultados muy plausibles acerca de cómo la innovación influye en el empleo.

Los resultados más importantes son los siguientes. El efecto desplazamiento de las innovaciones de proceso es claramente sobrepasado (en realidad más que doblado) por el efecto potencial sobre el empleo de una reducción del precio basada en la caída del coste medio debida a la innovación. Además, las innovaciones de producto poseen un efecto directo sobre el empleo que dobla al propio efecto compensación proveniente de las innovaciones de proceso (por unidad de gasto innovador). El efecto desplazamiento no resulta significativamente incrementado por la sustitución, y es el comportamiento en precios el que aparece como la principal razón de debilitamiento de los efectos compensación.

Los efectos compensación de largo plazo son, por supuesto, menores. Sugieren, sin embargo, la persistencia ciertos efectos potenciales positivos débiles de las innovaciones de proceso, y efectos de las innovaciones de producto relativamente altos. En conjunto, la elasticidad real del empleo con respecto al capital tecnológico parece no estar alejada de la unidad, pero también es importante tener presente que el comportamiento en salarios y precios puede anular completamente los efectos positivos que provengan exclusivamente de las innovaciones de proceso.

Precisamente, con relación a este último punto es importante tener en cuenta que las ganancias de productividad procedentes de la innovación activa son sólo una parte de las ganancias totales. Si las ganancias con origen más pasivo estuvieran sujetas a efectos compensación y correcciones similares a los estimados para las innovaciones de proceso, ello explicaría parte del comportamiento más negativo que se observa para el empleo en buena parte de las empresas, en particular las de mayor tamaño. El “outsourcing” de actividades productivas podría explicar otra parte.

4.5 Conclusiones

En el ámbito de la empresa, la innovación desplaza empleo, pero también crea las condiciones para compensar con creces este desplazamiento. Las innovaciones de proceso reducen significativamente los costes marginales, y esta reducción puede ser trasladada a precios para expandir la demanda con un efecto sobre el empleo que dobla el primero. Además, las innovaciones de producto que la mayoría de empresas llevan a cabo al mismo tiempo que las de proceso (aunque a una frecuencia ligeramente inferior), doblan a su vez el efecto expansivo por unidad de gasto innovador. Los efectos potenciales netos de las innovaciones de proceso se reducen, sin embargo, significativamente en el largo plazo, cuando los competidores emulan las innovaciones puestas en práctica. Por el contrario, efectos netos positivos de cierta magnitud tienden a persistir en el caso de las innovaciones de producto.

Pero el papel de los mecanismos compensadores puede ser dificultado, y en algunos casos incluso completamente bloqueado, por el comportamiento de los agentes que actúan en la empresa. En la muestra y periodo utilizado, el comportamiento en precios de las empresas, aprovechando los efectos de poder de mercado generados por las innovaciones, debilita los efectos expansivos de la innovación sobre el empleo. Por su parte, los salarios parecen tener un menor impacto debilitador, al quedar inhibidos por el ejercicio de poder de mercado de las empresas. En cualquier caso, los efectos netos medios sobre el empleo estimado son positivos, incluso en el largo plazo, y con una elasticidad con respecto al capital tecnológico no alejada de la unidad.

La innovación es sólo una de las fuentes de crecimiento de la productividad a escala de empresa. Otras fuentes son las mejoras no innovadoras (cambio técnico incorporado, aprendizaje, “spillovers”...), la sustitución por capital, y el “outsourcing” de actividades productivas. Los datos de las manufacturas españolas muestran que estas fuentes son al menos tan importantes como la innovación en la determinación del crecimiento de la productividad. Las mejoras de productividad no ligadas a la innovación se asemejan a las innovaciones de proceso en que sólo pueden ser compensadas a través de las reducciones en los precios. Si el comportamiento de precios y salarios dificulta la actuación de los efectos compensación, el impacto de este tipo de ganancias sobre el empleo puede ser especialmente negativo. Este

fenómeno, más el “outsourcing” de actividades productivas, explica la compatibilidad de los hallazgos acerca del impacto positivo de las innovaciones sobre el empleo, con los comportamientos globalmente negativos del empleo en determinados grupos de empresas.

La investigación aquí resumida intenta una primera aproximación estructural, a escala de empresa, a un tema candente, y sobre el que no se contaba con evidencias empíricas. Los resultados conseguidos señalan que se trata de una línea de investigación fructífera, sobre la que merece la pena profundizar. Uno de los próximos pasos debe ser inscribir el modelo de la empresa innovadora en un modelo más amplio de mercado, que sugiera la forma de valorar empíricamente los efectos desplazamiento y compensación que operan a este nivel, proporcionando una idea global del impacto de la innovación y su interrelación con la competencia.

Referencias

- Almus, M. y D. Czarnitzki, 2003. The effects of public R&D subsidies on firms' innovation activities: The case of Eastern Germany. Forthcoming *Journal of Business and Economic Statistics*.
- Arrow, K., 1962. Economic welfare and the allocation of resources for inventions, in R. Nelson (ed.), *The Rate and Direction of Inventive Activity*. Princeton University Press.
- Audretsch, D., 1995. *Innovation and Industry Evolution*, MIT Press.
- Busom, I., 2000. An empirical evaluation of the effects of R&D subsidies. *Economics of Innovation and New Technology*, 9, 111-148.
- Crepon, B., E. Duguet, and J. Mairesse, 1998. Research, innovation and productivity: An econometric analysis at the firm level. *Economics of Innovation and New Technology*, 7, 115-158.
- Fariñas, J.C. y J. Jaumandreu, 1999. Diez años de Encuesta sobre Estrategias Empresariales. *Economía Industrial* 329, 29-42.
- García, A., J. Jaumandreu y C. Rodríguez, 2002. Innovation and jobs: evidence from manufacturing firms. Mimeo, Universidad Carlos III de Madrid. Accesible en <http://www.eco.uc3m.es/IEFF>.
- González, X., J. Jaumandreu y C. Pazó, 2003. Barriers to innovation and subsidy effectiveness. Mimeo, Universidad Carlos III de Madrid.
- Griliches, Z., 1979. Issues in assessing the contribution of R&D to productivity growth. *Bell Journal of Economics* 10, 92-116.
- Griliches, Z., 1995. R&D and productivity: econometric results and measurement issues, in P. Stoneman (ed.), *Handbook of the economics of innovation and technological change*. Blackwell, Oxford
- Griliches, Z., 2000. *R&D, Education and Productivity*. Harvard University Press.
- Hall, B. H. y J. Mairesse, 1995. Exploring the relationship between R&D and productivity in French manufacturing firms. *Journal of Econometrics* 65, 263-293.
- Hamermesh, D. S., 1993. Labor demand. Princeton University Press.
- Huergo, E. y J. Jaumandreu, 2002. How does probability of innovation change with firma age? Forthcoming *Small Business Economics*. Accesible en <http://www.eco.uc3m.es/IEFF>.
- Huergo, E. y J. Jaumandreu, 2003. Firms' age, process innovation and productivity growth. Mimeo, Universidad Carlos III de Madrid. Accesible en <http://www.eco.uc3m.es/IEFF>.

- Jaumandreu, J., 1999. El análisis microeconómico del impacto del cambio tecnológico sobre el empleo. *Ekonomi Gerizan* 5, 135-150
- Katsolaucos, Y., 1984. Product innovation and employment. *European Economic Review* 26, 83-108.
- Klette, T.J., 1996. R&D, scope economies, and plant performance. *RAND Journal of Economics* , 27, 502-522
- Klette, J., Moen, J. y Z. Griliches, 2000. Do subsidies to commercial R&D reduce market failures? Microeconometric evaluation studies. *Research Policy*, 29, 471-495.
- Klepper, S., 1996. Entry, exit and innovation over the Product life Cycle. *American Economic Review*, 86, 562-583.
- Lach, S., 2002. Do R&D subsidies stimulate or displace private R\&D? Evidence from Israel. *Journal of Industrial Economics*, 369-390.
- Nelson, R., 1959. The simple economics of basic scientific research. *Journal of Political Economy*, 76, 297-306.
- Nickell, S. y P., Kong. 1989 a. Technical progress and jobs. Discussion Paper no. 366, Centre for Labour Economics, Oxford..
- Nickell, S. y P. Kong. 1989 b. Demand and employment. Discussion Paper no. 367, Centre for Labour Economics, Oxford.
- Smolny, W., 1998. Innovations, prices and employment: A theoretical model and an empirical application for West German manufacturing firms. *Journal of Industrial Economics* 46, 359-381.
- Stoneman, P., 1983. *The economic analysis of technological change*. Oxford University Press.
- Van Reenen, J., 1997. Employment and technological innovation: evidence from UK manufacturing firms. *Journal of Labour Economics* 2, 255-284.
- Wallsten, S. 2000. The effect of government-industry R&D programs on private R&D: the case of the small business innovation research program. *Rand Journal of Economics*, 1, 82-100.

ANEXOS

Cuadro 1
Empresas con actividades de I+D
(porcentaje de empresas)

Año	£200 trab.	>200 trab.
1990	17.3	76.6
1991	18.8	75.0
1992	18.0	71.4
1993	18.9	70.1
1994	19.6	74.4
1995	20.2	69.3
1996	20.4	72.1
1997	22.3	71.3
1998	25.6	74.4
1999	26.0	77.0

Cuadro 2
Empresas con actividades de I+D en 1990-1999
(porcentaje de empresas)

Tamaño	Hacen establemente	Hacen ocasionalmente	Todas las empresas
≤200 trabajadores	4.1	20.3	24.5
21-50	11.2	23.6	34.8
51-100	19.1	36.3	55.4
101-200	39.1	28.2	67.3
201-500	54.1	31.7	85.8
>500	69.0	20.7	89.7

Cuadro 3
Empresas que hacen I+D subvencionadas al menos algún año durante 1990-1999
(porcentaje de empresas)

Tamaño	Hacen establemente	Hacen ocasionalmente	Todas las empresas
≤200 trabajadores	31.0	9.9	13.5
21-50	31.7	16.7	21.5
51-100	43.3	24.6	31.0
101-200	31.6	17.5	25.7
201-500	52.7	26.6	43.1
>500	54.3	23.7	47.3

Cuadro 4
 Ratios medios valor de la subvención/gastos en I+D
 (% , empresas con subvención)

Tamaño	Hacen establemente	Hacen ocasionalmente	Todas las empresas
≤200 trabajadores	69.9	65.3	67.5
21-50	49.5	57.0	53.1
51-100	53.9	26.0	42.4
101-200	29.5	75.8	38.1
201-500	23.0	47.1	26.6
>500	15.0	42.4	17.3

Cuadro 5
 Esfuerzo en I+D con y sin subvención
 (medias de esfuerzos no nulos)

Tamaño	Sin subvención	Con subvención
≤200 trabajadores	2.2	4.9
21-50	2.0	3.8
51-100	1.7	5.0
101-200	1.6	3.9
201-500	1.7	3.7
>500	1.8	3.8

Cuadro 6
 Esfuerzo en I+D con y sin subvención
 (medias de esfuerzos no nulos)

Año	≤200 trabajadores		>200 trabajadores	
	Sin subvención	Con subvención	Sin subvención	Con subvención
1990	2.3	4.5	1.7	4.2
1991	2.2	4.8	1.7	4.3
1992	2.1	5.6	1.7	3.8
1993	2.1	4.0	1.8	3.6
1994	2.0	4.0	1.9	3.4
1995	1.6	4.2	1.5	4.1
1996	1.9	4.4	1.6	3.3
1997	1.9	3.8	1.8	3.3
1998	1.6	4.3	1.7	3.4
1999	1.6	4.2	1.4	4.1

Cuadro 7

Estimaciones de la probabilidad y esperanza de las subvenciones^{1,2}

Ecuación de probabilidad³:

Probabilidad de subvención = F(controles -2.62 +1.47 Indicador de subvención t_{-2} +0.05 tamaño t_{-1} +0.05 edad +2.94 sofisticación tecnológica
(-11.4) (15.4) (3.4) (2.5) (6.0)
+0.50 exportador doméstico t_{-1} +0.17 capital extranjero)
(7.3) (2.0)

Esperanza de las subvenciones⁴:

ln subvención = controles -0.67 +0.28 ln subvención t_{-2} -0.02 tamaño t_{-1} -0.12 edad -0.50 sofisticación tecnológica +0.26 exportador doméstico
(-1.7) (5.2) (-1.8) (-3.3) (-0.6) (1.7)
-0.40 capital extranjero
(-2.5)

¹ T-ratios entre paréntesis, calculados con los errores estándar robustos a heterocedasticidad y autocorrelación.

² Los controles incluyen variables artificiales de sector, algunas regiones y tiempo, así como algunas otras variables específicas según la ecuación.

³ Estimación Probit.

⁴ La variable dependiente es el logaritmo de la fracción del gasto subvencionado o $\ln r$.

Cuadro 8

El efecto de las subvenciones en las decisiones de I+D^{1,2,3}

Ecuación de esfuerzo:

In esfuerzo= controles -5.11 +1.07 subvención esperada +0.27 cuota de mercado _{t-1} -0.17 mdo. concentrado _{t-1} +0.12 ratio publicidad/ventas _{t-1}
 (-13.9) (2.0) (1.4) (-2.1) (1.1)

+0.12 patente medias en la industria.
 (3.9)

Ecuación de decisión:

Prob. de gasto en I+D= F(controles -4.86 +5.11 subvención esperada +0.22 cuota de mercado _{t-1} +0.20 mdo. concentrado _{t-1} + 2.81 ratio
 (-8.0) (5.0) (1.0) (2.7) (1.7)

publicidad/ventas _{t-1} +0.12 patentes media en la industria -0.19 cash flow negativo +0.45 capital extranjero +0.73 oportunidades geográficas
 (2.5) (-2.7) (2.6) (4.0)

+0.12 mdo. recesivo +0.81 controles de calidad +0.89 trabajo cualificado).
 (2.2) (8.3) (6.6)

¹ Ecuaciones estimadas simultáneamente por máxima verosimilitud, utilizando como subvención esperada el regresor previamente generado, a partir de las regresiones del Cuadro 7, $-\ln(1 - \hat{F}^e)$.

² T-ratios entre paréntesis, calculados con los errores estándar robustos a heterocedasticidad y autocorrelación.

³ Los controles incluyen variables artificiales de sector y tamaño.

Cuadro 9
El impacto de las subvenciones

Subvenciones que desencadenan I+D (% empresas con gaps negativos)		
Subvención en %	£200 trabajadores	>200 trabajadores
0-10	3.3	48.7
≤40	30.7	99.4
Impacto de la retirada de las subvenciones (% emps. innov. cuyos gaps se hacen negs.)		
Subvención en %	£200 trabajadores	>200 trabajadores
0-10	6.8	2.0
≤20	8.0	2.9
≤40	13.8	

Cuadro 10

Efectos sobre la productividad de las innovaciones de proceso^{1,2}

Ecuación de productividad:

Residuo de Solow = controles -0.238 corrección escala +0.091 utilización capacidad +0.055 fusión -0.071 escisión
(-15.7) (7.5) (4.4) (-2.8)

+ efectos edad:

Figura 1

+ efectos innovación³:

Innovación de proceso	0.015	(4.3)
+		
Transcurrido 1 año	-0.008	(-1.4)
Transcurridos 2 años	-0.006	(-1.0)
Transcurridos 3 años	-0.007	(-1.1)
Transcurridos 4 años	-0.025	(-2.9)
Transcurridos 5 años	-0.019	(-1.7)
Transcurridos 6 años	-0.037	(-2.1)

¹ T-ratios entre paréntesis, calculados con los errores estándar robustos a heteroscedasticidad y autocorrelación.

² Los controles incluyen variables artificiales de sector, tamaño y tiempo, con los coeficientes de cada conjunto restringidos a sumar cero.

³ Los coeficientes de las variables artificiales de años transcurridos deben sumarse con su signo negativo al efecto contemporáneo.

Cuadro 11
Capital tecnológico, innovación y empleo 1991-98

	Nº de empresas	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1991-98
Más de 200 trabajadores	433									
Hacen I+D	397 (91.7%)									
Capital tecnológico (% de crecimiento ¹)		7.7	0.4	1.2	-0.1	3.5	0.5	2.1	3.0	2.1
Productividad del trabajo (% de crec. ¹)		6.5	3.9	2.5	11.1	9.9	5.6	6.6	6.2	6.6
Empleo (% de crecimiento ¹)		-4.9	-7.1	-9.3	-0.9	1.9	-1.9	1.4	1.8	-2.5
Frec. de innov. de proceso (% de años ²)										53.9
Frec. de innov. de producto (% de años ²)										40.9
Hasta 200 trabajadores	853									
Hacen I+D	349 (40.9%)									
Capital tecnológico (% de crecimiento ¹)		3.6	6.5	-0.0	2.1	1.3	0.9	3.8	5.4	2.7
Productividad del trabajo (% de crec. ¹)		7.7	0.1	-1.7	7.8	9.0	2.7	5.5	4.3	4.4
Empleo (% de crecimiento ¹)		0.9	-2.0	-4.8	1.6	2.3	1.0	2.6	3.3	0.6
Frec. de innov. de proceso (% de años ²)										38.2
Frec. de innov. de producto (% de años ²)										33.5
No hacen I+D	504 (59.1%)									
Productividad del trabajo (% de crec. ¹)		3.3	3.7	-0.7	3.7	5.6	0.2	1.5	4.7	2.6
Empleo (% de crecimiento ¹)		-1.9	-2.9	-6.9	-1.1	1.3	0.2	2.3	2.0	-0.9
Frec. de innov. de proceso (% de años ²)										16.9
Frec. de innov. de producto (% de años ²)										13.0
Total	1286									

¹Media de las tasas individuales. ²Media de los porcentajes individuales.

Cuadro 12

Principales ecuaciones^{1,2,3}

Función de producción:

output = controles +0.09 +0.35 cap. tecnológico (innov. proceso) +0.21 capital +0.35 empleo +0.45 materias primas +0.09 utilización capacidad
(1.2) (2.1) (4.4) (14.1) (4.1)

Función de demanda:

ventas = controles -0.024 + 1.01 dinamismo mdo. +1.89 cap. tecnológico (innov. producto) + 0.05 publicidad -2.41 precio +0.87 coste inputs
(-1.5) (5.9) (2.2) (1.7) (-4.3) (1.7)

-0.77 incremento cuota competidores -0.34 decrecimiento precio competidores
(-3.3) (-2.3)

Determinación de los salarios:

salario = controles -0.012 + 0.16 salario.₋₁ +0.99 sal. econ. -0.05 paro -0.10 empleo.₋₁ +0.31 cap. tecnológico -0.52 mpc -0.15 prop. eventuales
(-2.2) (4.2) (2.1) (-1.5) (-1.2) (2.2) (-5.2) (-1.5)

Determinación de los precios:

mpc = controles -0.005 +0.3 dinamismo mdo. +0.32 cap. tecnológico (innov. prod. y proc.) -0.06 (incr. cuota +decrec. precio competidores)
(-1.6) (3.1) (2.4) (-2.5)

¹ Se estiman con todas las variables en primeras diferencias, por variables instrumentales, aplicando técnicas GMM. Se tratan como variables endógenas los capitales tecnológicos, el output, el empleo, el precio, el incremento de la cuota de los rivales, el margen y la proporción de eventuales. Se tratan como predeterminadas el capital, el dinamismo de mercado, la publicidad, el salario retardado y algunos costes de los inputs, así como el decrecimiento de los precios de los competidores.

² T-ratios entre paréntesis, calculados con los errores estándar robustos a heterocedasticidad y autocorrelación.

³ Los controles incluyen variables artificiales de sector, tiempo, empresas entrantes y empresas que salen, fusiones y adquisiciones, así como algunas otras variables específicas según la ecuación.

Cuadro 13
Principales elasticidades estimadas

Elasticidades	Símbolo	Valor estimado	Error estándar
Empleo y coste marginal con respecto al capital tecnológico	<i>e</i>	-0.35	(0.17)
Output con respecto al trabajo	<i>a</i>	0.35	(0.08)
Ventas con respecto al capital tecnológico	<i>l</i>	1.89	(0.84)
Ventas con respecto al capital de los competidores	<i>l_R</i>	-0.47	(0.33)
Ventas con respecto al precio	<i>h</i>	-2.41	(0.55)
Ventas con respecto al precio de los competidores	<i>h_R</i>	0.87	(0.51)
Salarios con respecto al capital tecnológico	<i>g</i>	0.19	(0.19)
Margen con respecto al capital tecnológico	<i>q</i>	0.32	(0.13)

Algunas elasticidades se obtienen directamente, otras se calculan combinando coeficientes de las ecuaciones. Los errores estándar robustos de las elasticidades no directas están calculados utilizando aproximaciones lineales a las fórmulas correspondientes.

Cuadro 14

Los efectos de la innovación sobre el empleo

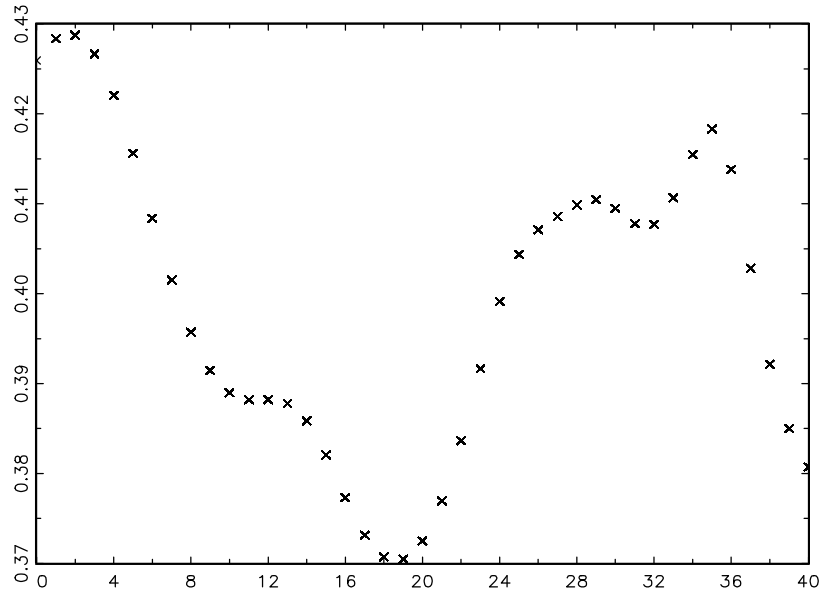
(variaciones porcentuales correspondientes a un 1% de incremento del capital tecnológico)

		Corto plazo		Largo plazo ¹	
		Potenciales	Corregidos	Potenciales	Corregidos
Efecto desplazamiento	$-e$	-0.35		-0.35	
más efecto sustitución (efecto salarios)	$-(1-a)g$		-0.12		-0.12
Efecto desplazamiento corregido			-0.47		-0.47
Innovación de proceso (decrecimiento del precio)	he	0.84		0.54	
Innovación de producto	l	1.89		1.42	
Efecto compensación (demanda)		2.73		1.96	
menos incremento coste (efecto salarios)	$-hag$		-0.16		-0.10
menos incremento precio (efecto margen)	$-hq$		-0.77		-0.49
Efecto compensación corregido			1.80		1.37
Efecto total (desplazamiento + compensación)		2.38	1.33	1.61	0.90

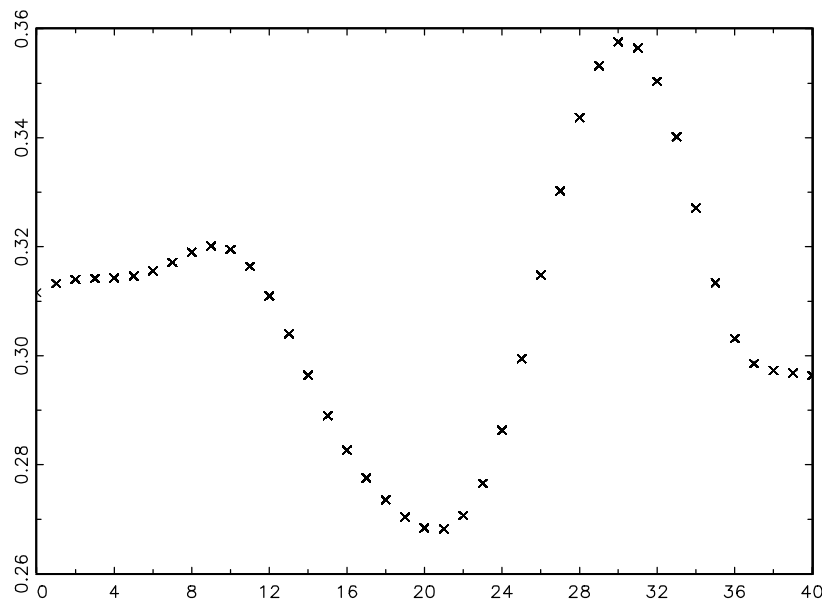
¹ Los efectos de largo plazo utilizan efectos capital y precio netos de efectos atribuidos a los competidores.

Figura 1
La probabilidad de innovación como función de la edad
(la función $q(t)$)¹

Panel a: Innovaciones de proceso

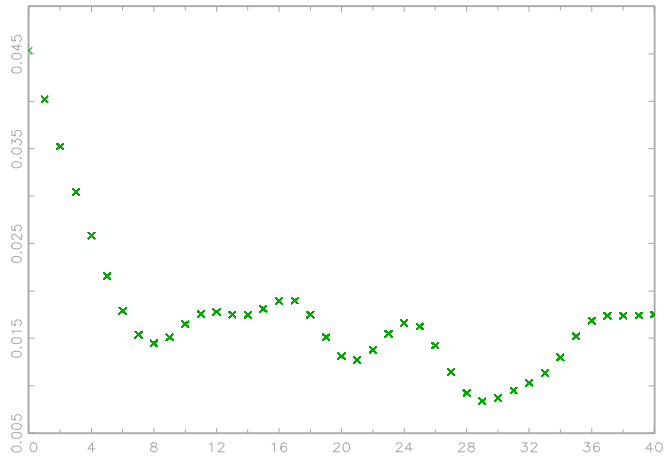


Panel b: Innovaciones de producto



¹ Valores de la función $q(t)$, estimada con técnicas semiparametricas, contra la edad en años.

Figura 2
El crecimiento de la productividad como función de la edad
(la función $a(\cdot)$)¹



¹ Valores del crecimiento de la productividad total de los factores (%) como función de la edad.