

PICOS DE INVERSIÓN Y PRODUCTIVIDAD DEL TRABAJO EN LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES MADRILEÑOS

ANA GOICOLEA
OMAR LICANDRO
REYES MAROTO
FEDEA

El presente trabajo pretende, a partir de la Encuesta Económica al Sector Industrial (EESI) elaborada por el Instituto de Estadística de la CAM, estudiar el comportamiento inversor de los establecimientos del sector industrial madrileño. De nuestro análisis se desprende que la actividad inversora no se produce de manera continuada, sino que está concentrada en determinados años. Los episodios de inversión cero o muy reducida son muy frecuentes, mientras que las inversiones altas son poco frecuentes pero cuantitativamente importantes. En segundo lugar, encontramos cierta evidencia de una actividad de reemplazo. Los resultados de la estimación de la función de azar indican que la probabilidad de encontrar un episodio de alta inversión, o pico de inversión, es creciente con el tiempo transcurrido desde el pico precedente. Finalmente, encontramos evidencia de que los picos de inversión afectan a la productividad del establecimiento.

Palabras clave: progreso técnico incorporado, inversión frecuente, reemplazo de maquinaria y equipos.

(JEL O24, D40)

1. Introducción

En los últimos años, se ha extendido la idea, entre los estudiosos del crecimiento, de que el *progreso técnico* está *incorporado*, al menos parcialmente, en las nuevas generaciones de capital físico. ¿Qué se entiende por progreso técnico incorporado? Cuando una innovación

Los autores agradecen los comentarios y sugerencias de Namkee Ahn y de dos evaluadores anónimos, que han ayudado a mejorar el artículo. Igualmente queremos agradecer al Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid la aportación de los datos necesarios para la realización de este trabajo, en particular, agradecemos la colaboración de Teresa Fernández

tecnológica requiere de nuevos equipos para su puesta en práctica, decimos que el progreso técnico está incorporado en el capital físico. Los ordenadores personales son un buen ejemplo: la aparición de los procesadores Intel Pentium aumentó la eficiencia de los nuevos ordenadores personales, sin que haya afectado a la productividad de los 486 que formaban parte del parque. Entre las características fundamentales del progreso técnico incorporado, cabe destacar, que éste requiere de la inversión en nuevos equipos y que, por consiguiente, no beneficia a las máquinas y equipos ya existentes. En ese sentido, la inversión es el vehículo a través del cual el progreso técnico se propaga.

La hipótesis de que el progreso técnico está incorporado en el capital físico se opone al supuesto neoclásico de que el capital es un bien homogéneo y que, por consiguiente, el progreso técnico afecta por igual a todas las generaciones de capital¹. Este cambio de perspectiva se debe, en buena medida, al trabajo de Gordon (1990). En su afán por medir correctamente la evolución del precio de los bienes duraderos en Estados Unidos, Gordon ha debido considerar las mejoras de calidad ocurridas en las últimas décadas. Hechas estas correcciones, Gordon concluye que la tasa de crecimiento de la inversión en maquinaria y equipos, durante el periodo 1947-1983, fue del 6,1% anual, un 2,9% superior a las estimaciones realizadas con datos de Cuentas Nacionales. Dicha diferencia se debe exclusivamente a mejoras en la calidad de los bienes de inversión, es decir, al progreso tecnológico incorporado en los nuevos equipos. Con posterioridad, Greenwood, Hercowitz y Kru-sell (1997) han estimado, a partir de un modelo de equilibrio general dinámico, que el progreso técnico incorporado en el capital físico, según las medidas de Gordon, es responsable de un 60% del crecimiento reciente del PNB americano. En la misma dirección apunta el trabajo

¹Los modelos de generación de capital con progreso técnico incorporado fueron estudiados en los años sesenta por Solow (1960) y Arrow (1962) entre otros. Por otra parte, el debate sobre el carácter incorporado o desincorporado del progreso técnico también se remonta a esos años. Denison (1964) defendió la idea de que el progreso técnico incorporado es empíricamente irrelevante, ya que no pudo encontrar evidencia de una relación inversa entre la edad media del capital y la tasa de crecimiento. Por su parte, Phelps (1962) argumentó que el progreso técnico incorporado carece de importancia teórica, en la medida que, en un modelo de crecimiento óptimo, la tasa de crecimiento de largo plazo es igual a la tasa exógena de progreso técnico, independientemente del carácter incorporado o no del progreso técnico. Las contribuciones empíricas a las que hacemos referencia en este trabajo, contradicen la evidencia presentada por Denison. Por otra parte, Boucekkine, del Río y Licandro (1999) destruyen el argumento teórico de Phelps, en el marco de un modelo de crecimiento endógeno.

de Bahk y Gort (1993). Estos autores encuentran que si la edad media del capital disminuye de un año, el valor agregado del establecimiento aumenta entre 2,5 y 3,5%. La edad media del capital influye directamente en la productividad de los establecimientos, pues equipos más modernos incorporan tecnologías más avanzadas.

Por otra parte, la existencia, cada vez más generalizada, de bases de datos con información detallada por establecimiento o por empresa, ha impulsado el estudio del comportamiento inversor de los establecimientos industriales. En primer lugar, cabe destacar el trabajo pionero de Doms y Dunne (1998), que abreviaremos como DD. Según estos autores, la inversión de los establecimientos industriales es, en general, *infrecuente*: más de la mitad de los establecimientos experimentan, en un único año, un ajuste del stock de capital superior al 37%, en tanto que el 80% de las observaciones corresponden a variaciones netas del capital inferiores al 10%. En un trabajo posterior, Cooper, Haltiwanger y Power (1995), que abreviaremos CHP, explotan la idea de inversión infrecuente, con el objeto de estudiar la secuencia temporal de episodios de alta inversión, también referidos en esta literatura como *picos de inversión*. Entre sus resultados destaca el siguiente: la probabilidad de un episodio de alta inversión es creciente con el tiempo transcurrido desde el episodio de alta inversión que le precede. En términos más técnicos, CHP han encontrado que la función de azar, que es la probabilidad de observar un pico de inversión en función de la antigüedad del pico anterior, es creciente².

El *modelo neoclásico* de inversión predice que, ante una perturbación positiva que afecte al flujo esperado de beneficios, un establecimiento industrial debería acumular más capital productivo, y que la intensidad de la inversión debería depender fundamentalmente de la intensidad de la perturbación, así como de la importancia de los costes de ajuste. Episodios de alta inversión se corresponden pues con períodos en los cuales el establecimiento se ve afectado por perturbaciones positivas e importantes. Si invertir conlleva elevados costes de ajuste, el proceso de inversión debería ser relativamente liso, sin mayores sobresaltos, lo cual está en clara contradicción con la observación de DD de un

²Una aplicación de esta metodología ha sido realizada por Nilsen y Schiantarelli (1998) sobre un panel no equilibrado de establecimientos noruegos del sector manufacturero. Al igual que los autores antes mencionados, Nilsen y Schiantarelli encuentran evidencia sobre la infrecuencia en el comportamiento inversor de los establecimientos industriales noruegos, así como sobre la existencia de funciones de azar con pendiente positiva.

patrón de inversión infrecuente. Si las perturbaciones fueran generadas por un proceso aleatorio serialmente incorrelado, la función de azar debería ser horizontal, en contradicción con la observación de CHP, de que la función de azar tiene pendiente positiva. Aún peor, si las perturbaciones estuvieran positivamente correlacionadas, la función de azar debería presentar una pendiente negativa. Ello se debe a que procesos positivamente correlacionados tienden a generar secuencias de perturbaciones del mismo signo, lo cual tendería a generar secuencias de periodos de alta o baja inversión. Los resultados de DD y de CHP ponen pues en serio entredicho al modelo neoclásico de inversión.

La observación de DD, de una actividad inversora infrecuente, es consistente con las *reglas Ss* de inversión. Si en un mundo incierto, la inversión es irreversible (si su valor de rescate es cero), sólo se invertirá si la perturbación aleatoria es suficientemente importante³. En consecuencia, existe un valor crítico de la perturbación, por debajo del cual no deberíamos observar actividad inversora alguna. Sin embargo, las reglas *Ss* no pueden, de por sí, generar funciones de azar con pendiente positiva: se invierte o no en función de la magnitud de la perturbación, pero no en función de la antigüedad del capital.

Finalmente, el modelo de generaciones de capital supone que el progreso técnico está incorporado exclusivamente en las nuevas generaciones de equipos. A medida que el tiempo pasa, los equipos se van alejando de la frontera de producción, razón por la cual aumenta la probabilidad de que sean reemplazados. Este tipo de modelo predice pues que la inversión es infrecuente y que la probabilidad de observar un pico de inversión debería ser creciente con el tiempo transcurrido desde el pico precedente. Por consiguiente, si bien las observaciones de DD son consistentes tanto con el modelo de generaciones de capital, como con las reglas de inversión del tipo *Ss*, las observaciones de CHP sólo lo son con el primero de ellos.

En este trabajo pretendemos estudiar el comportamiento inversor de los establecimientos industriales de la Comunidad de Madrid, teniendo como punto de referencia a los modelos de generaciones de capital, con progreso técnico incorporado. En primer lugar, y siguiendo el trabajo pionero de DD, estudiamos el carácter discontinuo de la inversión de los establecimientos industriales. En el intento de analizar esta cuestión nos enfrentamos con al menos dos problemas. El primero tiene

³Ver Bertola y Caballero (1990).

que ver con la definición de inversión. Dada la base de datos que disponemos, vamos a utilizar una definición relativamente amplia de inversión en maquinaria y equipos, en la que incluimos partidas tales como inversión en instalaciones técnicas completas, maquinaria y utillaje, y equipos para procesos de información. El segundo problema se refiere a la unidad de recolección de datos, el establecimiento, que puede estar operando al mismo tiempo diferentes tecnologías. Dado que el reemplazo de diferentes tipos de capital no tiene por que realizarse simultáneamente, una definición amplia de inversión y una unidad heterogénea de recolección de datos dificultan la observación de periodos de reemplazo, al poder estar solapándose reemplazos de tecnologías o bienes de capital diferentes.

En segundo lugar, utilizamos una metodología similar a la propuesta por CHP para contrastar la hipótesis de que la probabilidad de observar un reemplazo debería aumentar a medida que el capital existente envejece. Para llevar adelante este contraste, tenemos que estimar funciones de azar, las cuales miden la probabilidad de observar un pico de inversión como función del tiempo transcurrido desde el pico anterior. La principal dificultad que se nos plantea, además de los problemas de definición descritos en el punto anterior, se deriva de la corta duración del periodo muestral: disponemos de datos desde 1986 hasta 1996 inclusive. Para toda tecnología, cuya vida óptima del capital sea superior a los 10 años, no es posible observar reemplazo alguno. Además, disponemos de pocos establecimientos con más de siete observaciones consecutivas, y muy pocos de entre ellos presentan un pico de inversión en los primeros años. Por dicho motivo, es muy difícil estimar probabilidades de reemplazo para antigüedades de más de seis años.

Finalmente, nos proponemos contrastar la hipótesis de que los periodos de alta inversión, al incorporar maquinaria y equipos de las generaciones más modernas, deben afectar positivamente a la productividad de los factores. Sin embargo, la adopción de una tecnología más avanzada puede requerir un periodo de aprendizaje, razón por la cual, las mejoras de productividad pueden observarse con cierto retraso. Este último objetivo es innovador, aunque los resultados que obtenemos en este trabajo no son del todo satisfactorios.

La estructura del trabajo es la siguiente: en la sección 2 se describe el comportamiento infrecuente de la inversión en maquinaria y equipos de los establecimientos industriales madrileños. En la sección 3 se introducen tres definiciones de pico de inversión, se estiman las funciones

de azar correspondientes y se utilizan los picos de inversión observados para explicar cambios en la productividad del trabajo de los establecimientos industriales de la Comunidad de Madrid. Finalmente, en la sección 4 se presentan las conclusiones.

2. El comportamiento inversor de los establecimientos industriales

En general, el capital físico puede utilizarse en la producción de bienes industriales durante periodos relativamente prolongados, sin que su productividad se vea substancialmente modificada. Basta, para ello, con realizar una actividad sistemática de mantenimiento⁴. Sin embargo, y debido a la aparición de máquinas de nuevas generaciones, con un nivel de productividad cada vez mayor, las empresas deciden, luego de cierto tiempo, reemplazar las maquinarias más viejas. La pérdida de valor del capital físico, derivada del progreso técnico incorporado en las nuevas generaciones de maquinarias y equipos, se conoce como el fenómeno de la *obsolescencia tecnológica*⁵. En la medida que los diferentes componentes de los equipos industriales necesitan un cierto grado de complementariedad tecnológica, es de esperar que un establecimiento industrial tienda a concentrar la inversión en un cierto momento del tiempo, aún cuando el objetivo sea expandir la capacidad productiva. Por el mismo motivo, también tenderán a concentrar los reemplazos. Si ello fuera así, deberíamos observar que los establecimientos industriales invierten de manera discontinua, es decir, que tienden a concentrar sus inversiones en algunos años e invertir poco durante periodos relativamente prolongados. Los trabajos de Doms and Dunne (1998) y de Cooper, Haltiwanger y Power (1995), sobre datos por establecimiento del sector industrial americano, y el de Nilsen y Schiantarelli (1998) para establecimientos noruegos, encuentran evidencia clara de que el comportamiento inversor de estos establecimientos se caracteriza por períodos cortos de fuerte inversión, seguidos de períodos prolongados de baja inversión. Para el caso español no existe evidencia empírica al respecto, probablemente debido a la escasez de datos que sigan el proceso inversor de un gran número de establecimientos durante un período relativamente prolongado. En este trabajo, utilizamos la Encuesta Económica al Sector Industrial

⁴No obstante, las máquinas pueden sufrir siniestros que obliguen a su reparación, cuando no a su reemplazo.

⁵Con el paso de los años, puede que los costes de reparación y mantenimiento aumenten, llevando a la empresa a reemplazar el capital por razones físicas.

(EESI), elaborada por el Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid, con el objetivo de estudiar la discontinuidad de la inversión de los establecimientos industriales madrileños, y sus efectos sobre la evolución de la productividad⁶. Poder disponer de datos por establecimiento, en comparación a datos por empresa, nos permite trabajar a un nivel de desagregación mayor, en el cual, es más probable que exista una tecnología homogénea.

En este trabajo, la variable *inversión en maquinaria y equipos* incluye la inversión en instalaciones técnicas completas, en maquinaria y utillaje y en equipos para procesos de información. En la medida que nos interesamos en los procesos de reemplazo, parece conveniente no utilizar una definición más general de inversión, que incluya partidas tales como terrenos e inmuebles. Para este trabajo hemos retenido un panel no equilibrado de 5.939 establecimientos industriales, los que aparecen al menos una vez en el periodo 1986-1996. Una descripción detallada del panel se presenta en el Apéndice 1.

2.1 *La inversión es una actividad infrecuente*

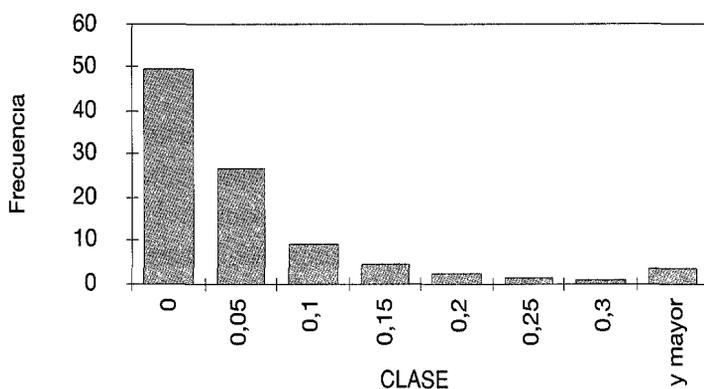
Para evaluar si los establecimientos industriales invierten de manera infrecuente, nos centramos en los hechos más destacables de la distribución de la tasa de inversión, definida como el cociente de la inversión en maquinaria y equipos sobre el valor agregado bruto (VAB) del establecimiento⁷. El Gráfico 1 presenta la distribución de dichas tasas de inversión sobre las 17.340 observaciones de nuestro panel no equilibrado. En un 50% de las observaciones, la inversión es igual a cero, en tanto que las observaciones con inversión muy reducida, menor que el 5% del VAB, representan el 77% del total. Por otra parte, la cola de la derecha indica que una fracción pequeña experimenta episodios de inversión muy elevados: el 3,6% de las observaciones tiene una tasa de

⁶Goicolea y Licandro (1998) utilizan esta misma base de datos en un trabajo en el que analizan las fuentes del progreso técnico de los establecimientos industriales madrileños. Los autores encuentran evidencia parcial de progreso técnico incorporado en el capital al comprobar que las nuevas unidades de capital físico son más productivas que las adquiridas anteriormente.

⁷El procedimiento estándar es considerar la tasa de inversión como el cociente de la inversión sobre el capital, pero en nuestro caso, al no disponer de datos de capital por establecimiento, definimos la tasa de inversión como el cociente de la inversión sobre el VAB. El VAB representa el valor nuevo creado, en el proceso productivo, por el establecimiento. Este ha sido medido como la diferencia entre el valor de la producción y los consumos intermedios a salida de fábrica y sin IVA.

inversión superior al 30%, y representa el 29,3% de la inversión total. Esta primera aproximación a los datos nos muestra claramente que la actividad inversora es infrecuente.

GRÁFICO 1
Tasa de inversión (panel no equilibrado)



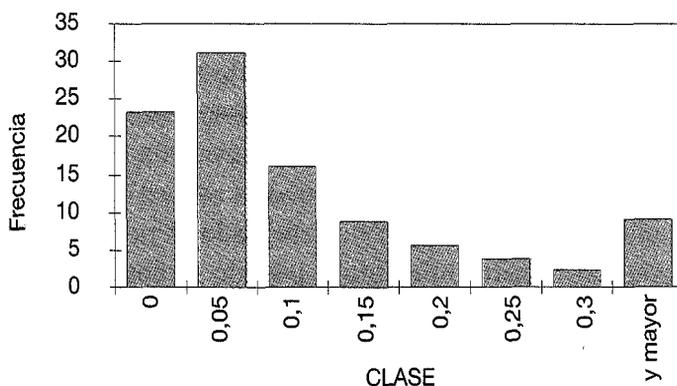
Si consideramos la inversión total del establecimiento⁸, su carácter discontinuo disminuye respecto a la inversión en maquinaria y equipos. Como se puede ver en el Gráfico 2 la frecuencia de inversiones nulas o negativas es igual al 23% de las observaciones, en tanto que el 54% de las observaciones presentan una tasa de inversión inferior al 5%. Además, hay un número reducido, pero cuantitativamente muy importante, de inversiones elevadas: el 9% de las observaciones tiene una tasa de inversión superior al 30%, y representan el 36,3% de la inversión total. Ello se debe a que estamos incluyendo otras partidas, tales como terrenos o inmuebles, cuyas reglas de reemplazo y ampliación no están perfectamente sincronizadas con las reglas de inversión en maquinaria y equipos. Por otra parte, es preciso tener en cuenta que la tasa de inversión total es, por definición, mayor que la tasa de inversión en maquinaria y equipos, por lo que los Gráficos 1 y 2 no son estrictamente comparables. Finalmente, cabe destacar que en la definición de inversión deducimos los ingresos por ventas de inmovilizado, dato no disponible para la inversión en maquinaria y equipos. Esto puede hacer que la tasa de inversión total sea negativa.

En el Cuadro 1 se presentan datos sobre la distribución de las tasas de inversión en maquinaria y equipos para establecimientos de diferente

⁸La inversión total incluye compras totales de inmovilizado material, grandes reparaciones, reparaciones corrientes y de conservación, subvenciones de capital, trabajos para el inmovilizado material; están deducidos los ingresos por ventas de inmovilizado material.

tamaño, medidos por el número medio de ocupados sobre el periodo de observación. Querríamos saber si la naturaleza infrecuente de la inversión difiere entre establecimientos pequeños y grandes. Se observa que, a medida que el tamaño del establecimiento crece, la frecuencia de la inversión cero disminuye. El 79% de las observaciones de los establecimientos con menos de 10 trabajadores, tienen una inversión nula, frente al 7,4% de las observaciones de los establecimientos de más de 100 empleados. No obstante, en todos los casos, la frecuencia de las observaciones con tasas de inversión inferiores al 5% es superior al 50%⁹. En este resultado influye el nivel de agregación tecnológico que cada establecimiento representa: los establecimientos pequeños corresponden, casi seguramente, a una única tecnología, en tanto que los establecimientos más grandes es probable que utilicen tecnologías diferentes. De ahí que los grandes, que utilizan tecnologías más diversas, realicen actividades de inversión con mayor frecuencia.

GRÁFICO 2
Tasa de inversión total (panel no equilibrado)



En resumen, hay una clara evidencia de actividad inversora infrecuente, en lo que respecta a maquinaria y equipos, en la industria de Madrid. La mitad de las observaciones corresponden a episodios de inactividad (inversión nula), en tanto que las tasas de inversión inferiores al 5% del VAB representan el 77% del total de observaciones, y suponen tan sólo un 14% de la inversión total en maquinaria y equipos. Por el contrario, el 3% de las observaciones tienen una tasa de inversión

⁹Sin embargo, podría estar ocurriendo que los establecimientos que más invierten crezcan a lo largo del periodo, por lo que la utilización del tamaño medio puede no ser adecuada. Para resolver esta cuestión hemos comparado el Cuadro 1 con los resultados de utilizar el tamaño del establecimiento al inicio del periodo. Los resultados son muy similares, lo que indica que una gran parte de los establecimientos, lleven o no a cabo inversiones en maquinaria, mantienen su plantilla relativamente estable.

superior al 30% del VAB, y representan el 29,3% de la inversión total en maquinaria y equipos.

CUADRO 1
Tasa de inversión en maquinaria y equipos (%) según el tamaño medio del establecimiento

Tasa de inversión (T.I.)	Tamaño (número de ocupados)					Total
	0-10	11-20	21-50	51-100	>100	
T.I. = 0	79.7	50.4	37.8	17.3	7.4	50.0
0<T.I.<=0.05	9.0	27.9	35.3	47.4	48.5	26.9
0.05<T.I.<=0.10	3.7	7.9	10.9	15.7	20.1	9.4
0.10<T.I.<=0.15	1.9	3.9	5.3	6.9	9.7	4.5
0.15<T.I.<=0.20	1.4	3.1	3.2	3.6	4.5	2.7
0.20<T.I.<=0.25	1.0	1.6	2.0	2.4	3.1	1.7
0.25<T.I.<=0.30	0.6	1.6	1.5	1.5	1.7	1.2
y mayor que 0.30	2.6	3.5	4.0	5.1	5.0	3.6
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

2.2 Episodios de alta inversión

Otra forma de analizar la discontinuidad del proceso de inversión consiste en ordenar, de menor a mayor, las observaciones de cada establecimiento según los niveles respectivos de inversión en maquinaria y equipos. Por simplicidad expositiva, vamos a reducir la muestra a los 95 establecimientos que aparecen durante todo el periodo 1986-1996 y tienen inversión positiva al menos 1 periodo (trabajamos pues con 1.045 observaciones). Cabe destacar que el tamaño medio de estos establecimientos es de 170 ocupados y un 70,5% de entre ellos tienen más de 50 trabajadores. Para cada establecimiento, el rango 1 corresponde a la inversión más baja, en tanto que el rango 11 corresponde a la inversión mayor. El Gráfico 3 muestra el peso, respecto a la inversión total en maquinaria y equipos, correspondiente a cada rango. El año de mayor inversión representa en promedio el 34% de la inversión acumulada del periodo, y es 1,7 veces superior a la inversión del segundo rango y 49 veces mayor que la del menor rango. Cabe destacar que en un 37% de los establecimientos, el rango 10 corresponde al año anterior o posterior al año de mayor inversión, una clara indicación de que los periodos de alta inversión, probablemente por razones contables, se superponen sobre más de un año. Normalmente una gran inversión requiere varios meses y, es posible que, parte de esta inversión esté registrada en años distintos. En el mismo sentido, en un 28,5% de los establecimientos, el rango 9 corresponde al año anterior o posterior al

año de mayor inversión. Por otra parte, como se observa en el Gráfico 3, la frecuencia de observaciones cero es decreciente a medida que aumenta el rango.

GRÁFICO 3
Inversión según rangos
(panel equilibrado, 1986-1996)

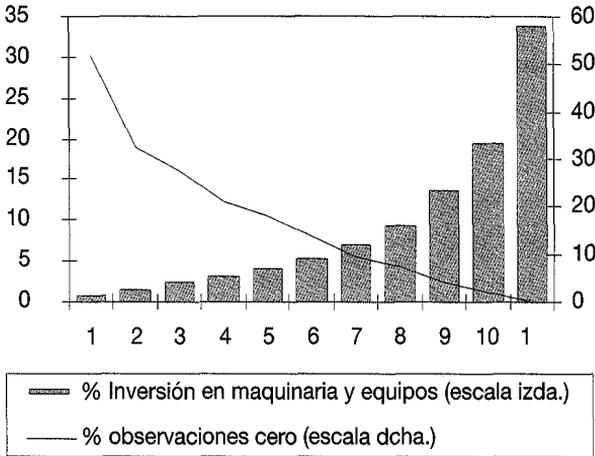
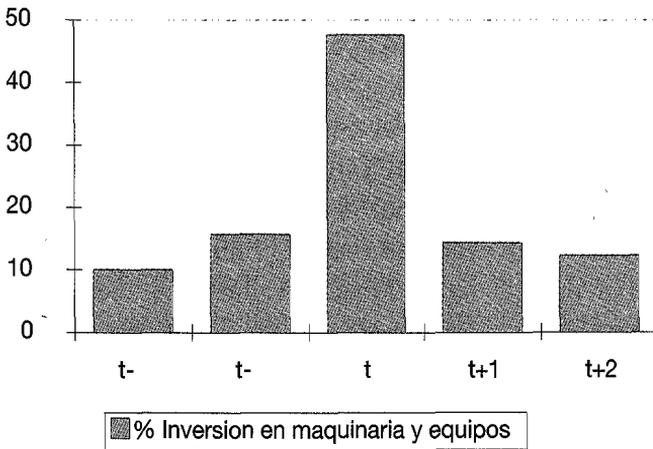


GRÁFICO 4
Evolución de la inversión en torno al año del pico



Para evaluar la importancia del año de mayor inversión, que denominamos *pico de inversión*, y conocer lo que ocurre los períodos anterior y posterior a éste, hemos ordenado las observaciones, centrándolas en el año del pico. Los resultados para la submuestra de establecimientos que declaran durante el periodo 1986-1996, y tienen un pico de inver-

sión entre 1988 y 1994 se presentan en el Gráfico 4¹⁰. En este gráfico, para poder tener en cada intervalo el mismo número de establecimientos, representamos solamente los dos años anteriores y posteriores al pico de inversión. Se puede observar que la inversión correspondiente al año del pico representa aproximadamente el 48% de la inversión realizada por los establecimientos durante esos cinco años. Nótese además, que la inversión de los años contiguos al pico es algo mayor que la inversión de los demás años; esto puede deberse a las cuestiones contables que mencionáramos anteriormente. Un patrón similar se observa para las submuestras con 10, 9 y 8 observaciones consecutivas.

Una segunda observación importante es que muchos establecimientos siguen invirtiendo fuera del pico; en concreto, el 82,4% de los establecimientos presentan inversiones estrictamente positivas en los dos años que preceden o siguen al pico. Si creemos que los picos de inversión se corresponden con años de expansión o reemplazo del capital físico, debemos también considerar que existe una parte del capital que se expande o reemplaza de forma continuada. Esta observación es más acentuada cuando distinguimos entre establecimientos grandes y pequeños, lo cual puede llevar a pensar que el componente de inversión frecuente se debe, al menos en parte, a un exceso de agregación, principalmente presente en los establecimientos de mayor dimensión. Los establecimientos más pequeños tienen un mayor componente de inversión infrecuente, que se pone de manifiesto si comparamos la inversión en el año del pico con los años anteriores y posteriores. Como podemos observar en el Gráfico 5, para establecimientos con menos de 100 empleados, que representan el 49,5% del total de establecimientos, el 54,5% de la inversión se realiza el año del pico, frente al 47% que se observa para el resto de establecimientos, siendo este último porcentaje similar al de la muestra total, donde tienen más peso los establecimientos grandes.

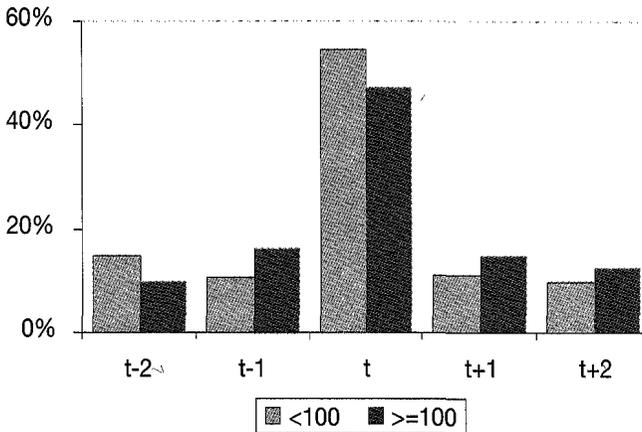
De lo dicho anteriormente, podemos sacar dos conclusiones. En primer lugar, se observa que los establecimientos industriales tienden a concentrar la inversión en torno a un año, que hemos denominado pico de inversión. En segundo lugar, también observamos que los establecimientos, especialmente aquellos de mayor tamaño, tienden a invertir en años distintos al año de pico. Esta actividad inversora permanente puede corresponder a reemplazos debidos a siniestros, a una expansión menor de la capacidad instalada, a tecnologías que admiten reemplazos

¹⁰Esta submuestra es la misma que la utilizada en el Gráfico 3.

fraccionados —como por ejemplo, el sistema informático—, o a reemplazos correspondientes a diferentes tecnologías.

GRÁFICO 5

Distribución de la inversión de los establecimientos según el tamaño

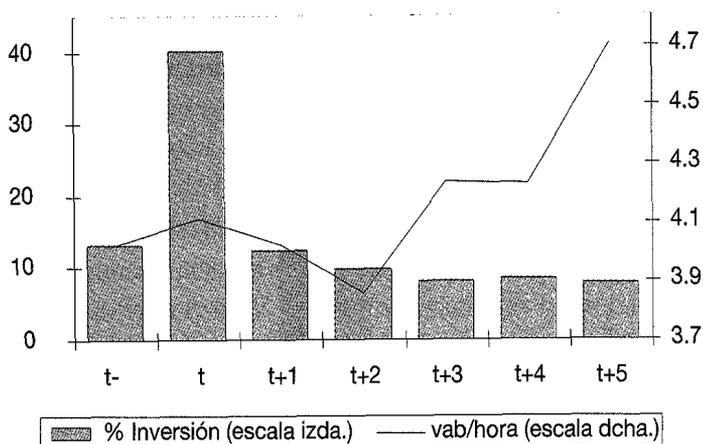


2.3 Efectos de los picos de inversión sobre la productividad

Si los picos de inversión se corresponden con la adopción de una nueva tecnología, deberíamos observar que el año del pico modifica de forma drástica la evolución de la productividad del establecimiento. Claro que no basta con comprar equipos más modernos para aumentar la productividad del trabajo, es necesario que la mano de obra se adapte a la nueva tecnología, y parte de los costes de adopción pueden corresponderse con una pérdida inicial de productividad. En ese sentido, el Gráfico 6 es muy ilustrativo¹¹: en los dos años posteriores al pico de inversión se observa un descenso en la productividad, las ganancias de productividad se obtienen a partir del tercer año. En consecuencia, el proceso de aprendizaje asociado a la adopción de una nueva tecnología parece lento. Nótese, que la inversión correspondiente al pico representa un 40% de la inversión total del periodo, con un patrón levemente decreciente para los años posteriores (5 años después del pico, el establecimiento apenas invierte un 7% cada año).

¹¹ En este gráfico presentamos los datos correspondientes a una muestra de 101 establecimientos con picos de inversión entre 1987 y 1991, para los cuales podemos observar la evolución de la productividad hasta 5 años después del pico. El patrón de comportamiento de la productividad es similar, cuando consideramos otras muestras (233 establecimientos con picos entre 1986 y 1992).

GRÁFICO 6
Establecimientos con pico de inversión en el período 1987-91



3. Picos de inversión

En esta sección, pretendemos construir una definición de pico de inversión que nos permita estudiar la frecuencia con la que un establecimiento repite episodios de alta inversión, así como estudiar los efectos de los picos de inversión sobre la productividad del establecimiento. Por dicho motivo, vamos a reducir la muestra a los 1.817 establecimientos que aparecen al menos 4 años consecutivos. En el Apéndice 2 se describe con más detalle las características de esta submuestra.

3.1 Una definición más precisa de los picos de inversión

La definición de pico de inversión, propuesta en la sección precedente, puede que no sea la más apropiada, por al menos dos motivos. En primer lugar, por definición, todos los establecimientos presentan un pico en el año de mayor inversión, aunque la cuantía de ésta pueda ser muy pequeña. Sin embargo, es muy probable que no todos los establecimientos experimenten un episodio de alta inversión durante el período analizado, especialmente aquellos para los que observamos un número reducido de años. Por otra parte, la definición adoptada tampoco permite identificar establecimientos que experimenten más de un pico de inversión. Por este motivo, proponemos tres definiciones alternativas:

Pico relativo: La inversión del año debe ser igual o mayor a 2.5 veces la mediana de la inversión del establecimiento durante el período en que

le observamos. Esta definición presenta el siguiente problema: puede que la mediana sea un año de inversión nula, en cuyo caso un año de inversión positiva, aunque ésta pueda ser muy pequeña, se considera un pico.

Pico absoluto: La inversión en maquinaria es superior al 20% del capital del establecimiento. Dado que no disponemos de datos sobre capital, más adelante vamos a transformar esta definición en términos de la tasa de inversión (inversión sobre VAB).

Pico: Ambas definiciones se deben satisfacer simultáneamente.

Estas definiciones fijan un umbral, superado el cual consideramos que el establecimiento ha pasado por un episodio de alta inversión. Definiciones similares de pico relativo y absoluto fueron previamente utilizadas en el trabajo de Cooper, Haltiwanger y Power (1997). Como no disponemos de información sobre el capital de cada establecimiento, hemos adaptado la definición de pico absoluto, utilizando la igualdad entre el coste de uso y la productividad marginal del capital, lo que nos permite obtener la siguiente expresión:

$$\frac{I_{it}}{VAB_i} > \frac{0,2}{r}(1 - \alpha_i),$$

donde r es el coste de uso del capital de la industria madrileña, α es la parte salarial media del establecimiento, I es su inversión en cada periodo y VAB su valor agregado bruto promedio. Esta transformación tiene dos problemas. Por una parte, debido a que el mercado de crédito es imperfecto, los establecimientos tienen diferentes costes de uso del capital, y en nuestro caso lo hemos considerado homogéneo. Por otra parte, $1 - \alpha_i$ es una medida imperfecta de la elasticidad del capital en la función de producción del establecimiento. Debido a que la definición de pico absoluto es aproximada, hemos considerado conveniente incluir una categoría adicional que combine las dos anteriores, a la que denominamos simplemente "pico".

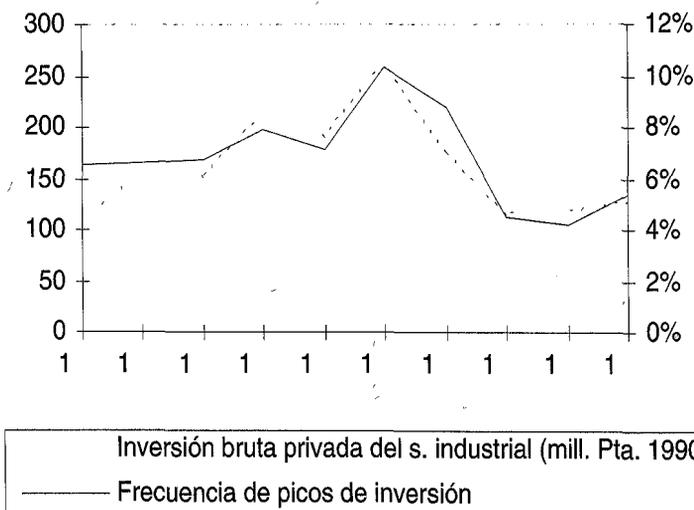
Cuando aplicamos estas definiciones a nuestra submuestra de establecimientos, es decir, aquellos que aparecen al menos cuatro años consecutivos, encontramos que la mayoría no experimenta ningún pico de inversión. En particular, el 42,7% de los establecimientos no tienen pico de inversión si utilizamos la definición de pico relativo, porcentaje que aumenta al 62,2% y al 70,4% si utilizamos las otras definiciones. Si analizamos los establecimientos con al menos un pico, encontramos un predominio de establecimientos con un único pico (el 55,5% para

la definición de pico relativo, 45,12% para pico absoluto y 69,8% para pico); en los tres casos más del 20% de los establecimientos tienen dos picos. Además, el número de picos por establecimiento varía según la definición utilizada: para la definición de pico relativo, encontramos 4 establecimientos con 5 picos; para la definición de pico absoluto, tenemos 1 establecimiento con 10 picos; y para la definición de pico, tenemos 3 con 4 picos.

CUADRO 2
Frecuencia de los picos de inversión (%)

Año	Pico relativo	Pico absoluto	Pico
1986	14.52	12.69	6.51
1987	14.05	13.49	6.68
1988	15.80	12.95	6.74
1989	16.20	15.34	7.94
1990	16.10	12.28	7.12
1991	25.29	17.62	10.34
1992	19.34	16.52	8.78
1993	12.07	12.44	4.52
1994	11.81	11.27	4.20
1995	12.52	13.12	5.37
1996	14.48	13.54	7.08
Media	15.65	13.75	6.84

GRÁFICO 7
Inversión del sector industrial madrileño y
frecuencia de los picos de inversión



También tiene interés analizar la relación entre un episodio de alta inversión y el año en que se produce. Para ello vamos a utilizar el concepto de frecuencia de un pico, definido como el cociente entre el número de picos observados y el total de observaciones. Como puede

verse en el Cuadro 2, las tres medidas de pico propuestas presentan una frecuencia máxima en 1991, en tanto que, los años 1989 y 1992 se encuentran por encima de la media. La correlación entre la frecuencia de un pico y la serie de inversión total del sector industrial de la Comunidad de Madrid¹² es de 87, 80 y 88 por ciento para las medidas de pico relativo, absoluto y pico, respectivamente. Ello es una clara evidencia de un comportamiento procíclico de los picos de inversión: tanto los reemplazos como las expansiones de la capacidad instalada tienden a concentrarse en los años de bonanza económica. En el Gráfico 7 se presenta la evolución de la inversión del sector industrial y de la frecuencia de los picos para la definición de "pico".

3.2 Periodicidad de los picos de inversión

En esta sección, pretendemos estudiar la periodicidad de los picos de inversión, mediante la estimación de funciones de azar, con el objetivo de contrastar la hipótesis de que el capital tiene la estructura del modelo de generaciones. Como decíamos anteriormente, una función de azar mide la probabilidad de que se produzca un pico de inversión en función de la antigüedad del pico precedente. Tal como argumentan Cooper, Haltiwanger y Power (1995), si un pico de inversión representa un periodo de reemplazo de maquinaria o equipos, esperaríamos que la función de azar tenga una pendiente positiva.

Es preciso decir que, tanto la definición de pico de inversión, como la fijación de los umbrales, son arbitrarias. Si fijamos un umbral bajo, muchos de los picos podrían no representar un episodio de alta inversión, mientras que la selección de un umbral demasiado alto implicaría que algunos de estos episodios podrían no ser captados como un pico de inversión. Las dos situaciones pueden tener implicaciones importantes en la pendiente de la función de azar. En el primer caso, estamos aumentando la probabilidad de encontrar picos relativamente próximos, y reduciendo la probabilidad de que estén relativamente alejados, lo cual puede favorecer la situación de una pendiente negativa. En el segundo caso, reducimos la probabilidad de encontrar un segundo pico, lo cual puede generar, en el límite, una función de azar con probabilidad cero para todas las antigüedades¹³.

¹²Utilizamos los datos de inversión privada del sector industrial de la Comunidad de Madrid elaborados por el IVIE y publicados por la Fundación BBV, para el período 1986-1995.

¹³En el Apéndice 3 hacemos un análisis de sensibilidad de la función de azar utili-

Función de azar empírica

Comenzamos el estudio de la periodicidad de los picos de inversión analizando la función de azar empírica. Con este objetivo, para cada definición de pico descrita en el apartado anterior, organizamos la información de la manera siguiente:

1. Seleccionamos exclusivamente aquellos establecimientos que presentan al menos un pico de inversión y conservamos las observaciones posteriores al primer pico.
2. Para cada establecimiento, construimos una variable que denominamos antigüedad del pico, que denotamos t y que representa el número de años transcurridos desde el pico inmediatamente anterior. Esta variable toma valores entre 1 y 10, donde, por ejemplo, $t = 1$ representa el año posterior al pico, $t = 2$ dos años posteriores, etc.¹⁴ Cuando un establecimiento presenta más de un pico, tenemos antigüedades repetidas. Si por ejemplo un establecimiento tiene dos picos, las antigüedades de los años posteriores al primer y al segundo pico son ambas uno; luego el establecimiento tiene dos antigüedades iguales a 1.
3. Para aquellos establecimientos en los que observamos más de un pico, denotamos T a una variable aleatoria que representa la duración en el tiempo desde el momento que se produce un pico hasta que se produce el siguiente. Por lo tanto T es el tiempo transcurrido entre dos picos sucesivos. En el caso en que la última observación del establecimiento no sea un pico, esta variable no está definida y la tratamos como una duración censurada. Estas observaciones también son útiles para la estimación de la función de azar, porque para esas antigüedades sabemos que aún no se ha producido otro pico. En términos de los modelos de generaciones, T representa la vida útil del capital o período de reemplazo, a la que nos referiremos como *vida del pico*.

Hechas estas precisiones, la función de azar se define a partir de las zando diferentes umbrales.

¹⁴Con nuestra base de datos, sólo podemos seguir la inversión de los establecimientos durante un período máximo de 11 años, por lo que la máxima antigüedad que podemos encontrar, después de que se produzca un pico, es de 10 años. El corto período de tiempo al que hace referencia la muestra puede representar un sesgo importante si el tiempo transcurrido entre dos picos es con frecuencia mayor de 10 años, ya que estamos excluyendo aquellos establecimientos que no registran picos en el período muestral analizado.

probabilidades siguientes:

$$P(t) = \Pr [T = t/T \geq t] = \frac{F(t) - F(t-1)}{1 - F(t)},$$

donde $P(t)$ representa la probabilidad de que se observe un segundo pico después de transcurridos t años desde la realización del primero ($T = t$), condicionada a que el segundo pico no se haya producido antes de la antigüedad $t(T \geq t)$. $F(t)$ es la función de distribución acumulada asociada a este problema y se define como $F(t) = Pr(T \leq t)$.

La función de azar empírica, para cada antigüedad, se calcula dividiendo el número de observaciones que tienen pico entre la población superviviente. Esta última se obtiene restando, antigüedad por antigüedad, al número de observaciones, aquellas que desaparecen de la muestra, bien porque no disponemos de más información, bien porque hayan tenido un pico con una antigüedad menor. Obviamente, la población superviviente disminuye a medida que aumenta la antigüedad.

CUADRO 3
Número de observaciones según antigüedades y picos

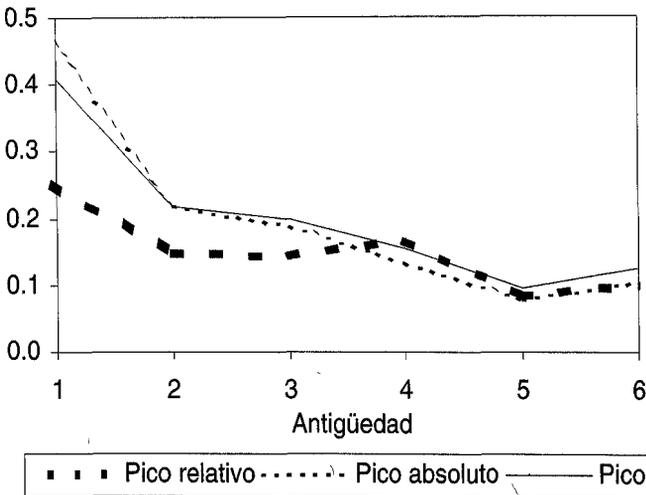
Antigüedad	Pico Relativo			Pico Absoluto			Pico		
	No Pico	Pico	Super- vientes	No pico	Pico	Super- vientes	No pico	Pico	Super- vientes
1	1097	367	1464	694	594	1288	522	109	631
2	793	138	931	462	127	589	413	39	452
3	533	88	621	298	68	366	310	30	340
4	300	60	360	186	28	214	212	15	227
5	164	15	179	108	9	117	127	6	133
6	72	8	80	52	6	58	64	6	70
7	42	1	43	33	0	33	38	0	38
8	24	3	27	25	0	25	27	1	28
9	14	2	16	15	2	17	15	2	17
10	6	0	6	4	0	4	4	0	4
Total									
Observaciones	3045	682	3727	1877	834	2711	1732	208	1940

Antes de comentar los resultados, es necesario apuntar que, dada la estructura de nuestra base de datos, en la que el 78% de los establecimientos permanecen en la muestra durante menos de 8 años consecutivos, tenemos antigüedades muy cortas y, por consiguiente, éstas tienen un peso mayor en el cálculo de la función de azar. El Cuadro 3 presenta, para cada antigüedad y para las tres definiciones de pico de inversión, el número de observaciones que experimentan o no un pico, así como la población superviviente. Como se puede ver, el número

de observaciones, para antigüedades superiores a cinco años, es muy pequeño, sea cual sea la definición de pico que utilizemos.

Como podemos observar en el Gráfico 8, encontramos una elevada probabilidad de que se produzca un segundo pico en el año inmediatamente posterior al primero, sobre todo con las definiciones de pico absoluto y pico. Esto puede ser debido a que, normalmente, los periodos de fuerte inversión se prolongan durante varios meses, que pueden corresponder a dos ejercicios contables, por lo que en realidad podemos estar observando sólo un pico de inversión dividido en dos años consecutivos. Para antigüedades superiores, la probabilidad disminuye fuertemente y sólo comienza a recuperarse a partir de la antigüedad sexta. Estos resultados son contrarios a los esperados, ya que según la hipótesis de partida deberíamos encontrar una pendiente positiva. Los resultados de la función de azar empírica, obtenidos por Cooper Haltiwanger y Power (1995), presentan el mismo problema. Según estos autores, la función de azar empírica no parece ser la mejor especificación para la función de azar, dado que no controla por la posible existencia de heterogeneidad entre los establecimientos de la muestra. En un trabajo anterior (Goicolea, Licandro y Maroto, 1999) hemos podido comprobar que la heterogeneidad es elevada.

GRÁFICO 8
Función de azar empírica



Estimación Logit con efectos fijos

Por los motivos expuestos en la sección precedente, y siguiendo a CHP, proponemos la siguiente especificación alternativa de la función de

azar:

$$P_{it} = \Pr(y_{it} = 1/x_{it}) = F \left(\alpha_i + \lambda_t + \beta\pi_{it} + \sum_s \gamma^s D_{it}^s \right),$$

donde y_{it} es la variable dependiente, que toma el valor 1 si en el año t se produce un pico y 0 si no, α_i es el efecto individual correspondiente al establecimiento i , λ_t representa el parámetro asociado a la variable ficticia temporal para el año t , y $x_{it} = (\pi_{it}, \{D_{it}^s\}_{s=1\dots 10})$ es el vector de variables explicativas, donde π_{it} es una variable discreta que toma el valor 1 si el establecimiento presenta un beneficio positivo en t y 0 si no¹⁵, y D_{it}^s es una variable ficticia que toma el valor 1 si el intervalo de tiempo transcurrido desde el último pico es $s \in \{1, 2, 3, \dots, 10\}$. F es una función de distribución logística.

CUADRO 4
Función de azar empírica

Antigüedad	Pico relativo	Pico absoluto	Pico
1	0.251	0.461	0.173
2	0.148	0.216	0.086
3	0.142	0.186	0.088
4	0.167	0.131	0.066
5	0.084	0.077	0.045
6	0.100	0.103	0.086
7	0.023	0*	0*
8	0.111	0*	0.036
9	0.125	0.118	0.118

*No existen observaciones.

La técnica de estimación, de los parámetros de esta función, es la maximización de la función de verosimilitud. Esta técnica está recogida en varios trabajos, como por ejemplo en Bover, Arellano y Bentolila (1997), quienes la aplican al estudio de las tasas de salida del desempleo, en un modelo de duración. Podemos definir la función de verosimilitud como:

$$\text{Log}L(\vartheta) = \sum_i \sum_t (y_{it} \log P_{it} + (1 - y_{it}) \log(1 - P_{it})).$$

En la especificación de la función de azar sólo consideramos antigüedades inferiores a seis años, debido a que la muestra deja de ser representativa para antigüedades superiores (aproximadamente el 95% de

¹⁵La base de datos no ofrece información sobre los beneficios de la empresa; por ello hemos utilizado como proxy de dicha variable a “beneficios del establecimiento”, calculados como la diferencia entre el VAB y los costes de personal.

las observaciones con pico de inversión tienen antigüedad inferior a 6 años). El Cuadro 5 presenta los coeficientes estimados de la función de azar. Los coeficientes estimados γ^s son crecientes con la antigüedad del pico, por lo cual la probabilidad de que se produzca un pico de inversión aumenta a medida que aumenta la antigüedad del pico precedente. En consecuencia, estas estimaciones son una clara evidencia de que la probabilidad de reemplazo es mayor a medida que transcurre el tiempo desde el último reemplazo¹⁶.

CUADRO 5
Estimación LOGIT con efectos fijos

Antigüedad	Pico relativo	Pico absoluto	Pico
γ^1	-2.68* (0.42)	-1.95* (0.54)	-3.68* (0.73)
γ^2	-2.41* (0.40)	-1.93* (0.54)	-3.34* (0.66)
γ^3	-1.67* (0.38)	-1.36* (0.53)	-2.37* (0.59)
γ^4	-0.88* (0.37)	-1.05 (0.54)	-1.79* (0.56)
γ^5	-0.90* (0.42)	-0.98 (0.60)	-1.51* (0.60)
Beneficios (π)	0.37* (0.18)	0.44* (0.17)	0.26 (0.27)
Pseudo R ²	0.116	0.062	0.154
$\chi^2_{\text{año}} (9)$	132.17	53.76	51.26
Nº observaciones	2238	1606	821
Nº establecimientos	432	314	152

Nota: La tabla proporciona los coeficientes estimados.

*Significativo al 5% Desviación típica entre paréntesis.

En la estimación de la función de azar, Cooper, Haltiwanger y Power (1997) y Nilsen y Schiantarelli (1998) introducen variables ficticias temporales y encuentran que la probabilidad de un pico de inversión aumenta significativamente en periodos de alta actividad económica y disminuye en etapas de recesión. En nuestro caso, observamos que las variables ficticias temporales son conjuntamente significativas, como indica el valor de la χ^2 que se presenta en el Cuadro 5; sin embargo, no observamos el efecto esperado de estas variables sobre las decisiones de inversión de los establecimientos. A diferencia de estos autores, para captar la influencia del ciclo introducimos una variable ficticia que representa la existencia de beneficios o pérdidas del establecimiento durante el ejercicio. El coeficiente estimado de esta variable es positivo y significativo (salvo en la definición "pico") lo que indica que la probabilidad de tener un pico de inversión es mayor en establecimientos que se encuentran en una buena situación económica. Como

¹⁶En el Apéndice 3 se muestra que este resultado no depende de los valores particulares fijados para los umbrales. Con la fijación de umbrales más y menos estrictos seguimos observando una pendiente positiva de la función de azar.

la proporción de establecimientos con beneficios positivos es procíclica, esta variable está captando el efecto esperado del ciclo económico sobre la función de azar.

Picos de inversión y productividad

En esta sección, queremos analizar el efecto de los picos de inversión sobre la productividad. Si la adopción de nuevas tecnologías requiere de la inversión, deberíamos observar que las mejoras de productividad deben, en buena medida, estar determinadas por los picos de inversión. Para contrastar esta hipótesis, proponemos un método consistente en estimar los determinantes de la productividad del trabajo, y utilizar la antigüedad del pico de inversión como variable explicativa. Esperamos que un pico de inversión incida positivamente en la productividad del establecimiento, aunque esto pueda ocurrir con cierto retraso, debido a que el uso eficiente de las nuevas tecnologías puede requerir un proceso de aprendizaje. Esto es al menos lo que observábamos en el Gráfico 6, aunque en esa ocasión empleábamos una definición de pico de inversión menos precisa y no controlábamos por los efectos fijos de los establecimientos. El método propuesto consiste en estimar la siguiente especificación:

$$q_{it} = \alpha_i + \lambda_t + \sum_{s=-10}^{s=10} \gamma^s D_{it}^s + \eta\pi_{it} + \varepsilon_{it},$$

donde q_{it} es la productividad media del trabajo del establecimiento, medida como el cociente del VAB y las horas trabajadas, α_i es el efecto individual correspondiente al establecimiento i , λ_t representa el parámetro asociado a la variable ficticia temporal para el año t , $\{D_{it}^s\}$ es una serie de variables ficticias construidas a partir de la distancia entre el año t y el año del pico (observamos hasta 10 años antes del pico y 10 después) y π_{it} es una variable ficticia que toma valor 1 si la empresa tiene beneficios y 0 si no. Controlamos por la presencia de un efecto individual por establecimiento α_i , siguiendo la metodología presentada por Arellano y Bover (1990).

Bajo el supuesto de que el modelo está correctamente especificado, el resultado del test de Hausman nos permite rechazar la hipótesis de que los coeficientes asociados al modelo de efectos fijos y los asociados al modelo de efectos aleatorios son los mismos, por lo que elegimos el modelo de efectos fijos o intra-grupos.

CUADRO 6
Estimación de la productividad con efectos fijos

	Pico relativo	Pico absoluto	Pico
Beneficios (π)	0.460 *(0.02)	0.434* (0.02)	0.449* (0.02)
Pico(-4)	0.120* (0.03)	0.116* (0.04)	0.106* (0.03)
Pico(-3)	0.183* (0.03)	0.154* (0.03)	0.152* (0.03)
Pico(-2)	0.223* (0.03)	0.212* (0.03)	0.215* (0.03)
Pico(-1)	0.270* (0.03)	0.248* (0.03)	0.258* (0.03)
Pico	0.302* (0.03)	0.289* (0.03)	0.319* (0.03)
Pico(+1)	0.316* (0.03)	0.306* (0.03)	0.332* (0.03)
Pico(+2)	0.294* (0.03)	0.313* (0.03)	0.325* (0.03)
Pico(+3)	0.367* (0.03)	0.345* (0.04)	0.381* (0.03)
Pico(+4)	0.382* (0.03)	0.347* (0.04)	0.400* (0.04)
Pico(+5)	0.420* (0.04)	0.395* (0.04)	0.455* (0.04)
Pico(+6)	0.449* (0.06)	0.461* (0.05)	0.496* (0.05)
Pico(+7)	0.582* (0.07)	0.591* (0.06)	0.650* (0.06)
Pico(+8)	0.700* (0.08)	0.516* (0.07)	0.594* (0.07)
Pico(+9)	0.518* (0.09)	0.457* (0.08)	0.497* (0.08)
Pico(+10)	0.534* (0.13)	0.483* (0.14)	0.654* (0.15)
Constante	-0.032 (0.03)	-0.029 (0.03)	-0.024 (0.03)
R^2	0.185	0.222	0.236
Test de Hausman	46.14	48.85	77.34
N.º de observaciones	3338	1943	2389
N.º establecimientos	577	310	375

* Significativo al 5%. Desviación típica entre paréntesis

Para realizar esta estimación hemos seleccionado establecimientos con un único pico de inversión, que representan más del 50% de la muestra. De esta forma, podemos ver la evolución de la productividad del establecimiento, antes y después del pico, y observar más claramente el efecto del pico de inversión sobre la productividad. Los resultados de la estimación con efectos fijos se presentan en el Cuadro 6. En el Gráfico 9 representamos los coeficientes estimados correspondientes a la definición de pico, de la que se pueden extraer las siguientes observaciones¹⁷:

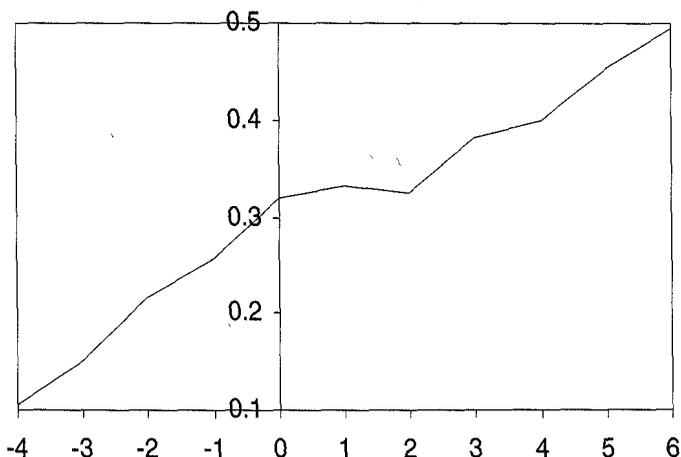
1. La productividad media de los establecimientos es creciente hasta el año del pico.
2. En los dos años posteriores al pico las ganancias de productividad se frenan.
3. Con posterioridad, se observa una cierta recuperación de las tasas de crecimiento de la productividad.

¹⁷ En el Apéndice 3 se presentan los resultados de esta estimación utilizando diferentes umbrales en la definición de "pico". En todos los casos, el pico afecta de forma positiva al nivel de productividad del establecimiento. También observamos que las ganancias de productividad se aceleran una vez transcurridos varios períodos después del pico; el número de períodos varía según del umbral que utilizemos.

Los modelos de cosechas de capital pueden ayudarnos a leer estos resultados. El crecimiento de la productividad media, en años anteriores al pico, puede interpretarse como un indicador de que parte de las mejoras tecnológicas no están necesariamente asociadas a la existencia de picos de inversión y pueden deberse a la existencia de progreso técnico no incorporado, a ganancias de productividad debidas al componente frecuente de la inversión o a ganancias de aprendizaje correspondientes a la tecnología adoptada en el pico precedente. Los establecimientos, anticipándose a la obsolescencia de sus equipos, los reemplazan antes de que se produzca una disminución de la tasa de crecimiento de la productividad media. La ralentización observada de las ganancias de productividad en los primeros años posteriores al pico, se pueden interpretar en términos de aprendizaje.

GRÁFICO 9

Estimación del efecto del pico de inversión sobre la productividad
(definición de pico)



4. Conclusiones y extensiones

En este trabajo encontramos una clara evidencia de que la actividad inversora, de los establecimientos industriales madrileños, no se produce de manera continuada, sino que está concentrada en determinados años. Los episodios de inversión cero o muy reducida son muy frecuentes, mientras que las inversiones altas son poco frecuentes pero cuantitativamente muy importantes. Tan sólo el 3,6 por ciento de las observaciones de nuestra muestra tienen una tasa de inversión en maquinaria y equipos superior al 30 por ciento, y sin embargo, representan más del 29 por ciento de la inversión en maquinaria y equipos producida durante el período considerado. Si analizamos la inversión

total, en lugar de la inversión en maquinaria y equipos, observamos que disminuye la frecuencia de inversiones cero y reducidas. Por lo tanto, la agregación de los distintos tipos de inversión, lleva a infravalorar la naturaleza infrecuente de la inversión, aunque siguen predominando los períodos de baja inversión, así como su carácter discontinuo. La frecuencia de las inversiones cero depende del tamaño de los establecimientos. En particular, los establecimientos pequeños tienen una incidencia mucho mayor de inversiones nulas. Esto puede ser debido a que los establecimientos grandes son el agregado de un mayor número de tecnologías y, por lo tanto, tienen una mayor probabilidad, que los pequeños, de experimentar inversiones positivas todos los años.

Por otra parte, también encontramos cierta evidencia sobre la existencia de progreso técnico incorporado en las nuevas generaciones de capital. En primer lugar, y según nuestra estimación, a medida que el tiempo pasa, desde el último reemplazo o pico de inversión, la probabilidad de experimentar un nuevo pico aumenta. Los resultados de la estimación de la función de azar, controlando por el efecto fijo de los establecimientos, indican que la probabilidad de encontrar un pico de inversión es creciente con el tiempo transcurrido desde el pico precedente. Una función de azar con pendiente positiva es consistente con la existencia de progreso técnico incorporado en el capital, pues el paso del tiempo aumenta la probabilidad de que las antiguas máquinas se vuelvan obsoletas, por la aparición de otras cada vez más eficientes. En segundo lugar, estudiamos los efectos de los picos de inversión sobre la productividad del trabajo. Si un pico se corresponde con la introducción de una tecnología más eficiente, deberíamos observar que la productividad aumenta en los años posteriores al pico. Según nuestra estimación, el crecimiento de la productividad se frena en los dos primeros años posteriores al pico, probablemente porque la adopción de la nueva tecnología requiere de un cierto periodo de aprendizaje. Sin embargo, las ganancias de productividad estimadas para los años siguientes no parecen ser mayores a los que se observan con anterioridad al pico.

Apéndices

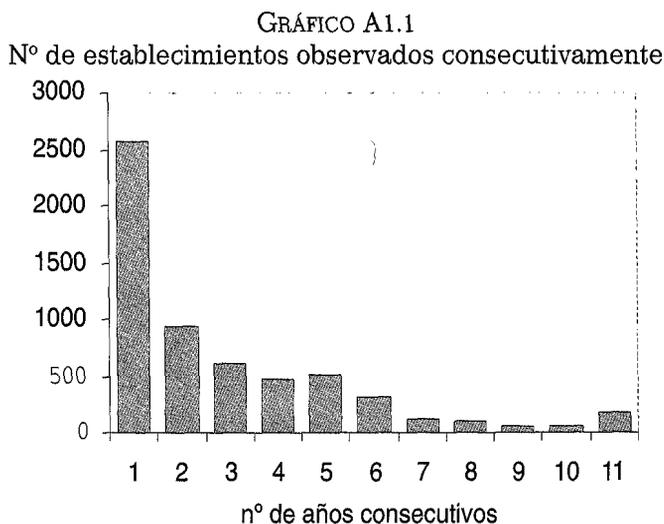
Apéndice A1: Submuestra de la sección 2

Este trabajo se realiza con datos de la Encuesta Económica al Sector Industrial (EESI) elaborada por el Instituto de Estadística de la CAM. Se trata de una encuesta realizada a nivel de establecimientos industriales y que comienza en 1986, siendo 1996 el último año disponible. Las Cuentas al Sector

Industrial de la Comunidad de Madrid recogen los resultados de la elevación de los datos cuantitativos de dicha Encuesta para el total de la industria y para 13 ramas de actividad.

La EESI también ofrece la posibilidad de analizar los datos a nivel de establecimiento. Debido a la gran heterogeneidad existente en el sector industrial, la disponibilidad de información a nivel de establecimientos es una ventaja a la hora de analizar el progreso técnico de los establecimientos.

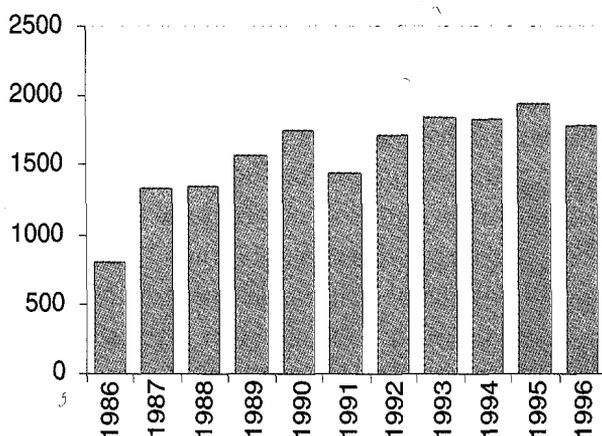
Dado que nuestro objetivo es estudiar la frecuencia de episodios de alta inversión, estamos interesados en establecimientos que aparecen en la muestra de forma continuada. Por dicho motivo, hemos conservado, para cada establecimiento, el mayor número posible de observaciones consecutivas. Cuando un establecimiento presenta más de una secuencia de igual longitud, hemos conservado la última. Nuestro panel no equilibrado está formado por 17.340 observaciones, sobre un total de 5.939 establecimientos industriales, de entre los cuales, 2.568 sólo están un año, 950 están dos años consecutivos y así hasta un total de 168 que aparecen durante todo el periodo muestral. Como se observa en el Gráfico A1.1 el panel presenta un número variable de observaciones por establecimiento.



Para el análisis de los datos de un panel no equilibrado hemos de tener en cuenta que no todos los años disponemos de los mismos establecimientos, ni siquiera del mismo número de establecimientos. Como se observa en el Gráfico A1.2 el menor número se encuentra en 1986, con 797, y el máximo en 1995, con 1.947 establecimientos. A lo largo del periodo se observan dos disminuciones en 1991 y 1996. Es importante señalar que en 1991 tuvo lugar un cambio en el cuestionario y en los criterios de selección de la muestra. Estos cambios metodológicos han influido de tal forma que si bien el núme-

ro de establecimientos en este año es menor, su tamaño aumenta de forma importante. Así el promedio de ocupados por establecimiento, representado en el Gráfico A1.3, pasa de 53 en 1990 a 79 en 1991; este aumento se observa en el resto de variables. Haciendo una clasificación por tamaño del establecimiento (número medio de ocupados) destaca un predominio de establecimientos con menos de 10 ocupados (un 50,1%); los establecimientos de entre 10 y 50 ocupados representan el 37,2%, y los menos representados en la muestra son aquellos con un tamaño superior a 50 (un 12,7%), de los cuales tienen más de 100 ocupados el 6,5%. Se observa claramente que en la muestra de establecimientos seleccionada hay un predominio de establecimientos pequeños. La estructura por tamaños de nuestra muestra es similar a la de la muestra total de establecimientos industriales de la Comunidad de Madrid. En el Gráfico A1.3 se observa también un cambio en el tamaño medio de los establecimientos a partir de 1991; esto unido al hecho de que en la muestra seleccionada hay una mayor presencia de los pequeños establecimientos puede estar sesgando la muestra.

GRÁFICO A1.2
Nº de establecimientos por año

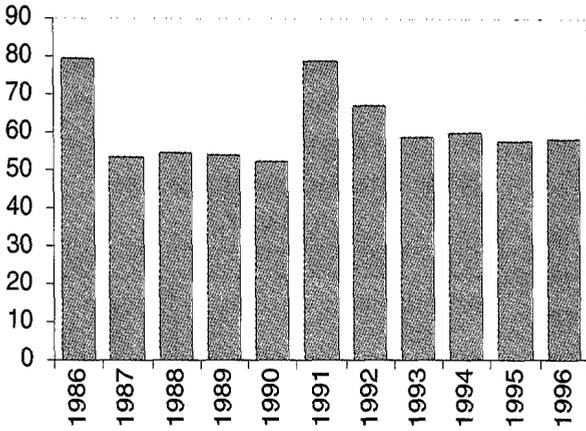


Nuestra base de datos contiene información sobre ocupados, horas trabajadas, VAB, costes de personal, inversión en maquinaria y equipos, inversión total y sector de actividad.

La muestra de establecimientos seleccionada durante el periodo 1991-1996¹⁸ representa en media el 67,3% de la inversión de toda la industria madrileña. Cuando analizamos las tasas de variación de la inversión en la muestra y el conjunto de la industria se observa una evolución parecida en el tiempo, como viene reflejado por el valor del coeficiente de correlación que es del 0,97.

¹⁸La comparación sólo puede realizarse a partir de 1991, año a partir del cual se publica el dato de inversión total del sector industrial madrileño.

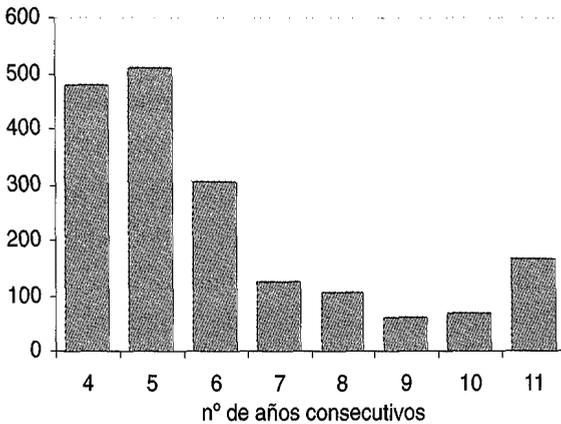
GRÁFICO A1.3
Tamaño medio por establecimiento



Apéndice A2: Submuestra sección 3

Esta submuestra está formada por establecimientos que aparecen al menos 4 años consecutivos. Se trata de un panel no equilibrado formado por 11.048 observaciones, sobre un total de 1.817 establecimientos industriales, de entre los cuales, 480 están 4 años, 510 están cinco años consecutivos y así hasta un total de 166 que aparecen durante todo el periodo muestral. En el Gráfico A2.1 se observa que más del 70% de los establecimientos tienen menos de 7 observaciones consecutivas.

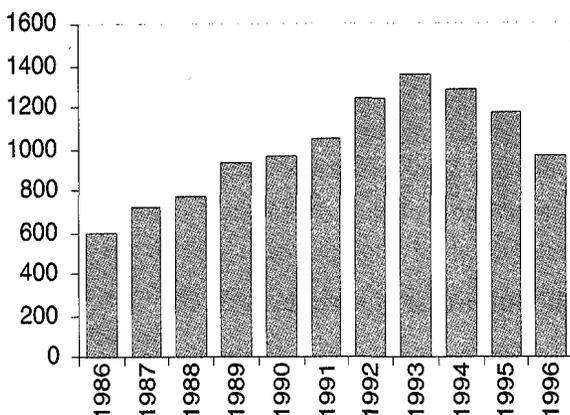
GRÁFICO A2.1
Nº de establecimientos observados consecutivamente



En el Gráfico A2.2 está representado el número de establecimientos por año; como puede observarse tiene forma de u invertida, con un máximo en 1993, donde el número de establecimientos es de 1.350. En esta submuestra existe un predominio de establecimientos grandes, en comparación con la muestra de la sección 2 y con el conjunto del sector industrial madrileño. Haciendo una

clasificación por tamaño del establecimiento (número medio de ocupados) el 32% de establecimientos tienen más de 50 ocupados, mientras que los establecimientos de entre 10 y 50 ocupados representan el 38,1%, y los menos representados en la muestra son aquellos con un tamaño menor a 10 (un 30%).

GRÁFICO A2.2
Nº de establecimientos por año



Al igual que hacíamos con la muestra utilizada en la sección 2, nos interesa conocer la representatividad de esta submuestra. Para esto analizamos la evolución de la inversión, así como el porcentaje que representa la inversión de los establecimientos de la muestra sobre el total industrial. La muestra seleccionada representa en media el 62,2% de la inversión de la industria madrileña durante el periodo 1991-1996. Cuando comparamos las tasas de variación de la inversión en la submuestra y la industria, se observa una evolución similar en el tiempo (el coeficiente de correlación es de 0,96).

Apéndice A3. Sensibilidad de las estimaciones a cambios en los umbrales

En la sección 3, proponemos distintas definiciones de pico de inversión y señalamos que tanto las definiciones como los umbrales son arbitrarios. Esto plantea una duda sobre el grado de sensibilidad de las estimaciones, a la fijación de diferentes umbrales. La fijación de un umbral, más o menos estricto, afecta al número de picos que detectamos para cada establecimiento. Si fijamos un umbral demasiado bajo, o poco estricto, encontramos que el número de picos es mayor y puede que algunos de éstos no representen un reemplazo de capital. Por el contrario, con la fijación de un umbral demasiado estricto disminuye el número de picos observados, y puede que no detectemos todos los reemplazos llevados a cabo por los establecimientos. En el Cuadro A3.1 se proponen 3 umbrales diferentes para cada definición de pico (absoluto,

relativo y pico). Como se puede observar en el Cuadro A3.2, a medida que disminuimos el umbral, al interior de cada definición de pico, aumenta el número de picos encontrados. Así, para la definición “pico” con el umbral más estricto, el 75,45% de los establecimientos no presentan ningún pico de inversión; este porcentaje disminuye significativamente para la definición “pico relativo” cuando el umbral utilizado es el menos estricto, situándose en el 36%.

CUADRO A3.1
Definiciones alternativas de pico de inversión

Definiciones	Pico relativo (1)	Pico absoluto (2)	Pico (3)
Menos estricta	$I_{it} > 2$ mediana (I_t)	$I_{it} \geq 0.15 \bar{K}_t$	$I_{it} \geq 0.15 \bar{K}_t$ y $I_{it} > 2$ mediana (I_t)
Estándar	$I_{it} > 2.5$ mediana (I_t)	$I_{it} \geq 0.2 \bar{K}_t$	$I_{it} \geq 0.2 \bar{K}_t$ y $I_{it} > 2.5^*$ mediana (I_t)
Más estricta	$I_{it} > 3$ mediana (I_t)	$I_{it} \geq 0.25 \bar{K}_t$	$I_{it} \geq 0.25 \bar{K}_t$ y $I_{it} > 3$ mediana (I_t)

CUADRO A3.2
Número de establecimientos según las distintas definiciones de pico

Número de picos	Pico Relativo			Pico Absoluto			Pico		
	Menos estricta	Estándar	Más estricta	Menos estricta	Estándar	Más estricta	Menos estricta	Estándar	Más estricta
0	655	777	855	1018	1130	1212	1139	1280	1371
1	584	577	551	317	310	300	423	375	332
2 ó más	578	463	411	482	377	305	255	162	114

Nº total de establecimientos=1817.

¿Cómo afecta la fijación de diferentes umbrales a la función de azar? Si utilizamos un umbral poco estricto, detectamos un mayor número de picos, y por lo tanto, esperamos que el tiempo transcurrido entre picos sea pequeño. Por el contrario, un umbral estricto tiende a aumentar la distancia entre picos.

En el Cuadro A3.3 se presentan los resultados de la estimación de la función de azar LOGIT con efectos fijos (por criterios de brevedad, sólo presentamos los correspondientes a la definición de “pico” ya que, para las otras definiciones, éstos no cambian significativamente). En todos los casos, observamos una pendiente creciente de la función de azar, tal como predicen los modelos de reemplazo. Los resultados no son sensibles a la fijación arbitraria de umbrales dentro de unos límites que consideramos razonables.

Para terminar, comparamos los resultados de las estimaciones de la productividad con efectos fijos, utilizando diferentes umbrales. Como en el caso anterior, en el Cuadro A3.4 y en el Gráfico A3.1 sólo se representan los resultados correspondientes a la definición "pico". En el Cuadro A3.4 podemos observar diferencias en los niveles de los coeficientes según los diferentes umbrales que utilizemos. En todos los casos, el pico afecta positivamente al nivel de productividad del establecimiento, pero las ganancias de productividad se observan con distinto retraso según el umbral que utilizemos. El retraso en experimentar una ganancia de productividad después del pico puede deberse a que la utilización de la nueva maquinaria requiere un proceso de aprendizaje.

CUADRO A3.3
Estimación logit con efectos fijos

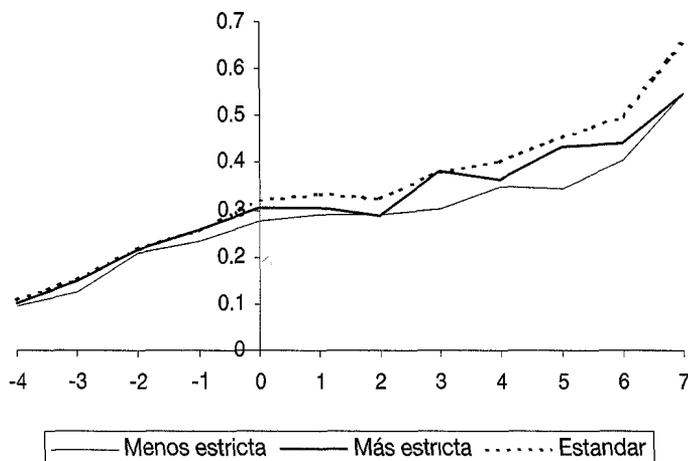
Antigüedad	Pico relativo	Pico absoluto	Pico
γ^1	-4.191* (0.652)	-3.678* (0.734)	-4.027* (0.909)
γ^2	-3.717* (0.599)	-3.342* (0.668)	-3.481* (0.812)
γ^3	-2.752* (0.547)	-2.365* (0.594)	-2.375* (0.707)
γ^4	-1.886* (0.515)	-1.793* (0.560)	-1.988* (0.667)
γ^5	-0.791* (0.508)	-1.514* (0.609)	-2.261* (0.877)
Beneficios (π)	0.537* (0.229)	0.266 (0.274)	0.281 (0.332)
Pseudo R ²	0.177	0.154	0.164
$\chi^2_{\text{año}} (9)$	88.86	51.26	34.62
Nº Observaciones	1260	821	557

CUADRO A3.4
Estimación de la productividad con efectos fijos

	Pico relativo	Pico absoluto	Pico
Beneficios	0.456* (0.020)	0.449* (0.021)	0.450* (0.020)
Pico (-4)	0.094* (0.039)	0.106* (0.038)	0.101* (0.041)
Pico (-3)	0.127* (0.036)	0.151* (0.036)	0.148* (0.038)
Pico (-2)	0.207* (0.034)	0.215* (0.034)	0.212* (0.036)
Pico (-1)	0.234* (0.033)	0.257* (0.033)	0.257* (0.036)
Pico	0.278* (0.033)	0.319* (0.033)	0.301* (0.035)
Pico (+1)	0.290* (0.035)	0.331* (0.034)	0.303* (0.037)
Pico (+2)	0.291* (0.036)	0.325* (0.036)	0.287* (0.038)
Pico (+3)	0.302* (0.037)	0.380* (0.037)	0.382* (0.039)
Pico (+4)	0.349* (0.040)	0.400* (0.040)	0.362* (0.042)
Pico (+5)	0.344* (0.045)	0.454* (0.045)	0.434* (0.046)
Pico (+6)	0.407* (0.056)	0.495* (0.055)	0.439* (0.054)
Pico (+7)	0.547* (0.066)	0.650* (0.066)	0.546* (0.067)
Pico (+8)	0.453* (0.071)	0.593* (0.073)	0.402* (0.080)
Pico (+9)	0.399* (0.083)	0.496* (0.087)	0.429* (0.096)
Pico (+10)	0.472* (0.173)	0.654* (0.153)	0.562* (0.137)
Constante	-0.006 (0.036)	-0.023 (0.035)	-0.003 (0.036)
R ²	0.248	0.236	0.215
Test de Hausman	24.62	77.34	52.25
Nº de observaciones	2552	2389	2142
Nº establecimientos	423	375	332

GRÁFICO A3.1

Estimación del efecto del pico de inversión sobre la productividad



Referencias

- Arellano, M. y O. Bover (1990): "La econometría de datos de panel", *Investigaciones Económicas* 14, pp. 3-45.
- Arrow, K. (1962): "The economic implications of learning by doing", *Review of Economic Studies* 29, pp. 155-173.
- Bahk, B.H. y M. Gort (1993): "Decomposing learning by doing in new plants", *Journal of Political Economy* 101, pp. 561-583.
- Bertola, G. y R. Caballero (1990): "Kinked adjustment costs and aggregate dynamics", NBER Macroeconomic Annual, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Boucekkine, R., F. del Rio y O. Licandro (1999): "The importance of the embodied question revisited", FEDEA Documento de Trabajo 99-13.
- Bover, O., M. Arellano y S. Bentolila (1997): "Unemployment duration, benefit duration, and the business cycle", *CEMFI Working Paper* 9717.
- Cooper, R., J. Haltiwanger y L. Power (1995): "Machine replacement and the business cycle: lumps and bumps", NBER 5260.
- Denison, E. (1964): "The unimportance of the embodied question", *American Economic Review* 52, pp. 995-1022.
- Doms, M. y T. Dunne (1998): "Capital adjustment patterns in manufacturing plants", *Review of Economic Dynamics* 2, pp. 409-429.
- Goicolea, A. y O. Licandro (1998), *Las fuentes de progreso técnico: el caso de la industria de la Comunidad de Madrid* Serie Estudios y Análisis. Consejería de Hacienda de la Comunidad de Madrid.
- Goicolea, A., O. Licandro y R. Maroto (1999): "Inversión y progreso técnico en el sector industrial de la Comunidad de Madrid", *Papeles de Economía Aplicada* 18, pp. 212-224.

- Gordon R. (1990), *The Measurement of Durable Goods Prices*, University of Chicago Press, Chicago.
- Greenwood J., Z. Hercowitz y P. Krusell (1997): "Long-run implications of investment-specific technological change", *American Economic Review* 87, pp. 342-362.
- IVIE (1996), *El "stock" de capital en España y su distribución territorial*, vol. 1. Fundación BBV.
- Nilsen, O. y F. Schiantarelli (1998): "Zeroes and lumps in investment: Empirical evidence on irreversibilities and non-convexities", Department of Economics, University of Bergen, Working Paper 1198.
- Phelps, E. (1962): "The new view of investment: a neoclassical analysis", *Quarterly Journal of Economics* 76, pp. 548-567.
- Solow, R. (1960): "Investment and technological progress", en K. Arrow, S. Karlin y P. Suppes (eds.), *Mathematical Methods in the Social Sciences 1959*, pp. 89-104. Stanford University Press: Stanford, CA.

Abstract

In this paper we study the investment behavior of manufacturing plants using data from the Encuesta Económica al Sector Industrial compiled by the Statistical Office of Madrid's Regional Government. In the first part of the paper, we describe plants' investment behavior. We find that investment decisions are discontinuous, and tend to cluster in certain years. Null or low investment episodes are frequent, whereas high investment episodes are rare but quantitatively important. We also find evidence on replacement activity. The estimation of a hazard function indicates that the probability of finding a new investment spike is higher as time elapsed from the last spike passes. Finally, we find some evidence of the positive effect of investment spikes on the plant's labor productivity.

Keywords: Embodied technological change, investment spikes, machine replacement

Recepción del original, octubre de 1999

Versión final, marzo de 2000