

# PRODUCTIVIDAD E I+D. UN ANÁLISIS NO PARAMÉTRICO\*

JUAN A. MÁÑEZ CASTILLEJO  
ANA RINCÓN AZNAR  
MARÍA E. ROCHINA BARRACHINA  
JUAN A. SANCHIS LLOPIS  
*Universitat de València, Facultat d'Economia*

En este trabajo examinamos las diferencias en la productividad total de los factores de las empresas que invierten en actividades de I+D frente a las que no invierten en dichas actividades. Estudiamos la posible relación bidireccional entre I+D y productividad analizando si son las empresas más productivas las que invierten en I+D y/o si el hecho de invertir en I+D hace a las empresas más productivas. La metodología que empleamos se basa en contrastes no paramétricos y en la aplicación del concepto de dominancia estocástica. Los datos que utilizamos provienen de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales para el periodo 1991-1998. Los resultados revelan mayores productividades para las empresas que invierten en I+D frente a las que no invierten. Las empresas más productivas se autoseleccionan en la realización de I+D y su inicio en estas actividades, les permite alcanzar niveles de productividad más altos.

*Palabras clave:* productividad e I+D, datos de empresas, dominancia estocástica, análisis no paramétrico.

*Clasificación JEL:* D21, D24, L10, C12, C14.

La relación entre I+D y productividad ha sido un tema recurrente en el estudio de los factores determinantes del crecimiento de la productividad. Ante la evidencia de diferencias significativas entre la productividad de las empresas que realizan actividades de I+D y las que no realizan tales actividades, numerosos trabajos [por ejemplo, Griliches y Mairesse (1983, 1984 y 1990); Hall y Mairesse (1995 y 1996) o Cuneo y Mairesse (1984)] han analizado el impacto de las actividades de I+D sobre la productividad de las empresas.

El objetivo de este trabajo es analizar la relación entre I+D y productividad total de los factores (PTF) utilizando un panel de empresas manufactureras españolas extraído de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE) para el periodo 1991-1998. A diferencia de otros trabajos econométricos previos, este traba-

---

(\*) Los autores agradecen la ayuda financiera del proyecto SEC2002-03812 del Ministerio de Ciencia y Tecnología, a la Fundación SEPI por el acceso a los datos de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales y las sugerencias realizadas por Pilar Beneito y por dos evaluadores anónimos.

jo compara la totalidad de la función de distribución de la PTF entre empresas con distintas trayectorias de I+D. Para ello, aplicamos el concepto de dominancia estocástica y los contrastes no-paramétricos de Kolmogorov-Smirnov (KS).

La principal contribución de este artículo es la aplicación de esta metodología, previamente utilizada en Delgado, Fariñas y Ruano (2002) para estudiar la relación entre exportaciones y productividad, al análisis de la relación entre I+D y productividad. Este procedimiento de análisis permite superar dos limitaciones a las que se enfrentan la mayoría de los estudios previos en este campo. En primer lugar, no se restringe la dirección de la relación entre I+D y productividad. Esto es así porque examinamos dos explicaciones complementarias sobre la relación bidireccional entre I+D y productividad: por una parte, la posibilidad de que sean las empresas más productivas las que se inician en la realización de actividades de I+D (lo que llamamos hipótesis de selección de muestra) y, por otra, la posibilidad de que la realización de actividades de I+D influya positivamente sobre la productividad de las empresas (lo que denominamos hipótesis de rendimiento de la I+D). En segundo lugar, las funciones de distribución de la productividad se estiman utilizando métodos no paramétricos, lo cual permite solucionar el problema de la falta de flexibilidad, asociada a la imposición de una forma funcional específica, que sufren los trabajos basados en una función de producción.

Nuestros resultados revelan mayores productividades para las empresas pequeñas que realizan actividades de I+D frente a las que no las realizan. No obtenemos, en general, este resultado para las empresas grandes. Del contraste de la hipótesis de selección podemos concluir que son aquellas empresas pequeñas más productivas las que se auto seleccionan en la realización de I+D. Además, sobre las empresas tanto pequeñas como grandes que realizan I+D actúa un proceso de selección que hace que abandonen dichas actividades aquellas que inicialmente son menos productivas. Los resultados del contraste de la hipótesis de rendimiento de las actividades de I+D son más complejos. El inicio en estas actividades permite a las empresas pequeñas alcanzar niveles de productividad más altos cuyo mantenimiento está sujeto a la continuidad en el ejercicio de las mismas. Estos resultados no se repiten para las empresas grandes. Finalmente, para la población total de empresas, se mantienen las conclusiones del grupo de empresas pequeñas.

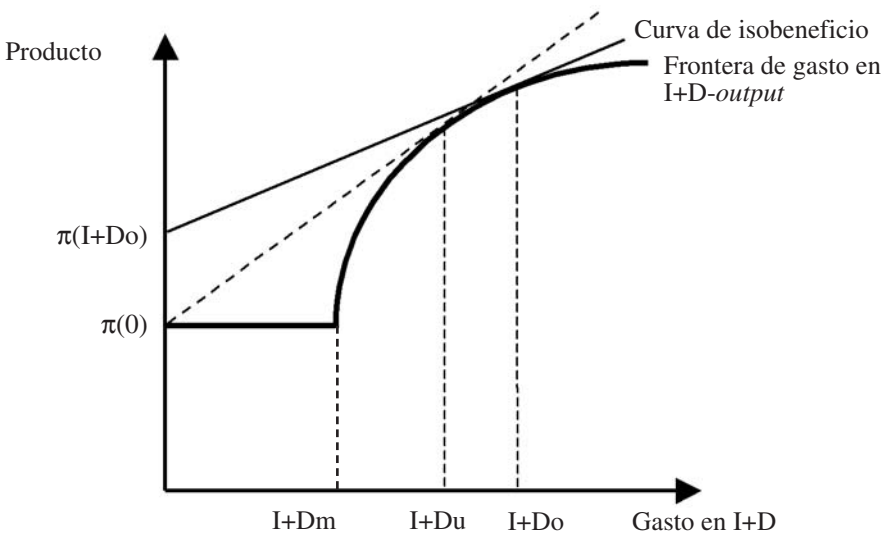
El resto del artículo se organiza del siguiente modo. La primera sección presenta los argumentos teóricos explicativos de la relación entre productividad e I+D y plantea las hipótesis que se van a contrastar. La sección segunda detalla el método de dominancia estocástica y los procedimientos para los contrastes estadísticos. La sección tercera describe los datos. En la cuarta sección se explica la construcción del índice de PTF empleado. En la sección quinta se presentan los resultados y, por último, las principales conclusiones del trabajo se recogen en la sexta sección.

## 1. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS SOBRE LA RELACIÓN ENTRE I+D Y PRODUCTIVIDAD

En este trabajo la decisión de una empresa de realizar actividades de I+D se analiza de forma análoga a la decisión de entrada en un mercado. Llevar a cabo actividades de I+D implica incurrir en ciertos costes irreversibles [Sutton (1991)] y está relacionado con la rentabilidad esperada de la inversión. En esta

línea, González y Jaumandreu (1998) y González, Jaumandreu y Pazó (1999) detectan, usando datos de la ESEE, la existencia de un gasto umbral en I+D para el cual la empresa está indiferente entre invertir o no, dado que las dos opciones le reportan el mismo beneficio. Además, muestran que el gasto óptimo en I+D se obtiene a partir de una maximización de beneficios sujeta a la restricción impuesta por “la frontera de gasto en I+D-*output*”, que representa el máximo *output* alcanzable para cada nivel de gasto en I+D (véase gráfico 1). Si este gasto óptimo en I+D ( $I+D_o$ ) supera el gasto umbral ( $I+D_u$ ), a la empresa le resulta rentable invertir en I+D. Asimismo, la existencia del gasto umbral se justifica por el hecho de que la frontera de gasto en I+D-*output* presenta discontinuidades, en concreto, un tramo continuo y otro discreto que coincide con aquella situación en la cual el producto de una empresa o la calidad del mismo tan sólo aumenta si el nivel de inversión en I+D es superior a un nivel mínimo de gasto ( $I+D_m$ ). Esto es así porque la obtención de resultados de las actividades de I+D está sujeta a restricciones tecnológicas. En particular, se considera que los recursos a emplear en las actividades de I+D, además de ser en muchos casos de carácter específico, están sujetos a indivisibilidades [Arrow (1962)] que facilitan la aparición de costes irre recuperables.

Gráfico 1



El modelo teórico y los resultados obtenidos en González, Jaumandreu y Pazó (1999) indican que, *ceteris paribus*, las empresas con mayor margen precio/coste, ya sea debido a su poder de mercado y/o a su eficiencia productiva, tendrán una mayor propensión a invertir en I+D. Cuanto más productiva sea la em-

presa más alto será el margen precio/coste, más plana será la curva de isobeneficio y, dado que la frontera de gasto en I+D-*output* es creciente y cóncava a partir del nivel mínimo de gasto, mayor será la probabilidad de que el gasto óptimo en I+D supere el gasto umbral. Este modelo, que representa una adaptación de los modelos de dinámica industrial [Jovanovic (1982), Hopenhayn (1992) y Ericson y Pakes (1995)] a las decisiones de inversión en I+D de las empresas, sirve de referente teórico a nuestra hipótesis de selección de entrada en actividades de I+D: son las empresas *ex-ante* más productivas las que se autoseleccionan en la realización de actividades de I+D. Asimismo, mayores productividades pueden estar ligadas a mejores condiciones financieras de la empresa<sup>1</sup>, lo que a su vez contribuye a aumentar la probabilidad de que el gasto óptimo en I+D supere el gasto umbral. Para analizar esto, no habría más que hacer depender la pendiente de la curva de isobeneficio no sólo del margen precio/coste en ventas sino también del coste monetario efectivo de las actividades de I+D.

Ante la existencia de incertidumbre, muchas empresas deben, sin embargo, comenzar a realizar actividades de I+D para aprender sobre sus habilidades, tanto absolutas como relativas a sus competidores, para convertir los gastos en I+D en innovaciones, etc. Este desconocimiento no es incompatible con el hecho de que pueda existir una distribución de habilidades de las empresas que haga que, una vez comienzan a realizar actividades de I+D, las más eficientes continúen y las más ineficientes dejen de realizarlas. Jovanovic (1982) muestra que la entrada en un nuevo mercado viene acompañada de un proceso de selección que hace que salgan de ese mercado las empresas menos hábiles. Se trata de un tipo de selección pura o natural, que presupone que son las habilidades relativas de las empresas en el momento de la entrada en un mercado o en el ejercicio de una actividad (en nuestro caso la I+D) las que determinan la salida. Este tipo de dinámica de la industria se conoce como selección después de la entrada o aprendizaje pasivo [Pakes y Ericson (1998)]. Baldwin y Rafiqzaman (1995) obtienen que la productividad inicial de los entrantes que continúan en un mercado es superior a la de los entrantes que salen.

No obstante, la existencia de diferencias de productividad entre empresas que realizan actividades de I+D y empresas que no las realizan es consistente tanto con la hipótesis de selección (de entrada y salida) como con la hipótesis de rendimiento de las actividades de I+D, sin que ambas sean necesariamente excluyentes. Esta hipótesis encuentra, al menos, dos referentes teóricos.

El primero es el *R&D capital stock model* [Griliches (1979)]. Este modelo considera los gastos de I+D como una inversión de la que se deriva un *stock* de conocimientos (o capital tecnológico) susceptible de ser incorporado por la empresa como un *input* más en su actividad productiva. Como tal, tiene un impacto positivo sobre la productividad de la empresa.

El segundo referente teórico lo encontramos en Ericson y Pakes (1992, 1995) y Pakes y Ericson (1998), donde se pone de manifiesto que en los resultados después de la entrada no es tan importante la habilidad relativa de los entrantes en el mo-

---

(1) Las empresas más productivas generan *cash flows* más elevados y existe cierta evidencia [Hall (1990)] sobre que el *cash flow* parece afectar positivamente a los presupuestos de I+D.

mento de la entrada sino su capacidad para variarla a lo largo del tiempo. El aprendizaje en este caso es evolutivo y recibe el nombre de aprendizaje activo en Ericson y Pakes (1992). En general, el aprendizaje evolutivo ocurre cuando los entrantes que sobreviven progresan substancialmente en la tarea de reducir el *gap* inicial que las empresas entrantes tienen respecto a las empresas que ya estaban en el mercado. Baldwin y Rafiqzaman (1995) apuntan que tanto la difusión del conocimiento como la facilidad con la que las empresas pueden desarrollar nueva tecnología están relacionados con el aprendizaje activo después de la entrada. Por lo tanto, la hipótesis de rendimiento de la I+D tiene mucho que ver con el aprendizaje activo o evolutivo, dado que éste se produce cuando las empresas tienen capacidad para variar su habilidad o eficiencia a lo largo del tiempo, por ejemplo, con la realización de I+D.

Las implicaciones empíricas del *R&D capital stock model* y de los modelos de aprendizaje activo pueden resumirse en las dos hipótesis siguientes: (i) el inicio de la realización de actividades de I+D pone en marcha un proceso de divergencia en términos de productividad entre las empresas que inician estas actividades y las que no lo hacen, con el resultado de mayores productividades para las primeras; (ii) las productividades de las empresas que comienzan a realizar actividades de I+D convergen a las de aquellas que ya invertían en I+D. Esta convergencia en los resultados después de la entrada es señal de aprendizaje activo.

## 2. EL MÉTODO DE DOMINANCIA ESTOCÁSTICA

Para definir el método de dominancia estocástica, supongamos que disponemos de dos muestras aleatorias e independientes de productividades,  $z_1, \dots, z_n$  y  $z_{n+1}, \dots, z_{n+m}$ , de tamaños  $n$  y  $m$ , que provienen de las funciones de distribución  $F(\cdot)$  y  $G(\cdot)$ , respectivamente, y que corresponden a dos grupos de empresas con distintas trayectorias de I+D. Diremos que la función  $F$  domina estocásticamente a la función  $G$  (dominancia de primer orden) si  $F(z) - G(z) \leq 0 \forall z \in \mathbb{R}$  y, además, esta desigualdad se cumple estrictamente para al menos un valor de  $z$ .

El análisis de dominancia estocástica propuesto se basa en la contrastación de las siguientes hipótesis:

1. Contraste de dos colas (contraste de igualdad de las distribuciones):

$$H_0: F(z) - G(z) = 0 \forall z \in \mathbb{R} \text{ vs. } H_1: F(z) - G(z) \neq 0 \text{ para algún } z \in \mathbb{R} \quad [1]$$

2. Contraste de una cola (contraste del signo de la diferencia):

$$H_0: F(z) - G(z) \leq 0 \forall z \in \mathbb{R} \text{ vs. } H_1: F(z) - G(z) > 0 \text{ para algún } z \in \mathbb{R} \quad [2]$$

Estos contrastes se pueden formular también del siguiente modo,

$$1. H_0: \sup_{z \in \mathbb{R}} |F(z) - G(z)| = 0 \text{ vs. } H_1: \sup_{z \in \mathbb{R}} |F(z) - G(z)| \neq 0 \quad [3]$$

$$2. H_0: \sup_{z \in \mathbb{R}} \{F(z) - G(z)\} = 0 \text{ vs. } H_1: \sup_{z \in \mathbb{R}} \{F(z) - G(z)\} > 0. \quad [4]$$

Si rechazamos la hipótesis nula del contraste de dos colas (existen diferencias significativas entre ambas distribuciones) y no rechazamos la hipótesis nula del contraste de una sola cola, se concluye que la función  $F$  domina a la función  $G$ .

Los contrastes de dos y una cola se evalúan, respectivamente, con los siguientes estadísticos de KS:

$$\delta_{(n+m)} = \sqrt{\frac{n \cdot m}{n+m}} \max_{1 \leq i \leq (n+m)} |F_n(z_i) - G_m(z_i)| \quad [5]$$

$$\eta_{(n+m)} = \sqrt{\frac{n \cdot m}{n+m}} \max_{1 \leq i \leq (n+m)} \{F_n(z_i) - G_m(z_i)\}, \quad [6]$$

donde  $F_n$  y  $G_m$  son las funciones de distribución empíricas de  $F$  y  $G$ , respectivamente. El  $p$ -value para estos estadísticos se obtiene mediante la evaluación de sus distribuciones asintóticas. Dichas distribuciones asintóticas únicamente son conocidas bajo el supuesto de independencia de todas las observaciones. Kolmogorov (1933) y Smirnov (1939) muestran que estas distribuciones asintóticas vienen dadas bajo la  $H_0$  por<sup>2</sup>:

$$\lim_{(n+m) \rightarrow \infty} \Pr(\delta_{(n+m)} > v) = -2 \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k \exp(-2k^2 v^2) \quad [7]$$

$$\lim_{(n+m) \rightarrow \infty} \Pr(\eta_{(n+m)} > v) = \exp(-2v^2). \quad [8]$$

El método de dominancia estocástica admite una interpretación gráfica que utilizamos en la sección de resultados. Para ilustrarlo, supongamos que estamos interesados en comparar las productividades de empresas que hacen I+D frente a empresas que no la hacen. Definiendo  $F(z)$  y  $G(z)$  como las funciones de distribución respectivas de la variable de interés, diremos que  $F(z)$  domina a  $G(z)$  si  $F(z)$  se sitúa a la derecha de  $G(z)$  en un gráfico donde representamos la productividad en el eje de abscisas y el valor de la probabilidad acumulada en el eje de ordenadas. Por último, hay que señalar que las funciones de distribución representadas en los gráficos se estiman no paramétricamente a partir de funciones de densidad *kernel* (véase Apéndice A).

### 3. LOS DATOS

Los datos provienen de la ESEE para el periodo 1991-1998. En esta encuesta, todas las empresas de más de 200 trabajadores (grandes) son susceptibles de ser incluidas, aunque finalmente su ratio de participación es aproximadamente del 70%. Para las empresas de entre 10 y 200 empleados (pequeñas) se diseña un sistema de selección aleatorio que ha dado como resultado una participación de alrededor de un 5%. Por último, las empresas con menos de 10 empleados no se in-

(2) Para el cálculo de los  $p$ -values del contraste de dos colas utilizamos como aproximación los cinco primeros términos de la expresión [7].

cluyen en la muestra. La muestra total está compuesta por 13.912 observaciones (8.934 observaciones de empresas pequeñas y 4.978 de empresas grandes) que representan una media anual de 1.739 empresas, de las cuales 1.117 (64%) son pequeñas y 622 (36%) son grandes.

La estructura de panel de la ESEE nos permite la clasificación de las empresas en función de sus trayectorias de I+D<sup>3</sup>:

- a) Empresas I+D: empresas que hacen I+D todos los años que están en la muestra. Representan un 20% de las empresas en la muestra. Un 47% de las empresas grandes se clasifica como Empresa I+D. Tan sólo un 10% de las pequeñas entra en esta categoría.
- b) Entrantes I+D: empresas que no hacían I+D, comienzan a hacerla y no sufren más cambios de estado. Representan un 6% de las empresas en la muestra (8% de las empresas grandes y 6% de las pequeñas).
- c) Salientes I+D: empresas que hacían I+D, dejan de hacerla y ya no sufren más cambios de estado. Representan un 6% de las empresas en la muestra (8% de las empresas grandes y 5% de las pequeñas).
- d) Entrantes-Salientes I+D: empresas que no hacían I+D, comienzan a hacerla y abandonan estas actividades, pero ya no presentan más cambios de estado. Representan un 6% de las empresas en la muestra (3% de las empresas grandes y 5% de las pequeñas).
- e) Empresas No I+D: empresas que no hacen I+D ninguno de los años que están en la muestra. Representan un 51% de las empresas en la muestra (15% de las empresas grandes y 65% de las pequeñas).

Si centramos la atención en el grupo de Empresas I+D y Empresas No I+D se observa que existe una relación positiva entre el tamaño y la proporción de empresas que realizan actividades de I+D<sup>4</sup>. Este hecho, junto con los distintos criterios muestrales por tamaño, sugiere iniciar el análisis de dominancia estocástica por grupos de tamaño. En segundo lugar, se incluyen resultados adicionales para el total de empresas que consideran los criterios de muestreo.

Finalmente, una cuestión referente a la adecuación de los contrastes de KS al uso de datos de panel. Su aplicación requiere tanto independencia de las muestras a comparar como de las observaciones en cada una de las muestras. Es decir, no se pueden comparar dos distribuciones de productividades si una de ellas contiene más de una observación por empresa o si algunas empresas aparecen en ambas distribuciones. En el diseño de las muestras para los contrastes de KS se tiene en cuenta esta restricción.

(3) En concreto, la pregunta de la encuesta utilizada para clasificar una empresa un año como empresa que hace I+D es: "Indique si la empresa realizó o contrató actividades de investigación y desarrollo en el ejercicio". Por tanto, se define como empresa que hace I+D aquella que: (i) realiza internamente y no contrata al exterior, (ii) no realiza internamente pero contrata al exterior o (iii) realiza internamente y contrata al exterior.

(4) Esto puede estar relacionado, entre otras cosas, con el hecho de que el gasto umbral en I+D a partir del cual es rentable invertir desciende conforme aumenta el tamaño de la empresa. González, Jaumandreu y Pazó (1999) explican este fenómeno considerando que el tamaño en sí puede constituir una ventaja si existen, en las empresas de mayor tamaño, actividades complementarias (como la presencia de otras inversiones) que proporcionan economías de alcance en la realización de las actividades de I+D.

#### 4. CÁLCULO DE LA PRODUCTIVIDAD

El cálculo de la PTF se basa en una extensión del índice propuesto por Caves, Christensen y Diewert (1982), que tiene en cuenta que las empresas de distinto tamaño tienen distintas proporciones en la muestra. Esta extensión, se desarrolla en Good, Nadiri y Sickless (1996) y en Delgado, Fariñas y Ruano (2002).

Si disponemos de una muestra de  $N$  empresas ( $e = 1, \dots, N$ ) para  $T$  años ( $t = 1, \dots, T$ )<sup>5</sup>, podemos calcular el índice de PTF para la empresa  $e$ , del grupo de tamaño  $\tau$  y del sector  $s$  en el año  $t$  como:

$$z_{es\tau} = \ln Y_{es\tau} - \overline{\ln Y_{\tau s}} - \frac{1}{2} \sum_{f=1}^F (\overline{\omega}_{es\tau}^f + \overline{\omega}_{\tau s}^f) (\ln X_{es\tau}^f - \overline{\ln X_{\tau s}^f}) + \overline{\ln Y_{\tau s}} - \overline{\ln Y_s} - \frac{1}{2} \sum_{f=1}^F (\overline{\omega}_{s\tau}^f + \overline{\omega}_s^f) (\ln X_{s\tau}^f - \overline{\ln X_s^f}), \quad [9]$$

donde  $Y_{es\tau}$  es su producción,  $\overline{\omega}_{es\tau}^f$  es la participación del *input*  $f$  ( $f = 1, \dots, F$ ) en el coste total de esa empresa y  $X_{es\tau}^f$  es la cantidad de *input*  $f$  utilizado por ella. El Apéndice B describe la elaboración de las series de capital, trabajo, materiales y producción. Por último, definimos las variables  $\overline{m}_{s\tau} = \frac{1}{NT} \sum_{e=1}^N \sum_{t=1}^T m_{es\tau} p_{e\tau} i_{es}$  y  $\overline{m}_s = \frac{1}{NT} \sum_{e=1}^N \sum_{t=1}^T m_{es\tau} i_{es}$ , donde  $m_{es\tau}$  es alternativamente  $\ln Y_{es\tau}$ ,  $\overline{\omega}_{es\tau}^f$  o  $\ln X_{es\tau}^f$ ; y,  $p_{e\tau}$  e  $i_{es}$  se definen como:

$$p_{e\tau} = \begin{cases} 1 & \text{si la empresa } e \text{ pertenece al grupo de tamaño } \tau \\ 0 & \text{en cualquier otro caso} \end{cases}$$

$$i_{es} = \begin{cases} 1 & \text{si la empresa } e \text{ pertenece al sector industrial } s \text{ (} s = 1, \dots, 18, \text{ NACE-CLIO R-25)} \\ 0 & \text{en cualquier otro caso} \end{cases}$$

Este índice mide la diferencia proporcional de la PTF de una empresa en relación a una empresa de referencia. La empresa de referencia utilizada en cada caso varía por sectores. Para un sector  $s$ , en concreto, se define como aquella empresa cuyos *outputs* e *inputs* son iguales a la media geométrica de los *outputs* e *inputs* de las empresas que pertenecen al sector  $s$  a lo largo de todo el periodo muestral y, además, como aquella empresa cuyas participaciones en los costes de los *inputs* son iguales a la media aritmética de las participaciones en los costes de los *inputs* de las empresas que pertenecen al sector  $s$  a lo largo de todo el periodo muestral.

El primer componente de este índice, formado por los tres primeros términos de [9], compara el *output* y el uso de *inputs* de cada una de las empresas en el momento  $t$  con los de la media para todo el periodo de las empresas del mismo sector

(5) Se asume que las observaciones de las distintas empresas son independientes.



y grupo de tamaño. Esto permite la transitividad de las comparaciones entre empresas que pertenecen al mismo grupo de tamaño. El segundo componente, formado por los tres últimos términos de [9], preserva la transitividad de las comparaciones entre empresas del mismo sector pero que pertenecen a distintos grupos de tamaño. Este segundo término mide la diferencia entre la productividad de la empresa media de un determinado sector y grupo de tamaño y la productividad de una empresa de referencia construida como la media de todas las empresas que forman parte de un sector (independientemente de su tamaño). Finalmente, la consideración de una empresa de referencia distinta para cada una de las industrias permite eliminar posibles diferencias de productividad entre sectores, lo que también permite que empresas de distintas industrias puedan considerarse conjuntamente.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. I+D y productividad

Para contrastar si las empresas que realizan I+D presentan productividades superiores a las que no la realizan comparamos, cada año, las funciones de distribución de productividades de las Empresas que hacen I+D en  $t$  con las de las Empresas que no hacen I+D en  $t^6$ . Una empresa pertenece al grupo de Empresas que hacen I+D en el año  $t$ , si ha sido clasificada como Empresa I+D, Entrante I+D, Entrante-Saliente I+D o Saliente I+D y ha invertido en I+D en el año  $t$ . Una empresa pertenece al grupo de Empresas que no hace I+D en el año  $t$ , si ha sido clasificada como Empresa no I+D y está presente en la muestra del año, o si ha sido clasificada como Entrante I+D, Entrante-Saliente I+D o Saliente I+D y no realiza actividades de I+D en  $t$ .

Para representar las funciones de distribución de productividades usamos las funciones de distribución relativa (gráficos 2 y 3)<sup>7</sup>. Estos gráficos representan la equivalencia de cada uno de los percentiles de la distribución de productividades de las Empresas que hacen I+D en la escala de percentiles de la distribución de productividades de las Empresas que no hacen I+D. Si las dos distribuciones fueran idénticas entonces la distribución relativa sería una distribución uniforme [0, 1] y coincidiría con la diagonal de los gráficos. Una posición de la función de distribución relativa por debajo de la diagonal sugiere que la distribución representada en el eje vertical domina estocásticamente a la distribución en el eje horizontal. Del análisis gráfico se observa que para las empresas pequeñas (gráfico 3) la función de distribución relativa de las que realizan actividades de I+D se sitúa sistemáticamente por debajo de la diagonal, mientras que para las grandes (gráfico 2) no observamos un resultado general para todos los años.

Además del análisis gráfico, resulta necesario contrastar formalmente si la distribución de productividades de las Empresas que hacen I+D domina estocásti-

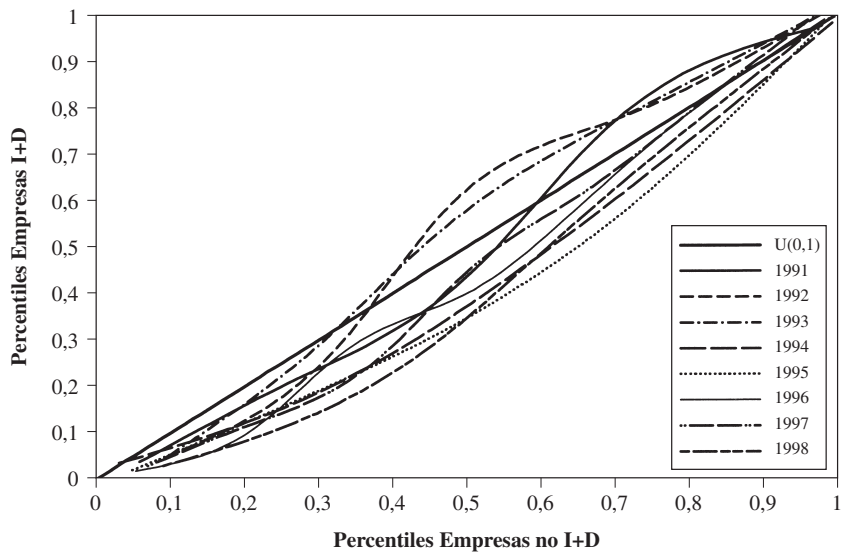
(6) El supuesto de independencia entre las observaciones de una misma empresa obliga a realizar comparaciones anuales de las distribuciones de productividad.

(7) Véase tanto Delgado, Fariñas y Ruano (2002) como Handcock y Morris (1999) para las cuestiones técnicas relacionadas con este método.

---

**Gráfico 2: DISTRIBUCIÓN RELATIVA DE PRODUCTIVIDAD DE LAS EMPRESAS I+D RESPECTO A LAS EMPRESAS NO I+D: EMPRESAS GRANDES**

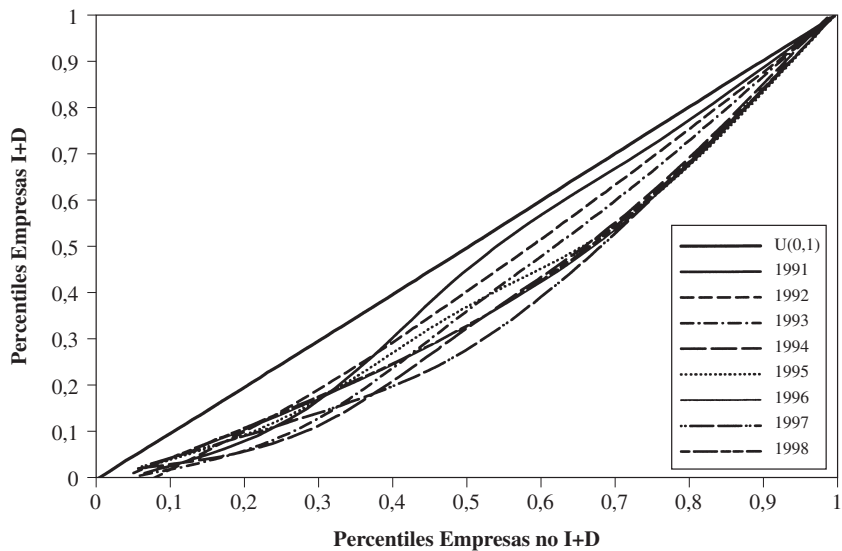
---



---

**Gráfico 3: DISTRIBUCIÓN RELATIVA DE PRODUCTIVIDAD DE LAS EMPRESAS I+D RESPECTO A LAS EMPRESAS NO I+D: EMPRESAS PEQUEÑAS**

---



camente a la de las empresas que no realizan dichas actividades. Así, para cada periodo temporal y grupo de tamaño, se compara

$$F_t(z_t | \tau = \tau_0) \text{ vs. } G_t(z_t | \tau = \tau_0), \quad t = 1991, \dots, 1998; \quad \tau_0 = g \text{ (grande), } p \text{ (pequeña)}$$

donde  $F_t$  y  $G_t$  son las funciones de distribución de productividades de las Empresas que hacen I+D y de las Empresas que no hacen I+D, respectivamente.

El cuadro 1 muestra los resultados de los contrastes estadísticos de KS. Para las empresas pequeñas, rechazamos siempre la hipótesis de igualdad de las distribuciones. Además, no podemos rechazar la hipótesis de que la productividad de

Cuadro 1: DIFERENCIAS DE PRODUCTIVIDAD ENTRE EMPRESAS QUE HACEN Y QUE NO HACEN I+D

Año	Número de observaciones		Diferencias de productividad*	Igualdad de las distribuciones		Diferencias favorables a las empresas que hacen I+D	
	Empresas que hacen I+D	Empresas que no hacen I+D		Estadístico	P-Value	Estadístico	P-Value
<b>Empresas grandes</b>							
1991	244	88	0,014	0,812	0,480	0,812	0,275
1992	259	94	-0,048	1,099	0,179	1,196	0,09
1993	275	103	-0,027	0,822	0,454	0,822	0,259
1994	309	130	0,045	1,447	0,023	0,214	0,912
1995	294	123	0,090	1,627	0,007	0,333	0,801
1996	268	112	0,072	1,133	0,123	0,449	0,668
1997	276	101	0,032	1,114	0,134	0,525	0,576
1998	272	89	0,099	1,538	0,012	0,438	0,681
<b>Empresas pequeñas</b>							
1991	108	541	0,016	1,336	0,043	0,342	0,792
1992	111	645	0,032	1,625	0,007	0,060	0,993
1993	119	746	0,075	2,092	0	0,132	0,966
1994	123	746	0,087	2,090	0	0,120	0,971
1995	121	710	0,120	1,908	0,001	0,123	0,970
1996	126	760	0,112	2,178	0	0,055	0,994
1997	197	910	0,114	2,980	0	0,056	0,994
1998	207	839	0,101	2,732	0	0,046	0,996

\* Diferencias de productividad en la mediana de las distribuciones (Empresas que hacen I+D- Empresas que no hacen I+D).

las Empresas que hacen I+D sea mayor que la de las Empresas que no hacen I+D. Para las empresas grandes, únicamente rechazamos la hipótesis de igualdad de las distribuciones para tres de los ocho años de la muestra (1994, 1995 y 1998), si bien para los años 1996 y 1997 el rechazo está en torno al límite del diez por ciento. Para todos estos años no podemos rechazar la hipótesis de mayor productividad para las empresas que hacen I+D.

Para el total de empresas (grandes y pequeñas) la diferencia entre las distribuciones de productividades cada año se puede obtener como:

$$F_t(z_t) - G_t(z_t) = m_1 [F_t(z_t | \tau = g) - G_t(z_t | \tau = g)] + m_2 [F_t(z_t | \tau = p) - G_t(z_t | \tau = p)] + (m_3 - m_2) [G_t(z_t | \tau = g) - G_t(z_t | \tau = p)], \quad [10]$$

donde  $m_1$  es la proporción de empresas grandes en las Empresas que hacen I+D en  $t$ ,  $m_2$  la proporción de empresas pequeñas en las Empresas que hacen I+D en  $t$  y  $m_3$  la proporción de empresas pequeñas en las Empresas que no hacen I+D en  $t$ <sup>8</sup>. La diferencia  $m_3 - m_2$  es positiva todos los años de la muestra<sup>9</sup>. Así pues, como los contrastes de los dos primeros elementos en [10] ya se han llevado a cabo, únicamente se requiere el cálculo del tercer elemento especificado. Los resultados del contraste de esta diferencia para cada año sugieren que la distribución de productividades de las Empresas que no hacen I+D grandes domina a la de las Empresas que no hacen I+D pequeñas. Por tanto, para la población total de empresas, y para cada año, la distribución de productividades de las empresas que hacen I+D domina a la de las que no la hacen.

## 5.2. Hipótesis de selección de muestra

Para contrastar la hipótesis de selección de entrada suponemos que en cada periodo las empresas que no han realizado I+D previamente, se enfrentan a la decisión de realizarla y, por tanto, comparamos:

$$F_{t-1}(z_{t-1} | \tau = \tau_0) \text{ vs. } G_{t-1}(z_{t-1} | \tau = \tau_0), \quad t = 1992, \dots, 1998; \quad \tau_0 = g, p$$

donde  $F_{t-1}$  y  $G_{t-1}$  son las funciones de distribución de productividades previas de las Entrantes I+D en el año  $t$  y de las Empresas no I+D en el año  $t$ , respectivamente. Consideramos Entrantes I+D en el año  $t$  a las Entrantes I+D que, no habiendo realizado I+D en años anteriores, inician tales actividades en  $t$ . Clasificamos como Empresas no I+D en el año  $t$  a las que, no habiendo realizado dichas actividades previamente, no las inician en  $t$ .

El cuadro 2 muestra el tamaño de las cohortes de Entrantes I+D entre los años 1992-1998. Ante la escasa fiabilidad que proporcionarían contrastes anuales

(8) Estas proporciones poblacionales no se obtienen directamente de las proporciones en la muestra debido a la necesidad de considerar para su cálculo que la participación muestral es del 5 por ciento para las empresas pequeñas y del 70 por ciento para las grandes.

(9) Su valor mínimo es de 0,604 y su valor máximo de 0,725.

(debido al reducido número de entradas) contrastamos la hipótesis globalmente. Así, comparamos:

$$F_{91, \dots, 97} (z_{91, \dots, 97} | \tau = \tau_0) \text{ vs. } G_{91, \dots, 97} (\bar{z}_{91, \dots, 97} | \tau = \tau_0), \quad \tau_0 = g, p$$

donde  $F_{91, \dots, 97}$  y  $G_{91, \dots, 97}$  son dos funciones de distribución de productividades que corresponden al periodo 1991-1997 y que tienen respectivamente como argumento las productividades previas del grupo de Entrantes I+D (compuesto por siete cohortes de entrantes) y las productividades medias para 1991-1997 de las Empresas no I+D (empresas que nunca realizan I+D en el periodo muestral)<sup>10</sup>.

Cuadro 2: NÚMERO DE EMPRESAS ENTRANTES I+D  
QUE COMIENZAN A HACER I+D CADA AÑO

Año	Empresas grandes	Empresas pequeñas
1992	9	10
1993	8	6
1994	3	8
1995	7	5
1996	8	12
1997	8	15
1998	14	42
Total		
1992-1998	57	98

Para la construcción de la función de distribución de productividad previa a la entrada de las Entrantes I+D utilizamos dos aproximaciones. En la primera, ésta se construye utilizando las productividades en  $t-1$  para las entrantes en  $t$ , donde  $t = 1992, \dots, 1998$ . En la segunda, usamos la productividad media para los años anteriores al primer año en que realizan actividades de I+D. Recogemos así, tanto la posibilidad de que únicamente realicen I+D en  $t$  aquellas empresas que

(10) La inclusión, en la función de distribución de las Empresas no I+D, de sus productividades cada año violaría el requisito de independencia de las observaciones exigido por los contrastes de KS. Por ello, construimos su función de distribución utilizando las productividades medias de cada una de las empresas. De forma alternativa podríamos comparar las funciones de distribución de las productividades en el año 1991 de todas las entrantes a lo largo del periodo y de las que no hacen I+D. Sin embargo, esta opción no está exenta de problemas pues para muchas empresas se tomaría la productividad de muchos años atrás como la que determina la entrada en el futuro. De todos modos, esta forma alternativa de contraste también ha sido llevada a cabo y los resultados confirman los obtenidos por la aproximación elegida.

alcanzan un umbral mínimo de productividad en  $t-1$  (primera aproximación) como que el determinante de tal decisión sea todo el proceso de productividades previo a la entrada (segunda aproximación).

Los gráficos 4 a 7 muestran las estimaciones mediante el método *kernel* de las funciones de distribución de productividades para las Entrantes I+D y para las Empresas no I+D. En general, las funciones de distribución de las Entrantes I+D se encuentran a la derecha de las de las Empresas no I+D.

Formalmente, se requiere contrastar si la función de distribución de la productividad previa de las Entrantes I+D domina a la de las Empresas no I+D (cuadro 3). Para las empresas grandes no rechazamos la hipótesis de igualdad de ambas distribuciones. Para las empresas pequeñas rechazamos la hipótesis de igualdad de las distribuciones y, además, no rechazamos la existencia de diferencias favorables en productividad para las Entrantes I+D. Así, se constata la hipótesis de selección de entrada para las empresas pequeñas pero no para las grandes. Estos resultados, junto con el hecho de que la distribución de productividades de las Empresas no I+D grandes domina a la de las Empresas no I+D pequeñas y que la diferencia  $m_3-m_2$  es positiva<sup>11</sup>, permiten concluir que para la población total de empresas la distribución de productividad de las Entrantes I+D domina a la de las Empresas no I+D.

A continuación analizamos la hipótesis de selección de salida. Para ello, comparamos:

$$F_{t-1}(z_{t-1} | \tau = \tau_0) \text{ vs. } G_{t-1}(z_{t-1} | \tau = \tau_0), \quad t = 1992, \dots, 1998; \quad \tau_0 = g, p$$

donde para una cohorte de entrantes en  $t$ ,  $F_{t-1}$  es la función de distribución de productividad previa a la entrada de las que continúan realizando I+D y  $G_{t-1}$  de las que abandonan estas actividades en algún periodo hasta 1998. Si hay selección pura o natural de salida, la función de distribución de productividad previa a la entrada de las entrantes que continúan debe dominar a la de las entrantes que salen.

El cuadro 4 muestra el tamaño de las cohortes de Entrantes-Salientes I+D para cada uno de los posibles años de entrada. Dado el reducido número de observaciones anuales optamos también por contrastar la hipótesis de selección de salida globalmente. Para ello comparamos,

$$F_{91, \dots, 96}(z_{91, \dots, 96} | \tau = \tau_0) \text{ vs. } G_{91, \dots, 96}(z_{91, \dots, 96} | \tau = \tau_0), \quad \tau_0 = g, p$$

donde  $F_{91, \dots, 96}$  y  $G_{91, \dots, 96}$  son dos funciones de distribución de productividades que corresponden al periodo 1991-1996 y que tienen como argumento, respectivamente, las productividades previas a la entrada para las Entrantes I+D y para las Entrantes-Salientes I+D<sup>12</sup>.

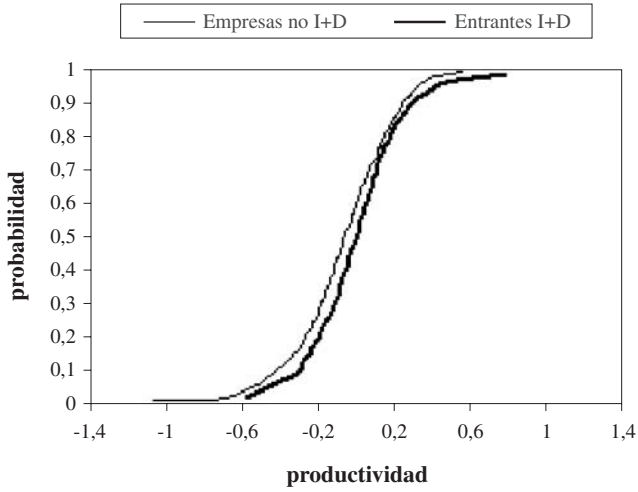
(11)  $m_2$  y  $m_3$  son, respectivamente, la proporción de empresas pequeñas en las Entrantes I+D y las Empresas no I+D. La diferencia  $m_3-m_2$  es de 0,287.

(12) Dado que la última cohorte de Entrantes-Salientes I+D entra en 1997 y su productividad previa es la de 1996, utilizamos como productividad previa para las Entrantes I+D de 1998 su productividad en 1996.

---

Gráfico 4: H21 EMPRESAS GRANDES (PRODUCTIVIDAD EN t-1)

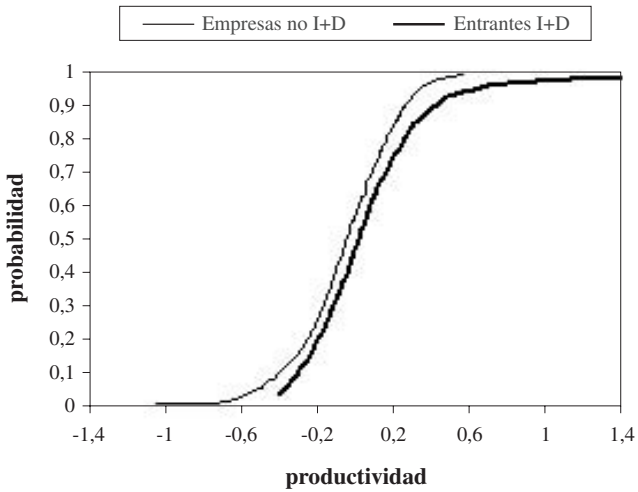
---



---

Gráfico 5: H21 EMPRESAS GRANDES (PRODUCTIVIDAD MEDIA HASTA t-1)

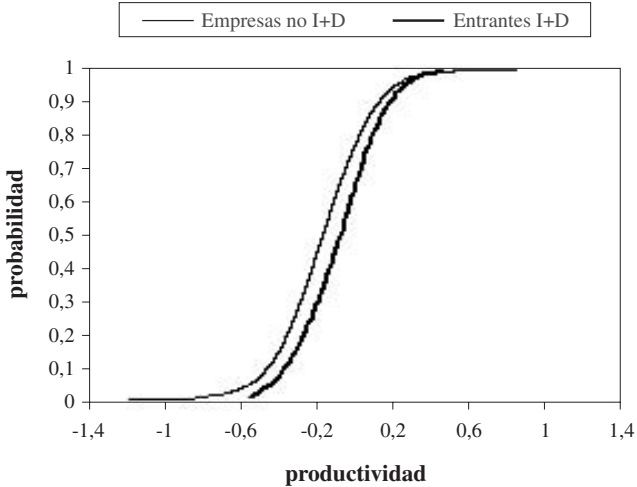
---



---

Gráfico 6: H21 EMPRESAS PEQUEÑAS (PRODUCTIVIDAD EN t-1)

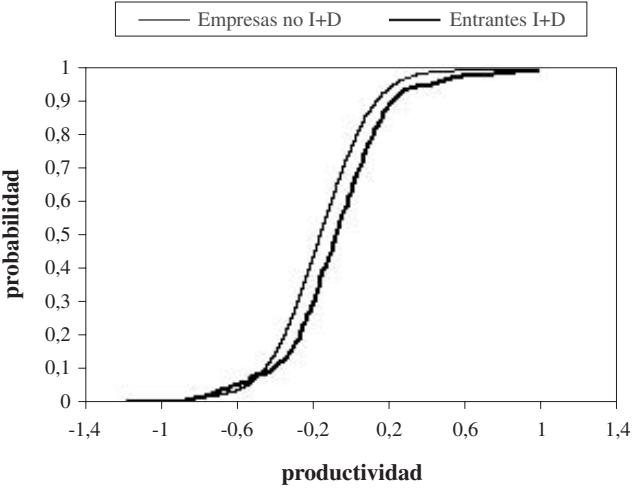
---



---

Gráfico 7: H21 EMPRESAS PEQUEÑAS (PRODUCTIVIDAD MEDIA HASTA t-1)

---





**Cuadro 3: DIFERENCIAS DE PRODUCTIVIDAD *EX-ANTE* ENTRE EMPRESAS ENTRANTES I+D Y EMPRESAS QUE NO HACEN I+D**

	Número de observaciones		Diferencias de productividad*	Igualdad de las distribuciones		Diferencias favorables a las Entrantes I+D	
	Entrantes I+D	Empresas no I+D		Estadístico	P-Value	Estadístico	P-Value
<b>Empresas grandes</b>							
Productividad en t-1 para Entrantes	57	98	0,083	0,687	0,669	0,134	0,965
Productividad media previa a la entrada	57	98	0,072	0,895	0,330	0,226	0,903
<b>Empresas pequeñas</b>							
Productividad en t-1 para Entrantes	98	1.117	0,077	1,779	0,002	0,267	0,867
Productividad media previa a la entrada	98	1.117	0,099	2,048	0,000	0,119	0,972

\* Diferencias de productividad en la mediana de las distribuciones (Entrantes I+D - Empresas no I+D).

**Cuadro 4: NÚMERO DE EMPRESAS ENTRANTES CADA AÑO QUE ABANDONAN LAS ACTIVIDADES DE I+D EN ALGÚN PERIODO HASTA 1998**

Año	Empresas grandes	Empresas pequeñas
1992	4	17
1993	3	17
1994	8	23
1995	0	9
1996	2	13
1997	2	9
<b>Total</b>		
1992-1997	19	88

Los gráficos 8 a 11 muestran las estimaciones no paramétricas de las funciones de distribución de productividades previas para las Entrantes I+D y para las Entrantes-Salientes I+D. En una primera aproximación, la función de distribución se construye utilizando los datos de productividad en  $t-1$  para las entrantes en  $t$ , donde  $t = 1992, \dots, 1998$  (gráficos 8 y 10). En una segunda, se construye utilizando la productividad media de cada una de las empresas hasta el periodo previo a la entrada (gráficos 9 y 11). En general, las funciones de distribución que corresponden a las Entrantes I+D están a la derecha de las que corresponden a las Entrantes-Salientes I+D.

Los resultados de los contrastes (cuadro 5) dependen de la aproximación utilizada para la construcción de las funciones de distribución de productividades. Cuando la aproximación utilizada es la productividad media previa a la entrada, la productividad de las Entrantes I+D domina a la de las Entrantes-Salientes I+D. Sin embargo, si la aproximación utilizada es la productividad del año anterior a la entrada no podemos rechazar la igualdad de las distribuciones. Por tanto, nuestro análisis confirma la hipótesis de selección de salida para ambos grupos de tamaño siempre que consideremos que la posición relativa de las empresas viene caracterizada más adecuadamente por el proceso de productividades previas a la entrada que simplemente por un único dato de productividad en el año previo. Estos resul-

**Cuadro 5: DIFERENCIAS DE PRODUCTIVIDAD *EX-ANTE* ENTRE ENTRANTES I+D Y ENTRANTES-SALIENTES I+D**

	Número de observaciones		Diferencias de productividad*	Igualdad de las distribuciones		Diferencias favorables a las Entrantes I+D	
	Entrantes I+D	Entrantes Salientes I+D		Estadístico	P-Value	Estadístico	P-Value
Empresas grandes							
Productividad en t-1 para ambos grupos	57	19	0,095	0,834	0,385	0,083	0,986
Productividad media previa para ambos grupos	57	19	0,045	1,244	0,054	0,129	0,967
Empresas pequeñas							
Productividad en t-1 para ambos grupos	98	88	0,024	0,954	0,262	0,172	0,942
Productividad media previa para ambos grupos	98	88	0,098	1,311	0,045	0,197	0,925

\* Diferencias de productividad en la mediana de las distribuciones (Entrantes I+D - Entrantes-Salientes I+D).

Gráfico 8: H22 EMPRESAS GRANDES (PRODUCTIVIDAD EN t-1)

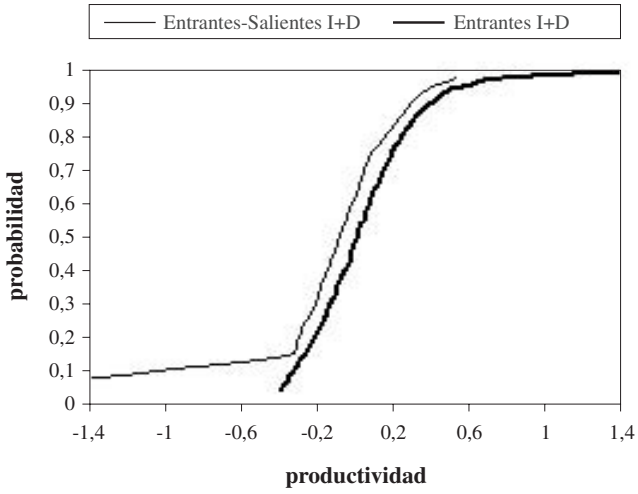
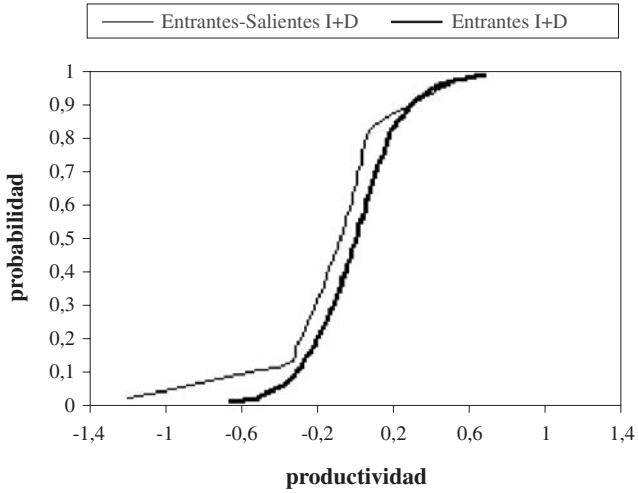


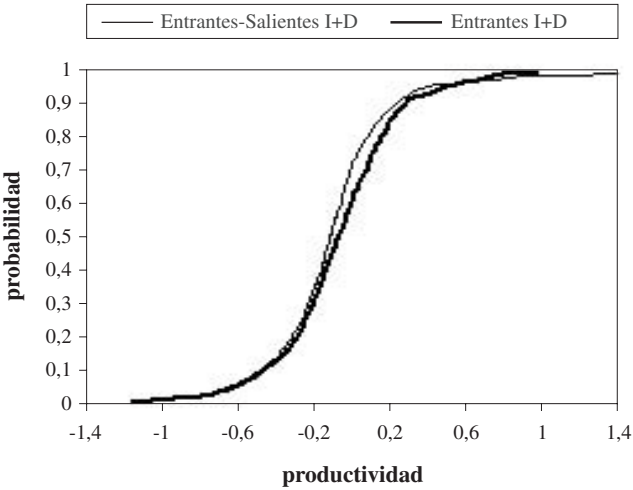
Gráfico 9: H22 EMPRESAS GRANDES (PRODUCTIVIDAD MEDIA HASTA t-1)



---

Gráfico 10: H22 EMPRESAS PEQUEÑAS (PRODUCTIVIDAD EN t-1)

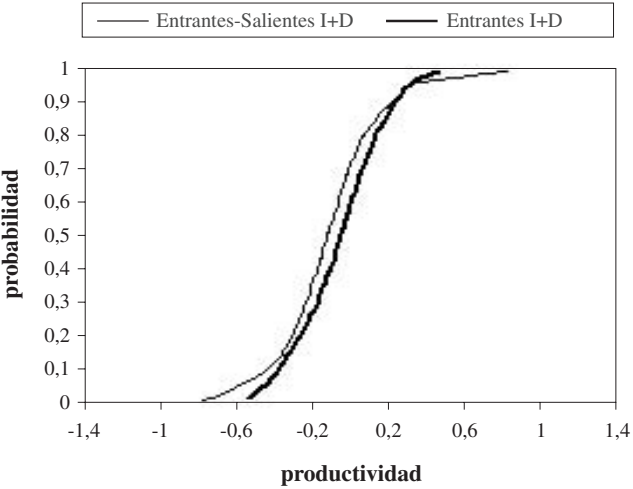
---



---

Gráfico 11: H22 EMPRESAS PEQUEÑAS (PRODUCTIVIDAD MEDIA HASTA t-1)

---



tados, junto con el hecho de que la distribución de productividades de las Entrantes-Salientes I+D grandes domina a la de las Entrantes-Salientes I+D pequeñas y que  $m_3 - m_2$  es positiva<sup>13</sup>, permiten concluir que para la población total la distribución de productividad de las Entrantes I+D domina a la de las empresas entrantes que abandonan tales actividades.

### 5.3. Hipótesis de rendimiento de la I+D

Según la hipótesis de rendimiento de la I+D, la realización de estas actividades produce un incremento de la productividad. Este posible incremento de la productividad se analiza contrastando (tal y como se avanzó en la sección 1): (i) si después de la entrada se produce un proceso de divergencia entre las productividades de las empresas que inician actividades de I+D y las que no las inician, con el resultado de mayores productividades para las primeras (hipótesis de divergencia tras la entrada) y (ii) si después de la entrada se produce un proceso de convergencia entre las productividades de las empresas que inician actividades de I+D y las de las que ya las llevaban a cabo previamente (hipótesis de convergencia tras la entrada).

Comenzaremos con el análisis de la hipótesis de divergencia tras la entrada. Los resultados del contraste de la hipótesis de selección de entrada (sección 5.2), nos permiten concluir que las productividades previas de las Entrantes I+D no son menores que las de las Empresas no I+D. Por lo tanto, el posible aumento de productividades derivado de la realización de I+D se traducirá en un proceso de divergencia entre las productividades de las Entrantes I+D y de las Empresas no I+D.

A continuación, debemos comprobar que la función de distribución del crecimiento de la productividad *ex-post* (tras la entrada) de las Entrantes I+D domina a la de las Empresas no I+D. Con este objetivo comparamos:

$$F_{91, \dots, 98}(\dot{z}_{t_e - k_e, t_e} | \tau = \tau_0) \text{ vs. } G_{91, \dots, 98}(\dot{z}_{t_e - k_e, t_e} | \tau = \tau_0), \quad \tau_0 = g, p, t_e = 92, \dots, 98; \\ k_e = 1, \dots, 7; \\ N \text{ empresas } (e = 1, \dots, N)$$

donde, para las Empresas no I+D,  $G_{91, \dots, 98}$  es la función de distribución del crecimiento medio anual de la productividad<sup>14</sup>. Para las Entrantes I+D, el argumento de la función de distribución  $F_{91, \dots, 98}$  es el crecimiento medio anual de la productividad desde  $(t-1)$  a  $T$ , siendo  $t$  el primer año en que la empresa hace I+D y  $T$  el momento final del periodo muestral.

Los resultados obtenidos en los contrastes de KS (primera y cuarta fila del cuadro 6 y gráficos 12 y 13) no permiten rechazar la hipótesis de igualdad de las distribuciones de crecimiento de la productividad. Dado que estos resultados son comunes para ambos grupos de tamaño, las mismas conclusiones son válidas para la población total de empresas.

(13)  $m_2$  y  $m_3$  son, respectivamente, las proporciones de empresas pequeñas que pertenecen a las Entrantes I+D y a las Entrantes-Salientes I+D. La diferencia  $m_3 - m_2$  es de 0,0247.

(14) Esta tasa media anual acumulativa se define como:  $\dot{z}_{t_e - k_e, t_e} = (z_{t_e} - z_{t_e - k_e})/k_e$ .

**Cuadro 6: DIFERENCIAS DE CRECIMIENTO DE PRODUCTIVIDAD *EX-POST*  
ENTRE EMPRESAS NO I+D Y ENTRANTES I+D**

	Número de observaciones		Diferencias de productividad*	Igualdad de las distribuciones		Diferencias favorables a las Entrantes I+D	
	Entrantes I+D	Empresas no I+D		Estadístico	P-Value	Estadístico	P-Value
<b>Empresas grandes</b>							
Crecimiento medio de la productividad de t-1 a T para Entrantes	55	82	-0,008	0,539	0,905	0,539	0,559
Crecimiento de la productividad de t-1 a t para Entrantes	55	82	0,019	1,004	0,210	0,275	0,858
Crecimiento medio de la productividad de t a T para Entrantes	41**	82	-0,028	1,084	0,139	1,084	0,095
<b>Empresas pequeñas</b>							
Crecimiento medio de la productividad de t-1 a T para Entrantes	88	944	-0,006	0,637	0,780	0,637	0,449
Crecimiento de la productividad de t-1 a t para Entrantes	88	944	0,014	1,579	0,009	0,646	0,440
Crecimiento medio de la productividad de t a T para Entrantes	46**	944	-0,048	1,393	0,028	1,393	0,021

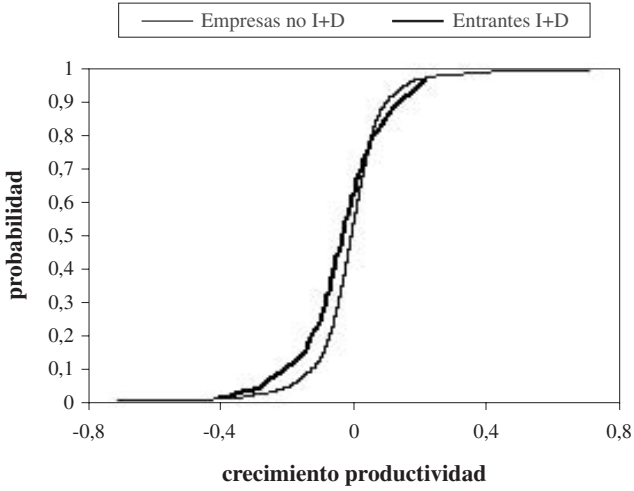
\* Diferencias de productividad en la mediana de las distribuciones (Entrantes I+D – Empresas no I+D).

\*\* Cifra inferior a 55 (empresas grandes) y 88 (empresas pequeñas) por no poder calcular para las entrantes de 1998 el crecimiento de la productividad desde t = 1998. Resultados de los contrastes previos (desde t-1 y de t-1 a t) sin utilizar a las entrantes de 1998 condujeron a las mismas conclusiones.

---

Gráfico 12: H3 EMPRESAS GRANDES. ENTRANTES VS. E. NO I+D [(t-1)-T]

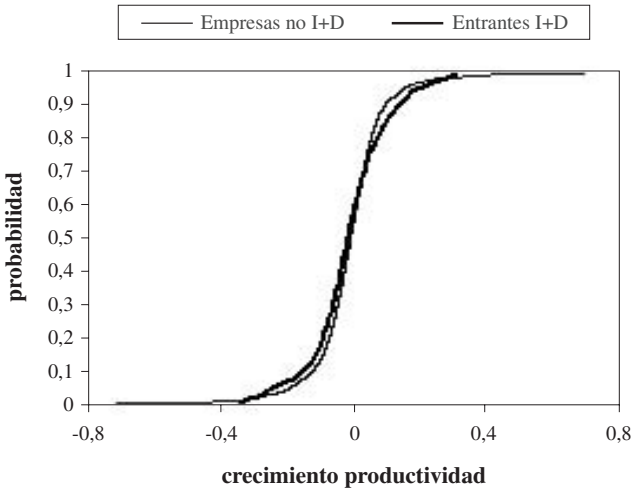
---



---

Gráfico 13: H3 EMPRESAS PEQUEÑAS. ENTRANTES VS. E. NO I+D [(t-1)-T]

---



En un análisis más detallado de la trayectoria temporal de las productividades, descomponemos el periodo  $(t-1)-T$  en dos subperiodos, de  $(t-1)$  a  $t$  y de  $t$  a  $T$ <sup>15</sup>. En el primer subperiodo (segunda y quinta fila del cuadro 6 y gráficos 14 y 15), para las empresas grandes no se rechaza la hipótesis de igualdad de las distribuciones. Para las empresas pequeñas se rechaza la hipótesis de igualdad y no se rechaza la de diferencias favorables para las Entrantes I+D. Para el segundo subperiodo (tercera y sexta fila del cuadro 6 y gráficos 16 y 17), mientras que para las empresas grandes no se rechaza la hipótesis de igualdad de las distribuciones, para las pequeñas se rechaza tanto esta hipótesis como la de diferencias favorables para las Entrantes I+D.

Para interpretar los resultados obtenidos utilizamos los gráficos 18 y 19. En estos gráficos el eje de ordenadas representa la productividad de las empresas y el de abscisas una secuencia temporal de  $t-1$  a  $T$ . Para las empresas grandes (gráfico 18) las líneas que representan la evolución temporal de la productividad (línea EID para las Entrantes I+D y línea NOID para las Empresas no I+D) son indistinguibles. Esto se debe tanto a que las ordenadas en el origen (A) como las pendientes ( $\alpha$ ) son idénticas<sup>16</sup>. Lo primero, se deriva de los resultados del contraste de la hipótesis de selección de entrada. Lo segundo, del hecho de que no se encuentran diferencias entre el crecimiento de la productividad de las Entrantes I+D y el de las Empresas no I+D, independientemente del periodo considerado. Por tanto, para las empresas grandes no observamos divergencia en productividad entre las Entrantes I+D y las Empresas no I+D.

Para las empresas pequeñas (gráfico 19), dado que el contraste de la hipótesis de selección de entrada pone de manifiesto una ventaja en productividad, previa a la entrada en I+D, para las Entrantes I+D sobre las Empresas no I+D, la ordenada en el origen de la línea EID es mayor que la de la línea NOID ( $A > A'$ ). Sabemos, además, que no hay diferencias en crecimiento de productividad de  $t-1$  a  $T$  entre ambos grupos de empresas, lo que determina que las pendientes de las líneas EID y NOID ( $\alpha$ ) sean iguales. Sin embargo, esto es compatible con diferentes trayectorias de productividad. Para analizarlas utilizamos los resultados obtenidos por subperiodos. De  $t-1$  a  $t$ , se obtienen mayores tasas de crecimiento para las Entrantes I+D ( $\beta > \alpha$ ). Sin embargo, de  $t$  a  $T$ , constatamos mayores crecimientos de la productividad para las *Empresas no I+D* que para las *Entrantes I+D* ( $\gamma < \alpha$ ).

El análisis por subperiodos pone de manifiesto interesantes diferencias en la evolución temporal de la productividad de las Entrantes I+D grandes y pequeñas tras la iniciación de actividades de I+D. Así, entre las empresas grandes, aquéllas que inician actividades de I+D no muestran incrementos de productividad superiores a los de las que no las inician. Esta aparente falta de efectividad de la I+D puede deberse a varios motivos. Por un lado, puede que para estas empresas exis-

(15) Esta descomposición obedece al interés por analizar si el efecto más importante en la productividad se produce en la transición de no hacer I+D a hacerla o si por el contrario sus efectos se manifiestan en un periodo más amplio.

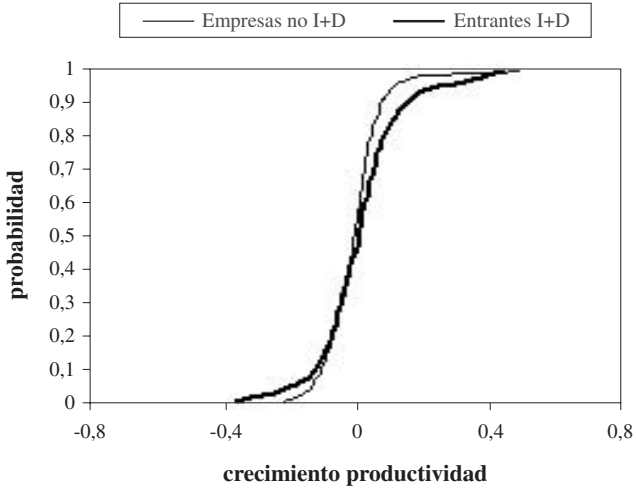
(16) Las pendientes de los tramos AC, AB y BC de la línea EID vienen dadas, respectivamente, por la tasa de crecimiento medio anual de la productividad de  $(t-1)$  a  $T$ , de  $(t-1)$  a  $t$  y de  $t$  a  $T$ . La pendiente de la línea NOID corresponde a la tasa de crecimiento medio anual de la productividad de las Empresas no I+D para todo el periodo.



---

Gráfico 14: H3 EMPRESAS GRANDES. ENTRANTES VS. E. No I+D [(t-1)-t]

---



---

Gráfico 15: H3 EMPRESAS PEQUEÑAS. ENTRANTES VS. E. No I+D [(t-1)-t]

---

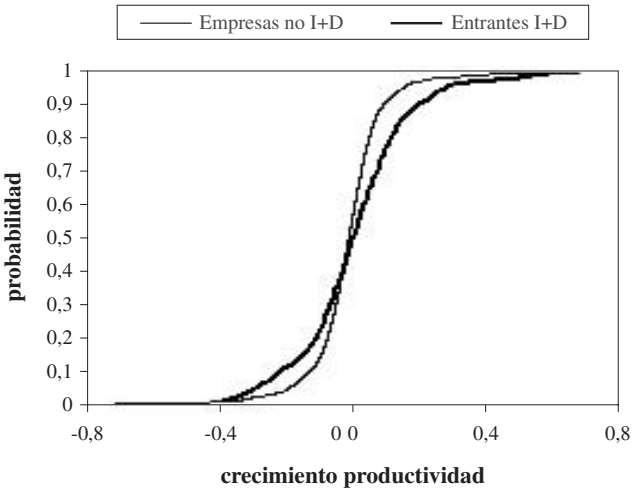


Gráfico 16: H3 EMPRESAS GRANDES. ENTRANTES VS. E. No I+D (t-T)

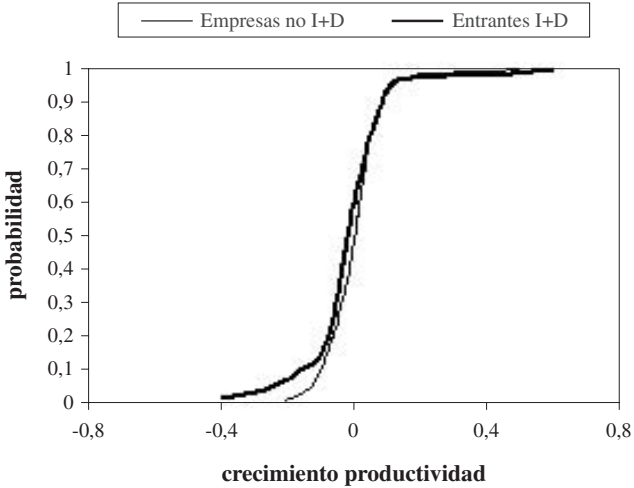


Gráfico 17: H3 EMPRESAS PEQUEÑAS. ENTRANTES VS. E. No I+D (t-T)

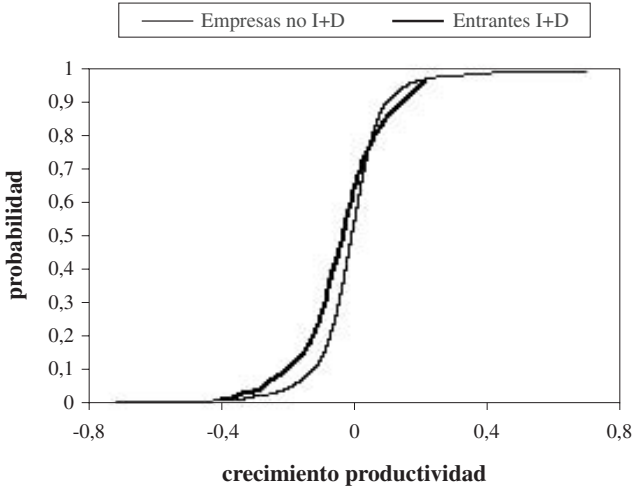


Gráfico 18: EMPRESAS GRANDES

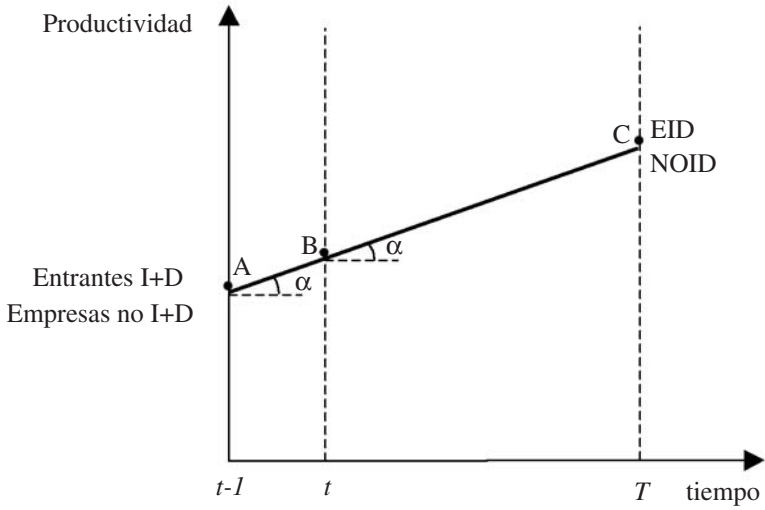
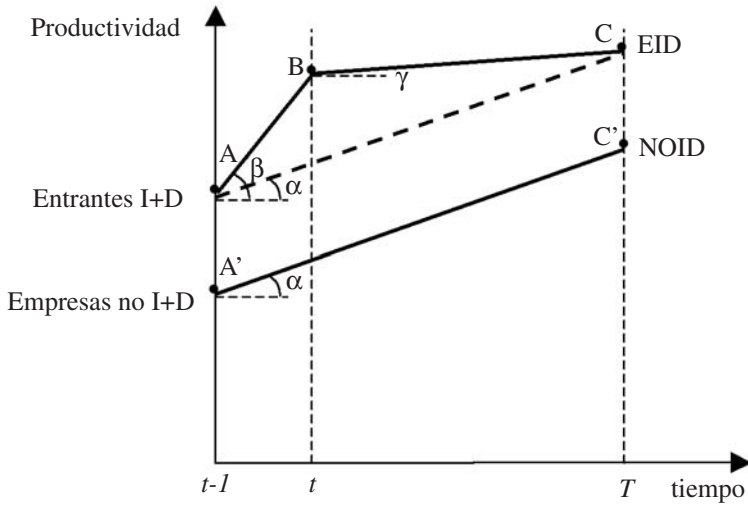


Gráfico 19: EMPRESAS PEQUEÑAS



tan otros factores que afecten de forma determinante a la productividad<sup>17</sup>. Por otro, es posible que realicen fundamentalmente I+D básica y que, por lo tanto, no detectemos sus efectos a corto/medio plazo.

Para las empresas pequeñas, el efecto a muy corto plazo de la I+D (de  $t-1$  a  $t$ ), que permite a las Entrantes I+D disfrutar temporalmente de mayores productividades, puede estar relacionado con que las empresas pequeñas realicen fundamentalmente: I+D aplicada, I+D en las etapas finales del proceso de innovación o una I+D que no tiene como finalidad la obtención de innovaciones sino el aprendizaje y/o la utilización de una tecnología generada por terceros. Para Baldwin (1997), la I+D en las empresas pequeñas está encaminada principalmente a resolver problemas y a aprovechar las oportunidades cuando éstas aparecen. El comportamiento observado de  $t$  a  $T$  (mayores crecimientos de la productividad para las Empresas no I+D) puede venir explicado por el hecho de que las Empresas no I+D no pueden mantener continuamente tasas de crecimiento de la productividad inferiores a las Entrantes I+D sin ser expulsadas de la industria. Dado que las Empresas no I+D continúan en el mercado, se podría interpretar que la I+D genera ciclos de expansión de la productividad por encima de una tendencia de crecimiento inherente a otro tipo de habilidades de las empresas para permanecer en el mercado. Posiblemente, un análisis no condicionado a su permanencia hubiera llevado a un resultado más claro de divergencia<sup>18</sup>.

Según la hipótesis de convergencia tras la entrada, existe inicialmente un *gap* de productividad entre las Entrantes I+D y las Empresas I+D (empresas que ya se encuentran realizando actividades de I+D) que se reduce con un crecimiento más rápido en la productividad *ex-post* de las Entrantes I+D.

Para contrastar esta hipótesis comparamos:

$$F_{91, \dots, 98} (\dot{z}_{te-k_e, te} | \tau = \tau_0) \text{ vs. } G_{91, \dots, 98} (\dot{z}_{te-k_e, te} | \tau = \tau_0), \quad \tau_0 = g, p, t_e = 92, \dots, 98; \\ k_e = 1, \dots, 7; \\ N \text{ empresas } (e = 1, \dots, N)$$

donde, para las Empresas I+D,  $G_{91, \dots, 98}$  es la función de distribución del crecimiento medio anual de la productividad y, para las Entrantes I+D, el argumento de la función de distribución  $F_{91, \dots, 98}$  es el crecimiento medio anual de la productividad desde  $t-1$  a  $T$ , siendo  $t$  el primer año en que una empresa realiza actividades de I+D. Los resultados obtenidos (primera y cuarta fila del cuadro 7 y gráficos 20 y 21) no permiten rechazar la hipótesis de igualdad de las distribuciones de crecimiento de la productividad. Además, los resultados de los contrastes de KS que comparan las funciones de distribución de productividades en  $T$  de Entrantes

(17) Baldwin (1997) señala entre estos factores a la gerencia, el marketing, el proceso productivo, las relaciones con clientes, proveedores y competidores, o las derivadas de alianzas o *joint ventures*.

(18) Esteve *et al.* (2004) obtienen, con datos de la ESEE, que un factor que disminuye de forma importante el riesgo de liquidación de una empresa es su participación en actividades de I+D. Esto sugiere que si hubiéramos considerado Empresas no I+D en situación de liquidación o quiebra, la comparación de tasas de crecimiento de la productividad hubiera sido más favorable a las Entrantes I+D de lo que obtenemos en este trabajo.

**Cuadro 7: DIFERENCIAS DE CRECIMIENTO DE PRODUCTIVIDAD *EX-POST* ENTRE EMPRESAS I+D Y ENTRANTES I+D**

	Número de observaciones		Diferencias de productividad*	Igualdad de las distribuciones		Diferencias favorables a las Entrantes I+D	
	Entrantes I+D	Empresas I+D		Estadístico	P-Value	Estadístico	P-Value
<b>Empresas grandes</b>							
Crecimiento medio de la productividad de t-1 a T para Entrantes	55	295	-0,008	0,668	0,679	0,688	0,392
Crecimiento de la productividad de t-1 a t para Entrantes	55	295	0,006	1,049	0,173	1,049	0,111
Crecimiento medio de la productividad de t a T para Entrantes	41**	295	-0,004	0,955	0,256	0,465	0,648
<b>Empresas pequeñas</b>							
Crecimiento medio de la productividad de t-1 a T para Entrantes	88	152	-0,003	0,709	0,638	0,515	0,585
Crecimiento de la productividad de t-1 a t para Entrantes	88	152	0,018	1,351	0,037	0,463	0,655
Crecimiento medio de la productividad de t a T para Entrantes	46**	152	-0,026	1,290	0,049	1,290	0,036

\* Diferencias de productividad en la mediana de las distribuciones (Entrantes I+D – Empresas I+D).

\*\* Cifra inferior a 55 (empresas grandes) y 88 (empresas pequeñas) por no poder calcular para las entrantes de 1998 el crecimiento de la productividad desde t = 1998. Resultados de los contrastes previos (desde t-1 y de t-1 a t) sin utilizar a las entrantes de 1998 condujeron a las mismas conclusiones.

I+D y Empresas I+D sugieren que no hay diferencias entre las productividades de ambos grupos (cuadro 8 y gráficos 22 y 23). Así, podemos afirmar que tampoco existen diferencias de productividad en el periodo previo a la entrada.

Dado que los resultados de los contrastes anteriores son comunes para los dos grupos de tamaño considerados, para el conjunto de la población tampoco se confirma la hipótesis de convergencia tras la entrada.

Gráfico 20: H3 EMPRESAS GRANDES. ENTRANTES VS. E. I+D [(t-1)-T]

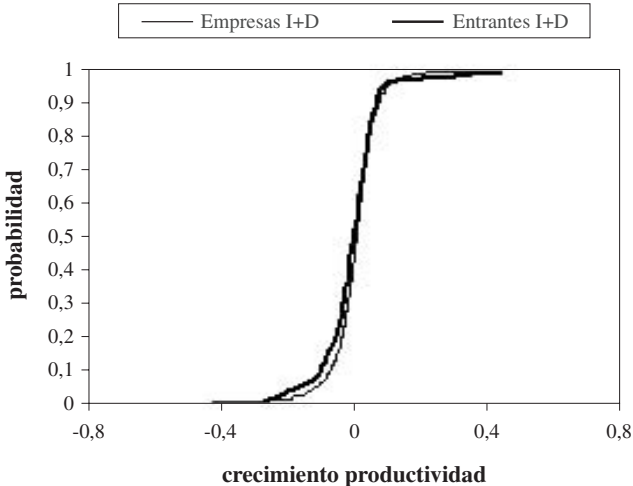
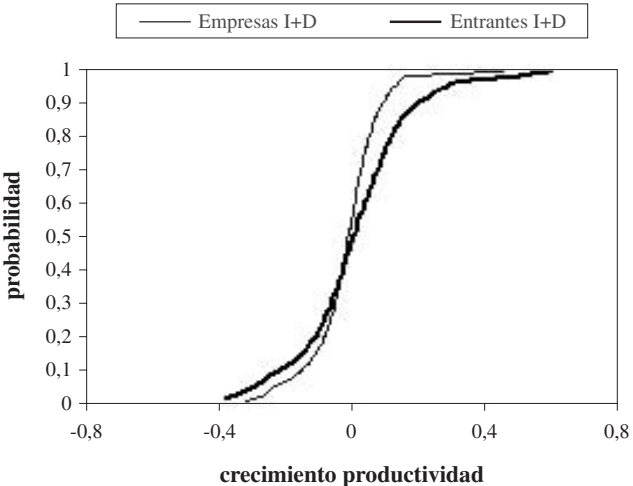


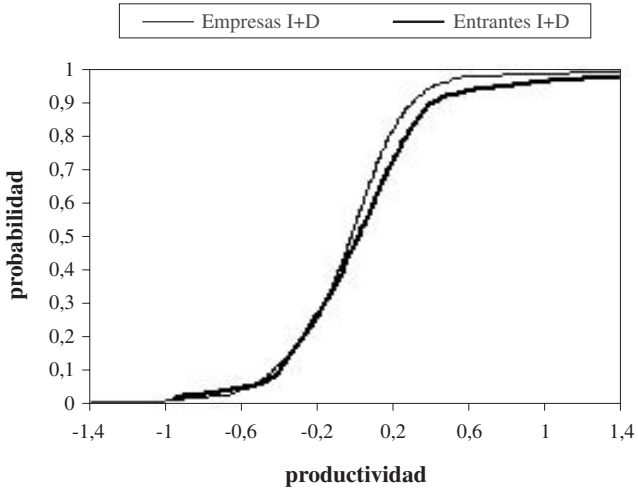
Gráfico 21: H3 EMPRESAS PEQUEÑAS. ENTRANTES VS. E. I+D [(t-1)-T]



---

Gráfico 22: H3 EMPRESAS GRANDES. ENTRANTES VS. E. I+D EN T

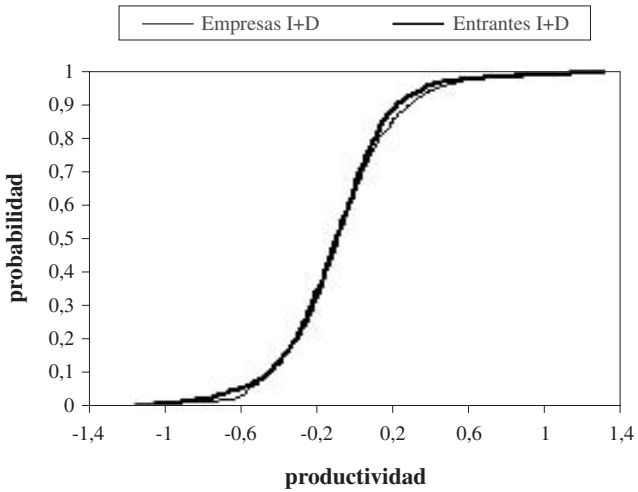
---



---

Gráfico 23: H3 EMPRESAS PEQUEÑAS. ENTRANTES VS. E. I+D EN T

---



**Cuadro 8: DIFERENCIAS DE PRODUCTIVIDAD  
ENTRE LAS EMPRESAS I+D Y LAS ENTRANTES I+D EN T**

	Número de observaciones		Diferencias de productividad*	Igualdad de las distribuciones		Diferencias favorables a las Empresas I+D	
	Entrantes I+D	Empresas I+D		Estadístico	P-Value	Estadístico	P-Value
Empresas grandes	57	315	-0,055	0,134	0,287	0,134	0,174
Empresas pequeñas	98	174	0,0006	0,069	0,903	0,024	0,928

\* Diferencias de productividad en la mediana de las distribuciones (Empresas I+D – Empresas Entrantes I+D).

En un análisis más detallado, efectuamos los contrastes para dos subperiodos, de  $(t-1)$  a  $t$  y de  $t$  a  $T$ . En el primer subperiodo (segunda y quinta fila del cuadro 7 y gráficos 24 y 25), mientras que para las empresas grandes no rechazamos la hipótesis de igualdad de las distribuciones, para las pequeñas sí que la rechazamos y, además, no rechazamos la existencia de diferencias favorables a las Entrantes I+D. En el segundo subperiodo (tercera y sexta fila del cuadro 7 y gráficos 26 y 27) para las empresas grandes no se rechaza la hipótesis de igualdad de las distribuciones de crecimiento de la productividad, mientras que para las pequeñas rechazamos tanto esta hipótesis como la de existencia de diferencias favorables a las Entrantes I+D.

Para interpretar estos resultados utilizamos los gráficos 28 y 29. Dado que nuestros resultados anteriores sugieren que no hay diferencias entre las productividades iniciales de las Entrantes I+D y las de las Empresas I+D, en los gráficos 28 y 29 la ordenada en el origen es común para las dos líneas que representan la evolución temporal de la productividad de ambos tipos de empresas (líneas EID e ID). Asimismo, no hay diferencias en el crecimiento de la productividad de  $t-1$  a  $T$  (pendiente de la línea AC). Sin embargo, esto es compatible con diferentes trayectorias de productividad para las Entrantes I+D.

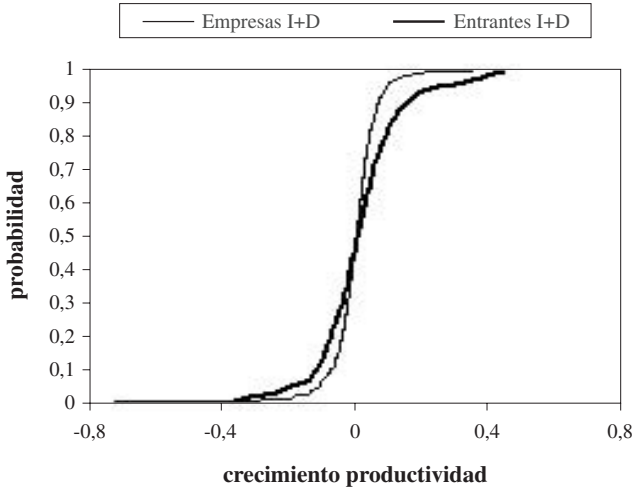
Para analizar estas trayectorias utilizamos los resultados de los contrastes por subperiodos. Para las empresas grandes (gráfico 28), independientemente del subperiodo considerado, los contrastes de KS no detectan ninguna diferencia entre las tasas de crecimiento de las Empresas I+D y las de las Entrantes I+D. Así, tanto en el tramo AB como en el BC las pendientes de las líneas EID e ID son idénticas. No es posible distinguir gráficamente entre ambas líneas. Para las empresas pequeñas los resultados de los contrastes de KS difieren en función del subperiodo considerado (gráfico 29). Para el primero, constatamos mayores tasas de crecimiento para las Entrantes I+D ( $\beta > \alpha$ ). Para el segundo, el contraste correspondiente evidencia un mayor crecimiento de la productividad para las Empresas I+D que para las Entrantes I+D ( $\gamma < \alpha$ ).



---

Gráfico 24: H3 EMPRESAS GRANDES. ENTRANTES VS. E. I+D [(t-1)-t]

---



---

Gráfico 25: H3 EMPRESAS PEQUEÑAS. ENTRANTES VS. E. I+D [(t-1)-t]

---

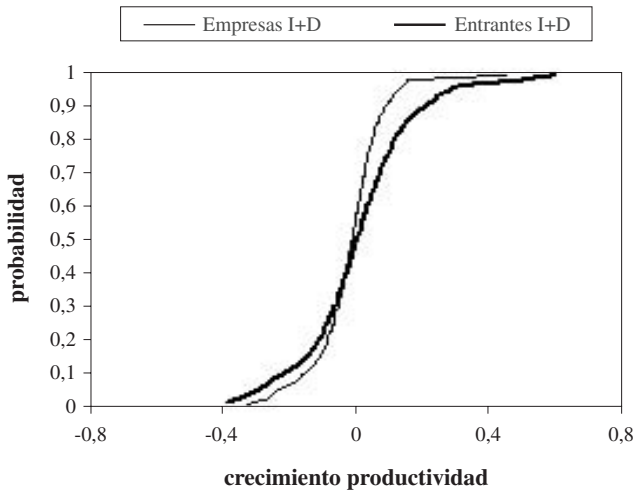


Gráfico 26: H3 EMPRESAS GRANDES. ENTRANTES VS. E. I+D (t-T)

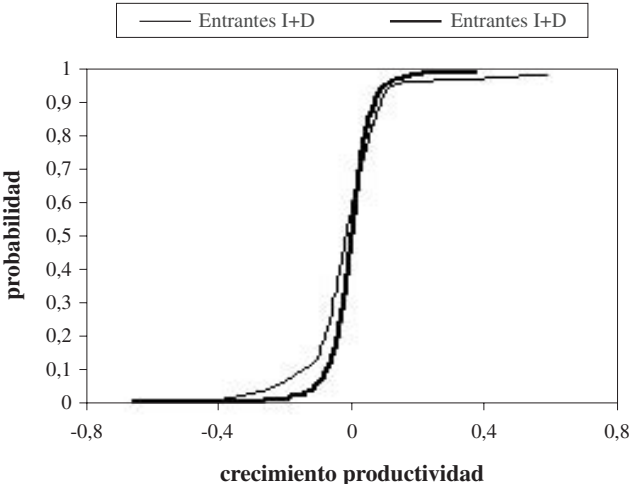


Gráfico 27: H3 EMPRESAS PEQUEÑAS. ENTRANTES VS. E. I+D (t-T)

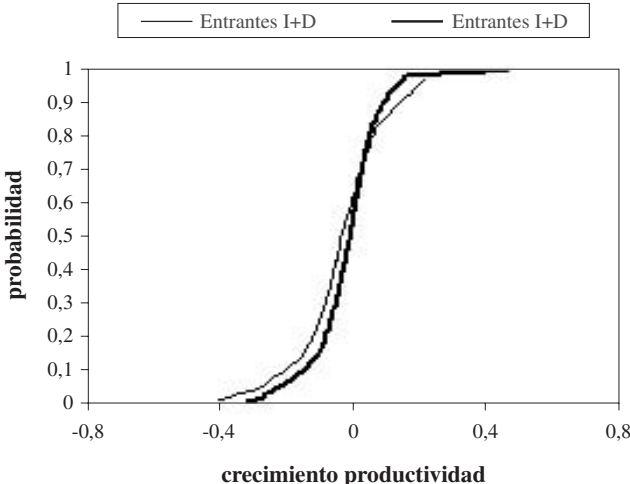


Gráfico 28: EMPRESAS GRANDES

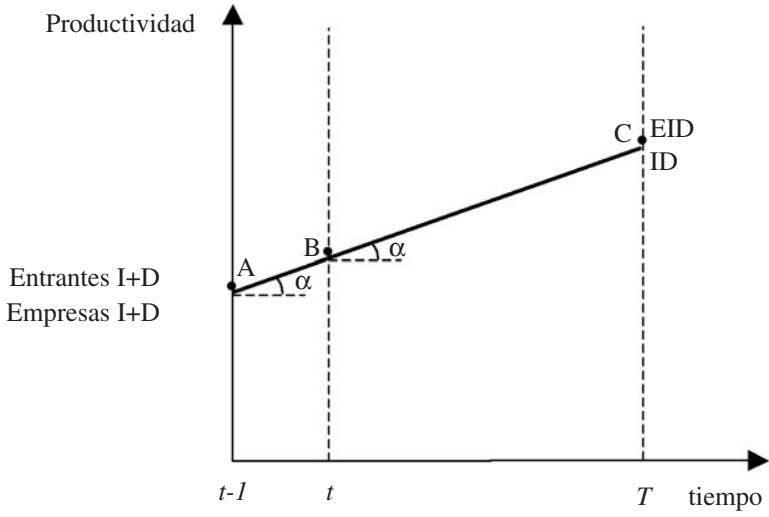
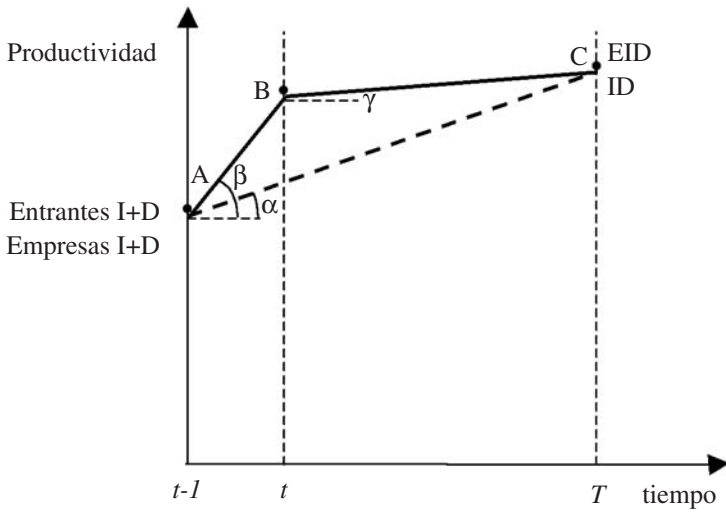


Gráfico 29: EMPRESAS PEQUEÑAS



Para las empresas pequeñas, pasar de no realizar a realizar I+D supone un salto inicial en productividad (de  $t-1$  a  $t$ ), que causa una divergencia temporal entre las tasas de crecimiento de productividad de las Entrantes I+D y las Empresas I+D. Sin embargo, transcurrido este periodo, las tasas de crecimiento de la productividad de las Empresas I+D son mayores que las de las Entrantes I+D. Posiblemente, de  $t-1$  a  $t$  domina el aprendizaje activo. Sin embargo, tras este periodo parecen dominar los efectos asociados a la I+D derivados del *R&D capital stock model* [Griliches (1979)], donde una mayor antigüedad de las Empresas I+D en el ejercicio de estas actividades (véase cuadro 9) les lleva a acumular un stock de conocimientos mayor, que provoca que las Empresas I+D crezcan más que las Entrantes I+D.

Cuadro 9: NÚMERO MEDIO DE AÑOS QUE LAS EMPRESAS REALIZAN ACTIVIDADES DE I+D: EMPRESAS I+D VS. ENTRANTES I+D

	Empresas I+D	Entrantes I+D
Empresas grandes	6,2	4
Empresas pequeñas	4,7	3,3
Total empresas	5,7	3,7

## 6. CONCLUSIONES

En este trabajo hemos investigado la relación entre I+D y productividad como una relación bidireccional, considerando tanto el posible impacto de la I+D sobre la productividad (hipótesis de rendimiento de la I+D) como la posible influencia de los niveles de productividad sobre la decisión de llevar a cabo actividades de I+D (hipótesis de selección de muestra).

Los resultados obtenidos están condicionados por el tamaño de las empresas. Así, para las empresas pequeñas, aquellas que realizan actividades de I+D disfrutan de mayores productividades que las que no las realizan. Estas diferencias de productividad son consistentes con la hipótesis de selección de muestra tanto por el lado de la entrada como por el lado de la salida: son aquellas empresas más productivas *ex-ante* las que inician actividades de I+D y son aquellas menos productivas en el momento de la entrada las que abandonan tales actividades. El análisis de la hipótesis de rendimiento muestra que inmediatamente tras la entrada este grupo de tamaño consigue un mayor ritmo de crecimiento de la productividad, tanto en relación con las empresas que no hacen I+D como con respecto a las que ya la realizaban.

Por lo que respecta a las empresas grandes, la productividad de las que realizan actividades de I+D es superior a la de las que no realizan tales actividades únicamente para tres años de la muestra analizada (1994, 1995 y 1998), si bien para los años 1996 y 1997 el rechazo de la hipótesis de igualdad de las distribuciones de

productividad está en torno al límite del diez por ciento de significatividad. Nuestros resultados para estas empresas sólo confirman que funciona la hipótesis de selección de muestra por el lado de la salida, es decir, sobre las empresas grandes que realizan I+D actúa un proceso de selección que hace que abandonen dicha inversión las empresas de partida menos productivas. Tampoco se constata la hipótesis de rendimiento de la I+D, lo que sugiere que posiblemente otros factores resultan fundamentales para la determinación de los niveles de productividad.

Finalmente, el resultado de los contrastes no condicionados al grupo de tamaño es coincidente con los resultados obtenidos para el grupo de empresas pequeñas. Esto pone de manifiesto la importancia de la relación entre la I+D y la productividad para la población total de empresas en el sector manufacturero español.

#### APÉNDICE A. ESTIMACIÓN NO PARAMÉTRICA DE LAS FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN

Una forma natural de estimar no paraméricamente la función de distribución acumulada  $F$  consiste en calcular

$$\hat{F}(z) = \int_{-\infty}^z \hat{f}(u) du$$

donde  $\hat{f}$  es un estimador no paramétrico de la función de densidad probabilística obtenido a través del método *kernel*. Donde  $\hat{F}(z)$  se calcula,

$$\hat{F}(z) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N K \left[ \frac{(z - x_i)}{h} \right]$$

donde  $K(u) = \int_{-\infty}^u k(v)dv$  es la función de distribución acumulada de la *kernel*  $k(v)$ .

En este trabajo se ha utilizado una *kernel* Gaussiana con parámetro de longitud de banda  $h = 0,9 \cdot A \cdot N^{-1/5}$ , donde  $A = \text{mín}(\text{desviación típica}, \text{rango intercuartílico}/1,34)$  ha sido estimado con los datos de la muestra.

#### APÉNDICE B. CÁLCULO DE LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES (PTF)

El cálculo del índice requiere la utilización de las siguientes variables:

*Producción.* Para obtener el dato de producción hemos ajustado el valor de las ventas por la variación neta de existencias. Para calcular la producción a precios constantes de 1991 (primer año de la muestra) hemos calculado deflatores individualizados por empresa utilizando la información sobre variaciones en el precio efectivo de venta de los productos de la empresa en cada uno de los mercados en los que opera y la participación de las ventas en cada mercado sobre las ventas totales de la empresa.

*Factor trabajo.* Se ha medido por el número de horas trabajadas. Para calcular esta variable hemos utilizado la siguiente información de la encuesta: número de trabajadores a tiempo completo y a tiempo parcial, la jornada normal diaria, las horas trabajadas y las horas no trabajadas. El total de horas trabajadas es el resul-

tado de multiplicar el número de trabajadores por la media de horas trabajadas. Para el cálculo del número de trabajadores hemos utilizado la información del número de trabajadores al final de cada año, tanto a tiempo completo como a tiempo parcial, así como las variaciones de trabajadores a lo largo de cada año.

*Consumos intermedios.* Se definen como la suma de las compras y los servicios exteriores, más la variación de existencias de compras. El ajuste de estas variables a pesetas constantes se ha efectuado utilizando deflatores individualizados por empresa, calculados a partir del precio pagado por la empresa al adquirir los distintos factores de producción: energía y combustibles, materias primas y otros aprovisionamientos y servicios exteriores.

*Factor capital.* Para el periodo 1993-1998 el *stock* de capital se aproxima para cada empresa mediante el valor del capital neto a coste de reemplazamiento, calculado éste como la diferencia entre el valor del capital bruto a coste de reemplazamiento menos su correspondiente amortización acumulada. Para los años 1991-1992 no se dispone de los datos necesarios para utilizar la aproximación arriba descrita, y el *stock* de capital se calcula utilizando la fórmula de inventario permanente de adelante hacia atrás, a partir de los valores para el *stock* de capital calculados para 1993. La fórmula de inventario permanente es:

$$KNR_t = I_t + KNR_{t-1} (1 - \delta_t) \frac{P_t}{P_{t-1}}$$

donde  $KNR$  es el capital neto a coste de reemplazamiento,  $I_t$  es la inversión en bienes de equipo,  $\delta_t$  es la tasa de depreciación de los bienes de equipo y  $P_t$  corresponde a los índices de precios para bienes de equipo publicados por el Instituto Nacional de Estadística.

*Participación de los factores en el coste.* Para cada factor, la participación en el coste es la proporción que representa el coste de ese factor en el coste total de los factores, siendo el coste total la suma del coste del factor trabajo, el coste de los factores intermedios y el coste del factor capital. El coste del trabajo se mide por la suma de salarios, contribuciones a la seguridad social y otros costes laborales pagados por la empresa. El coste del capital se calcula por medio de una estimación del coste de uso del capital, que se mide por el coste del endeudamiento de la empresa a largo plazo más la tasa de depreciación ( $\delta_t$ ) menos la variación del índice de precios para los bienes de capital.



#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arrow, K. (1962): "Economic welfare and the allocation of resources for inventions" en R. Nelson (ed.), *The rate and direction of Inventive Activity*, Princenton University Press.
- Baldwin, J.R. y M. Rafiqzaman (1995): "Selection versus evolutionary adaptation: learning and post-entry performance", *International Journal of Industrial Organization*, 13, págs. 501-522.
- Baldwin, J.R. (1997): "The importance of research and development for innovation in small and large Canadian manufacturing firms", *Research Paper 107*, Analytical Studies Branch, Statistics Canada.

- Caves, D.W., L.R. Christensen y E. Diewert (1982): "Multilateral comparisons of output, input and productivity using superlative index numbers", *Economic Journal*, 92, págs. 73-86.
- Cuneo, P. y J. Mairesse (1984): "Productivity and R&D at the firm level in French manufacturing", en Z. Griliches (ed.), *R&D, Patents and Productivity*, Chicago, University of Chicago Press.
- Delgado, M.A., J.C. Fariñas y S. Ruano (2002): "Firm productivity and export markets: a non-parametric approach", *Journal of International Economics*, 57, págs. 397-422.
- Ericson, R. y A. Pakes (1992): "An alternative theory of firm and industry dynamics", *Cowles Foundation Discussion Papers*, 1041, Yale University, New Haven, Connecticut.
- Ericson, R. y A. Pakes (1995): "Markov-perfect industry dynamics: a framework for empirical work", *Review of Economic Studies*, 62, págs. 53-82.
- Esteve Pérez, S., A. Sanchis Llopis y J.A. Sanchis Llopis (2004): "Microeconomic analysis of the survival of Spanish manufacturing firms", *Review of Industrial Organization*, 25, pág. 251-273.
- González, X. y J. Jaumandreu (1998): "Threshold effects in product R&D decisions: theoretical framework and empirical analysis", *Documento de Trabajo*, 9803, PIE-FEP.
- González, X., J. Jaumandreu y C. Pazó (1999): "Innovación, costes irre recuperables e incentivos a la I+D", *Papeles de Economía Española*, 81, págs. 155-166.
- Good, D., I.M. Nadiri y R. Sickles (1996): "Index number and factor demand approaches to the estimation of productivity", NBER working paper 5790.
- Griliches, Z. (1979): "Issues in assessing the contribution of R&D to productivity growth" *The Bell Journal of Economics*, 10, págs. 92-116.
- Griliches, Z. y J. Mairesse (1983): "Comparing Productivity Growth: An Exploration of French and U.S. Industrial and Firm Data", *European Economic Review*, 21, págs. 89-119.
- Griliches, Z. y J. Mairesse (1984): "Productivity and R&D at the firm level", en Z. Griliches (ed.), *R&D, Patents and Productivity*, Chicago, University of Chicago Press.
- Griliches, Z. y J. Mairesse (1990): "R&D and productivity growth: comparing Japanese and U.S. manufacturing firms", en C. Hulten (ed.), *Productivity Growth in Japan and the United States*, volumen 53 de *Studies in Income and Wealth*, Chicago, University of Chicago Press.
- Hall, B. (1990): "The impact of corporate restructuring on industrial R&D", *Brookings Papers on Economic Activity: Microeconomics*, págs. 85-124.
- Hall, B.H. y J. Mairesse (1995): "Exploring the relationship between R&D and productivity in French manufacturing firms", *Journal of Econometrics*, 65, págs. 263-293.
- Hall, B.H. y J. Mairesse (1996): "Estimating the Productivity of Research and Development in French and United States Manufacturing Firms: An Exploration of Simultaneity Issues with GMM Methods", en K. Wagner y B. van Ark (eds.), *International productivity differences: Measurement and explanations. Contributions to Economic Analysis*, Elsevier Science, North-Holland.
- Handcock, M.S. y M. Morris (1999): *Relative distribution methods in the social sciences*, New York, Springer-Verlag.
- Hopenhayn, H. (1992): "Entry, exit and firm dynamics in long run equilibrium", *Econometrica*, 60, págs. 1127-1150.
- Jovanovic, B. (1982): "Selection and the evolution of industry", *Econometrica*, 50, págs. 649-670.
- Kolmogorov, A.N. (1933): "Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione", *Giornale dell'Istituto Italiano degli Attuari*, 4, págs. 83-91.

Pakes, A. y R. Ericson (1998): "Empirical implications of alternative models of firm dynamics", *Journal of Economic Theory*, 79, págs. 1-45.

Smirnov, N.V. (1939): "On the estimation of the discrepancy between empirical curves of distribution for two independent samples", *Bull. Math. University of Moscow*, 2, págs. 3-14.

Sutton, J. (1991): *Sunk costs and market structure*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

*Fecha de recepción del original: julio, 2002*

*Versión final: abril, 2004*

#### ABSTRACT

This paper analyses the differences in total factor productivity between R&D investing firms and firms that do not undertake these activities. We allow for a two way relationship between R&D and productivity by applying non-parametric testing procedures and the concept of stochastic dominance. Firm data are drawn from the Spanish Encuesta sobre Estrategias Empresariales for 1991-1998. Our results show that R&D investing firms are more productive. Furthermore, the most productive firms self-select themselves into R&D activities and by starting these activities they reach higher levels of productivity.

*Key words:* productivity and R&D, firm data, stochastic dominance, non-parametric analysis.

*JEL classification:* D21, D24, L10, C12, C14.