

**Impacto del esfuerzo tecnológico ante diferentes niveles de productividad del trabajo:  
Evidencia empírica en la empresa industrial española durante el período 1993-1998.**

Leopoldo Laborda Castillo  
leopoldo.laborda@uah.es  
Universidad de Alcalá  
Departamento de Ciencias Empresariales

**Resumen:**

Identificar los factores que facilitan el crecimiento económico ha sido un tema extensamente tratado en la literatura, tanto desde un punto de vista teórico como empírico. En este contexto parece existir un acuerdo generalizado sobre la necesidad de garantizar la acumulación de capital y la mejora de la productividad para lograrlo, si bien el debate sigue abierto respecto a la endogeneidad o exogeneidad del progreso técnico.

La hipótesis de partida adoptada en este trabajo para intentar explicar el crecimiento económico y sus condicionantes descansa en la modelización ya clásica propuesta por Griliches (1979) para analizar la relación entre el esfuerzo tecnológico realizado y la productividad del trabajo. Del anterior modelo de crecimiento económico se plantean algunas derivaciones a fin de poder incorporar varias fronteras de eficiencia a través de las cuales probar la robustez del modelo ante diferentes puntos de partida respecto a la productividad del trabajo que presenta una industria.

En cierta manera el objetivo subyacente es intentar analizar el distinto impacto que el esfuerzo tecnológico tiene sobre empresas industriales con niveles diferentes de productividad del trabajo.

**Palabras clave:**

Crecimiento económico, Eficiencia Técnica, Esfuerzo tecnológico.

## 1.1. – Introducción.

El modelo macroeconómico de crecimiento planteado queda enmarcado en una conocida y transitada línea de trabajos que siguiendo el esquema introducido por Griliches (1979), trata de precisar el efecto que las actividades tecnológicas tienen sobre el crecimiento económico<sup>1</sup>.

El citado procedimiento de Griliches desarrolla las modificaciones necesarias a la función de producción para que constituya una medida apropiada de la productividad en presencia de otros factores, permitiendo una primera aproximación al análisis de la influencia del capital tecnológico sobre el crecimiento de la productividad en el sector industrial<sup>2</sup>.

Los resultados obtenidos de la aplicación de este tipo de análisis en la economía española (tal como se verá más adelante) difieren en gran medida en cuanto a la intensidad de la relación apuntada, aun cuando coinciden en señalar un efecto positivo y significativo del capital tecnológico sobre el output.

Desde el anterior planteamiento el análisis de la productividad se basa en indicadores, bien de la productividad aparente de un factor o bien de la productividad total de los factores (PTF). En este último caso, es práctica habitual medir el crecimiento de la productividad utilizando aproximaciones no paramétricas de números índice, estimando así de forma residual (residuo de Solow) el crecimiento de la PTF.

El problema que presentan estas aproximaciones no frontera para el objetivo marcado en este capítulo es que obtienen estimaciones sesgadas del crecimiento de la productividad en presencia de ineficiencia, no pudiéndose identificar las ganancias de productividad exclusivamente con progreso técnico<sup>3</sup>.

De esta manera, en el presente análisis se opta por relajar el anterior supuesto con el fin de estimar las diferencias existentes en eficiencia entre los agentes económicos (en este caso representados por los distintos sectores industriales que conforman la manufactura española), a fin de poder contrastar la hipótesis de un posible efecto apalancamiento de la productividad del trabajo sobre el esfuerzo en I+D realizado.

---

<sup>1</sup> Dicho esquema se basa, tal como señala Rodríguez (1992), en la definición de un capital tecnológico resultado de la acumulación (con unas condiciones determinadas de depreciación y maduración) de las actividades de I+D realizadas anualmente, para su posterior inclusión como input adicional en la función de producción.

<sup>2</sup> Empleando una tecnología Cobb-Douglas sin restricciones respecto al tipo de rendimiento de escala existente, se obtiene una formulación con la cual incorporar el progreso tecnológico en los modelos de crecimiento.

<sup>3</sup> Implícitamente se asume que todas las unidades de producción son igualmente eficientes.

Para ello es necesario estimar la frontera de producción (*best-practice frontier*) en la que se localizan los agentes eficientes, de manera que a partir de esa frontera se calculan las desviaciones de las demás empresas de esta frontera, es decir las ineficiencias.

Concluyendo, el método estadístico utilizado para contrastar la hipótesis planteada descansa (tal como ya se ha abordado en el capítulo anterior) en la estimación econométrica de Fronteras Paramétricas de Producción (FPP), a partir de la metodología sugerida inicialmente por Cornwell, Schmidt y Sieckles (1990)<sup>4</sup>.

El presente trabajo se estructura tal como se señala a continuación. En el apartado 1.2 se considera brevemente la hipótesis básica a contrastar en este capítulo, y en virtud de la cual se postula un efecto apalancamiento de la productividad del trabajo sobre el esfuerzo en I+D realizado, que varía en función del nivel de eficiencia de partida. A partir de esta hipótesis de partida, el análisis empírico propuesto queda vertebrado en tres epígrafes, en el primero de los cuales se realiza una revisión de la literatura empírica más relevante, en el segundo se analiza la naturaleza del método de regresión empleado para evaluar el grado de bondad del esquema de decisión planteado en el capítulo anterior, y en el tercero se recogen los principales resultados obtenidos. En el apartado 1.3 se recopilan las principales conclusiones obtenidas fruto de los planteamientos anteriores.

## **1.2. – Revisión de la literatura, método empírico de análisis y contraste de hipótesis en el sector industrial español.**

Tal como se ha señalado en la introducción de este trabajo, el procedimiento desarrollado por Griliches incorpora las modificaciones necesarias a la función de producción para que constituya una medida apropiada de la productividad en presencia de otros factores, permitiendo una primera aproximación al análisis de la influencia del capital tecnológico sobre el crecimiento de la productividad en el sector industrial.

A partir de la anterior base metodológica, el objeto de este capítulo es profundizar en la anterior relación al objeto de poder analizar la posible existencia de un efecto apalancamiento de la productividad del trabajo sobre el esfuerzo en I+D realizado<sup>5</sup>. Además de la relación directa y positiva hipotetizada entre la productividad del trabajo y el esfuerzo en I+D se señalan otras relaciones susceptibles de condicionar la citada relación, representadas por:

---

<sup>4</sup> Esta metodología consiste en ajustar los datos a una determinada frontera de producción, y a partir de ella calcular las medidas de eficiencia de las empresas comparando los valores observados con el óptimo definido por la frontera estimada.

<sup>5</sup> Retomando la definición de eficiencia técnica en virtud de la cual se busca maximizar el nivel de output que puede obtenerse a partir de una combinación determinada de inputs, la primera hipótesis planteada en este capítulo es si el esfuerzo en I+D (y también el nivel de capital por trabajador) constituye un catalizador importante del éxito en la utilización de los recursos productivos. Desde esta perspectiva, la ineficiencia no es más que la diferencia entre los valores observados por la producción y los valores máximos alcanzables dada la tecnología utilizada.

- El impacto del *efecto apalancamiento* del esfuerzo en I+D fruto del nivel de productividad del trabajo de partida. Este condicionante de la relación apuntada queda sustentado en dos supuestos básicos:
  - El primer supuesto hace referencia a la necesidad de que se supere un cierto nivel de eficiencia técnica para que pueda darse el apalancamiento (en el corto plazo) de la actividad tecnológica sobre el crecimiento económico (de hay que las fronteras seleccionadas partan del 30 % de las empresas más eficientes de cada sector).
  - El segundo supuesto señala que este efecto apalancamiento se va diluyendo, cuando el nivel de eficiencia alcanzado por la empresa está próximo al *límite de su tecnología*<sup>6</sup>.
- La influencia que los efectos *sectoriales y temporales* tienen sobre la citada relación. Estos condicionantes de la relación apuntada quedan sustentados en dos supuestos básicos:
  - El primer supuesto referente al efecto sectorial, manifiesta que en los sectores tecnológicos la relación entre el esfuerzo en I+D y la productividad del trabajo se verá más acentuada que en los sectores no tecnológicos (ya que por definición estos últimos realizan un menor esfuerzo en I+D).
  - El segundo supuesto hace alusión al efecto temporal, al señalar la influencia del ciclo económico sobre la relación entre el esfuerzo en I+D y la productividad del trabajo (debido a que en años con ciclo económico expansivo las empresas dedican en general más recursos a las actividades de I+D).

Señalados los anteriores aspectos, a nivel empírico se propone un análisis de regresión como forma de contrastar si el impacto hipotetizado de la productividad del trabajo y el esfuerzo en I+D sobre el crecimiento económico, se ve refrendado en el contexto de la empresa industrial española durante el periodo 1993-1998.

La implicación positiva más interesante del contraste de la anterior hipótesis es que una economía como la española dotada de un acervo de capital tecnológico total modesto, experimentará un crecimiento más rápido que otras economías que parten de niveles más bajos de eficiencia técnica (y que no superan el listón señalado en el capítulo anterior), ante incrementos del esfuerzo realizado en la acumulación de capital tecnológico.

---

<sup>6</sup> En este sentido autores como Roussel, Saad, y Erickson (1991), señalan la necesidad de tener en cuenta en los análisis en los que se contempla un periodo temporal de varios años, una serie de elementos condicionantes, como son por un lado las características del ciclo de vida del sector (emergente, en crecimiento, maduro, o en declive) y de la tecnología (embrionaria, en crecimiento, madura, o vieja), y por otro el cambio en la composición de la producción industrial, por su incidencia en los resultados obtenidos al contrastar el modelo macroeconómico de crecimiento económico aquí presentado.

### 1.2.1. – Revisión de la literatura empírica sobre la relación entre la productividad del trabajo y el esfuerzo en I+D

Desde un punto de vista empírico, los modelos teóricos de crecimiento económico han dado origen a dos tradiciones de investigación pioneras, que con el devenir de los años han tomado cuerpo en distintas líneas de investigación<sup>7</sup>:

- La primera tradición empírica se centra en el estudio de la *relación entre eficiencia técnica y crecimiento económico*, constituyéndose en uno de los pilares básicos para los análisis empíricos enmarcados dentro del campo de las teorías modernas de crecimiento económico.

Estos estudios pioneros encargados de analizar la relación entre eficiencia técnica y crecimiento económico son agrupados bajo la denominación de “contabilidad del crecimiento exógeno”, y entre ellos destacan a nivel internacional las aportaciones de autores como Solow (1956) o Abramovitz (1991). En este contexto, Solow (1956) se encarga de establecer una metodología<sup>8</sup> para la cuantificación del crecimiento económico, a través de la cual introduce en el análisis la medición del cambio técnico dentro de la función agregada de producción, llegando a la conclusión de que en la economía norteamericana durante el periodo 1909-1949, el cambio tecnológico ha inducido importantes correcciones en la curva que representaba la función de producción.

Es importante señalar que ya en estos primeros trabajos se detecta la importancia de considerar adicionalmente el progreso técnico como factor esencial a incorporar en el análisis del crecimiento económico, concretamente Abramovitz (1991) señala que una gran parte del aumento en la producción per cápita en los Estados Unidos desde 1870, no se debe a incrementos en el stock de capital físico o en la oferta de trabajo, sino a un factor relativo al progreso técnico. Del tronco común de la “contabilidad del crecimiento exógeno” surgen una serie de derivaciones que dan lugar a una serie de líneas de investigación, cuyo objetivo es reducir la complejidad de los análisis al centrarse en aspectos más concretos de la función de producción como son:

- El papel del *capital y el trabajo en el crecimiento económico*, en lo que supone una continuación de la contabilidad del crecimiento endógeno con trabajos como los de Hudson y Jorgenson (1978), Norsworthy y Kunze (1979), Terleckyj (1980), Baily (1982), Baumol (1986), Berndt y Fuss (1986), o Baldwin (1991), en los cuales fruto de su preocupación por explicar las causas de la desaceleración del crecimiento de las economías en determinadas

---

<sup>7</sup> En esta revisión no se recogen los trabajos realizados en el ámbito nacional ya que serán analizados con detalle en el apartado dedicado a los resultados empíricos, toda vez que constituyen las referencias de los contrastes econométricos realizados.

<sup>8</sup> En estos estudios se adoptaba la función de producción introducida por Cobb y Douglass para expresar matemáticamente el cambio del output cuando las cantidades de capital físico y de trabajo se veían modificadas.

circunstancias continúan la tradición de Abramovitz (1956) y Solow (1956), de utilizar como inputs de la función de producción el capital físico y el trabajo<sup>9</sup>.

- El impacto de los *bienes intermedios en el crecimiento económico*, en lo que supone una continuación de la contabilidad del crecimiento endógeno, con trabajos de carácter multisectorial como los realizados por Domar (1961), Vaccara (1970), y Grossman y Helpman (1991a), y que tiene en los trabajos pioneros de Leontief (1958), su principal punto de apoyo para incorporar a la función de producción tradicional un input adicional, relativo a los consumos de factores como vía para perfeccionar la medición del crecimiento económico exógeno.
- La segunda tradición empírica que sustenta las aportaciones en torno a las nuevas teorías de crecimiento económico, se centra en la relación entre *progreso tecnológico y crecimiento económico*, y se conoce como “contabilidad del crecimiento endógeno”.

Griliches (1957) inicia esta importante tradición con un artículo en el cual analiza el impacto del cambio técnico en el sector agrícola de los Estados Unidos desde 1932 hasta 1956, llegando a la conclusión de que los procesos de innovación introducidos en estos sectores tienen el suficiente impacto como para ser analizados con más detalle, como el mismo se encargó de realizar en sucesivos trabajos que serán abordados más adelante.

Algunos de los trabajos pioneros a nivel empírico más relevantes pertenecen a autores como Arrow, Chenery, Minhas, y Solow (1961), o Jorgenson, Gollop, y Fraumeni (1987).

De manera análoga al anterior planteamiento, del tronco común de la “contabilidad del crecimiento endógeno”, surgen una serie de derivaciones que dan lugar a una serie de líneas de investigación, cuyo objetivo es incluir en la tradicional función de producción una serie de factores adicionales como son:

- La influencia de la *actividad de I+D en el crecimiento económico*, es liderada por primera vez por Mansfield (1965), en lo que supone un intento serio para introducir en la función de producción un factor de progreso técnico de una manera endógena.

El testigo en esta línea de investigación es recogido por Griliches (1979), cuya influencia se deja sentir en una serie de autores entre los que destacan, Scherer (1982), Cohen y Levinthal (1989), o Cameron y Trivedi (1998).

---

<sup>9</sup> En estos trabajos, si bien se consideran métricas cada vez más perfeccionadas, el acento sigue estando en cuantificar la eficiencia técnica de los factores utilizados (normalmente capital físico y trabajo), dejando el progreso tecnológico como un residuo del modelo en los términos ya planteados por Solow, es decir como una variable exógena.

- La importancia del *stock de innovaciones sobre el crecimiento económico*, constituye una alternativa al intento de Mansfield antes señalado de introducir en la función de producción un factor de progreso técnico de una manera endógena.

Esta línea de investigación adopta una perspectiva evolutiva<sup>10</sup> que recoge aportaciones pioneras como las de Nelson, Winter y Schuette (1976), cuyo gran referente teórico es el pensamiento de Schumpeter<sup>11</sup>, contando en la actualidad con las aportaciones destacadas de Amable (1993).

- La inclusión de *factores moderadores del crecimiento económico* en la función de producción clásica intenta servir de complemento a los anteriores planteamientos a la hora de explicar el crecimiento económico de una manera endógena. Esta tradición se inicia con los trabajos de Arrow (1962a), y es continuada con los de Romer (1986), Lucas (1988), Barro (1991), o Eaton y Tamura (1996), en los cuales se proponen factores de naturaleza tan diversa como el capital humano, o el gasto público en infraestructuras.

### 1.2.2. – Método empírico para el análisis de la relación entre la productividad del trabajo y el esfuerzo en I+D.

El soporte metodológico de los análisis econométricos planteados en esta tesis doctoral gira en torno al método de regresión. En este contexto los métodos de regresión utilizados para la construcción de modelos explicativos para este tipo de relaciones apuntadas, presentan la estructura general:

$$E(y|S, T, t, X) = \alpha + \sum_j \beta S + \sum_k \gamma T + \sum_l \lambda t + X\delta \quad [1]$$

Adicionalmente las regresiones pueden representarse como:

$$E(y|S, T, t, X) = F\left(\alpha + \sum_j \beta S + \sum_k \gamma T + \sum_l \lambda t + X\delta\right) \quad [2]$$

<sup>10</sup> Desde esta perspectiva, el impulso fundamental que pone en marcha la “máquina” capitalista no procede del crecimiento casi automático de la población y el capital ni de las veleidades del sistema monetario, sino de los nuevos bienes de consumo, de los nuevos métodos de producción y transporte, de los nuevos mercados, y de las nuevas formas de organización industrial que crea la empresa capitalista. Por tanto, la apertura de nuevos mercados (extranjeros o nacionales) y el desarrollo de la organización de la producción (desde el taller de artesanía y la manufactura hasta los actuales disposiciones organizativas) ilustran el mismo proceso de mutación industrial, que para Schumpeter revoluciona incesantemente la estructura económica desde dentro, destruyendo ininterrumpidamente lo antiguo y creando continuamente elementos nuevos. Este proceso denominado por Schumpeter “destrucción creativa”, constituye la característica fundamental del capitalismo desde este planteamiento evolutivo de la economía.

<sup>11</sup> La obra de Schumpeter (1946) “*Capitalismo, Socialismo y Democracia*”, constituye un hito en el pensamiento económico moderno, de manera especial en el campo del crecimiento económico. En la citada obra, Schumpeter plantea una vía alternativa para el análisis del crecimiento económico en clara competencia con el pensamiento económico dominante, y en el que el análisis del estado estacionario ocupa un aspecto central. En este sentido, para Schumpeter la naturaleza de una economía capitalista no sólo no es jamás estacionaria, sino que su propia naturaleza presenta un carácter evolutivo en el cual la nota dominante es una incesante transformación que altera constantemente las condiciones económicas de partida.

En las anteriores ecuaciones  $S$ ,  $T$ ,  $t$ , hacen referencia a conjuntos de variables artificiales relativas a la industria (representadas por las distintas ramas o sectores que la componen), la empresa (definida por tamaños en función del número de empleados), y tiempo (cuantificada por los años considerados en el análisis, teniendo en cuenta que la adscripción de una empresa a una determinada industria puede variar con el tiempo),  $X$  son variables con la misma periodicidad de variación que  $y$ , y  $F$  representa una forma funcional particular<sup>12</sup>.

A partir de las anteriores aspectos generales, los modelos econométricos planteados en este capítulo son estimados por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), y presentan la forma<sup>13</sup>:

$$INDEFT\_N_{it} = \alpha + \beta_0 INDEFC_{it} + \beta_1 E\_I + D_{it} + \sum d SECT + \sum d AÑO + \varepsilon_{it} [3]$$

Como medida del output (variable independiente) se elige la eficiencia técnica normativa  $INDEFT\_N_{it}$ , medida en los términos de productividad del trabajo y especificada en la expresión [4].

Tal como se recordará, el análisis de eficiencia que se aplica en este trabajo es el utilizado por Baldwin (1991) para el sector industrial canadiense a nivel internacional, y Merino y Salas (1995) para el análisis entre empresas de capital nacional o extranjero en el sector manufacturero español<sup>14</sup>.

La medida de eficiencia que se propone en este trabajo<sup>15</sup> implica determinar el índice de eficiencia a partir del cociente entre su output teórico o potencial, medido en términos de valor añadido, y el input medido a través de las horas realmente trabajadas por los empleados (horas año, más horas extras, menos horas no trabajadas) controlando por medio de las empresas más eficientes de cada sector.

---

<sup>12</sup> La metodología para construir estos modelos de regresión comienza con un gráfico de los datos, a continuación se estiman los parámetros del modelo, posteriormente se construyen intervalos de confianza o se efectúan contrastes de hipótesis respecto a los parámetros, y finalmente se comprueban las hipótesis de partida mediante el análisis de residuos.

<sup>13</sup> Repárese como en el modelo de regresión propuesto para el análisis sectorial realizado en este capítulo, las variables artificiales omitidas son las relativas al tamaño de la empresa, de manera que el modelo no presente problemas de multicolinealidad.

<sup>14</sup> Dentro de las diferentes categorías de eficiencia (de escala, asignativa o técnica), se prestará atención a la eficiencia técnica que se determina cuando una empresa obtiene el máximo nivel de producto posible a partir de los recursos utilizados (actúa sobre la isocuanta de su nivel de producción). La existencia de ineficiencia sugiere que la misma cantidad de recursos daría lugar a un mayor volumen de producción si se reasignaran desde las empresas menos eficientes. Trabajos representativos de la medida de la eficiencia técnica mediante estimaciones paramétricas son los realizados por Farrell (1978).

<sup>15</sup> Para un análisis más detallado véanse los trabajos de Berges y Pérez (1986), o de Merino y Salas (1995 y 1996).

En términos generales, el índice de eficiencia<sup>16</sup> a determinar quedaría expresado de acuerdo con

la expresión  $INDEFT\_N_{it} = \frac{\left(\frac{\text{Valor añadido}}{\text{hrs. trabajadas}}\right)_i}{\left(\frac{\text{Valor añadido}}{\text{hrs. trabajadas}}\right)_j}$ , donde  $INDEFT\_N_{it}$  representa la relación

entre el numerador como el valor añadido y el número de horas trabajadas de la empresa sobre el mismo ratio para cada uno de los sectores respecto de las empresas más eficientes.

Para la determinación del valor añadido no se ha tenido en cuenta que los gastos en I+D que las empresa realizan se verán afectados por los tipos de cambio de la moneda nacional con respecto a la de otros países<sup>17</sup>.

Respecto a los inputs, se consideran:

- Por un lado el *capital físico*, como variable mediadora calculada mediante un índice de su eficiencia del capital (*INDEFC*), que es el cociente la cifra de activo y el número de trabajadores, ambas magnitudes consideradas como variables flujo.

En trabajos como los de Martín y Suárez (1996), el capital físico se toma como una variable stock de capital real o valor de reposición del stock de capital neto (*KNR*), calculado a través de la aplicación de la siguiente fórmula iterativa:

$$KNR_t = (1-d)KNR_{t-1} \frac{P_t}{P_{t-1}} + I_t \quad [4]$$

En la anterior expresión  $P$  es el índice de precios de los activos considerados como bienes de capital,  $d$  es la tasa de depreciación de los activos, e  $I$  es la inversión en bienes de equipo durante el año<sup>18</sup>.

La jornada laboral efectiva (como ya se ha señalado en este mismo capítulo) se calcula sumando las horas efectivamente trabajadas en el año por trabajador, lo que implica sumar la jornada

<sup>16</sup> Existen dos diferencias a considerar respecto del trabajo de Merino y Salas (1996): la primera sería la consideración del input en el índice de eficiencia, ya que en lugar del número de trabajadores, se obtiene a partir del número de horas realmente trabajadas, con el fin de recoger la utilización efectiva del factor trabajo, la segunda diferencia se refiere a la disposición de los datos, analizados a partir de un panel para el período 1993 a 1998 en lugar de un corte transversal.

<sup>17</sup> Sin duda esto puede representar algunas distorsiones en magnitudes como el esfuerzo en I+D realizado (por ejemplo en 1993 se asistió a una devaluación de la peseta).

<sup>18</sup> Para ver con más detalle la construcción de esta variable puede consultarse el trabajo de Martín y Suárez (1996).

normal vigente para la mayor parte del personal y las horas extraordinarias, menos las horas no trabajadas.

- Por otro el *esfuerzo en I+D* ( $E_{I+D}$ ), como variable dependiente calculada en los términos ya señalados del sumatorio de los gastos totales en I+D y las importaciones de tecnología.

En trabajos como los de Beneito (2001) el capital tecnológico que recoge la inversión en I+D se toma como una variable stock, construida utilizando una serie histórica mediante un método de inventario permanente para cada período (considerado como la suma de capital del periodo anterior, menos la depreciación del capital, y más las inversiones del periodo anterior), en los términos recogidos por la siguiente expresión:

$$K_{it} = (1 - \delta)K_{it-1} + R_{it-1} \quad [5]$$

En la anterior expresión,  $\delta$  es el ratio de depreciación,  $K$  es el stock de capital en I+D, y  $R$  representa los gastos reales en I+D. Para estimar el capital en I+D de acuerdo con la ecuación anterior se necesita un valor inicial para  $K$ , con el cual iniciar el proceso recursivo.

Mediante la expresión [5], el stock de capital en I+D al final del primer año, puede cuantificarse

mediante la expresión  $K_1 = \frac{R_1}{(1+g)} \cdot \frac{1-\mu^\tau}{(1-\mu)}$ , donde  $\mu = (1-g) \cdot (1-\delta)$  y  $\tau$  representan el número de años que hace que la empresa se ha establecido.

De una manera operativa el stock de capital de conocimiento  $K^*$ , para cada año  $t$  es definido como  $K_t^* = K_t d_t + K_{t-1}^* (1 - d_t)$ , donde  $K$  es el stock de I+D calculado de acuerdo con el método del inventario permanente, y donde  $d_t$  es definido como una variable que toma el valor uno si la empresa realiza actividades de I+D y cero si no lo hace<sup>19</sup>.

Adicionalmente se incorpora en el modelo una serie de dummies de sector (concretamente se recogen 17 sectores de la industria manufacturera española), y de año (en este caso los comprendidos entre el período 1994-1998). Los datos empleados para la estimación del nivel de (in)eficiencia de las empresas manufactureras españolas es el panel de datos compuesto por la muestra común de empresas de

<sup>19</sup> De acuerdo con la expresión recogida en este mismo párrafo, los gastos operativos del stock de capital destinado a actividades de I+D para el año  $t$  es el acumulado de ese stock, en los términos definidos en la expresión [5].

la Encuesta Sobre Estrategias Empresariales<sup>20</sup> (ESEE) del Ministerio de Industria en el periodo 1993-1998.

### **1.2.3. – Contraste de la hipótesis relativa a la relación entre la productividad del trabajo y el esfuerzo en I+D en el sector industrial español.**

Al aproximarse al análisis de la relación entre la productividad del trabajo y el esfuerzo en I+D es conveniente revisar dos líneas de investigación que abordan aspectos parciales de dicha relación.

- El análisis del *grado de eficiencia de unidades productivas* es un tema bastante estudiado a nivel teórico, y sobre el que existe una abundante literatura empírica en el ámbito español para determinados sectores de actividad.

En un contexto más amplio que el objeto de estudio (la empresa industrial española) Berges y Pérez (1986) obtienen para una muestra de empresas españolas y europeas, una eficiencia de 0.2 lo que quiere decir que el promedio de las grandes empresas europeas tiene una eficiencia técnica igual al 20 por 100 de la correspondiente al 1 por 100 de las empresas más eficientes.

Martín y Suárez (1997) realizan un estudio a nivel inter e intrasectorial de la eficiencia de la industria española utilizando técnicas de panel sobre 855 empresas manufactureras españolas. Los resultados obtenidos subrayan una gran heterogeneidad en el grado de ineficiencia de las empresas manufactureras, estimando en 0.60 el grado de eficiencia media.

Gumbau (1998) analiza la eficiencia técnica de los sectores industriales españoles durante el periodo 1991-1994 utilizando la Encuesta Sobre Estrategias Empresariales (ESEE) del Ministerio de Industria y Energía, siguiendo un enfoque de frontera estocástica para calcular los niveles de eficiencia que se obtienen tras la estimación de una función de producción frontera con dos factores de producción: trabajo y capital privado, detectando niveles de eficiencia en torno al 76-83%, esto es, podría incrementar la producción en torno al 17-24% con los factores productivos realmente utilizados. Dicha ineficiencia media es bastante similar entre los distintos sectores de la industria si bien existen importantes diferencias en cuanto a las desigualdades intrasectoriales.

- Respecto al estudio de la *influencia que la actividad tecnológica tiene sobre el crecimiento del sistema productivo*, también es un aspecto bastante tratado tanto desde un punto de vista teórico como aplicado, en el contexto de la economía española.

---

<sup>20</sup> En el apéndice estadístico y metodológico de esta tesis doctoral se presenta además de las características de la muestra empleada, un breve análisis descriptivo con algunos de los rasgos estructurales más relevantes de la empresa industrial española durante el periodo considerado, a fin de ponderar en su justa medida los resultados de los contrastes realizados en este trabajo.

Centrando el análisis en las cajas de ahorro españolas Grifell-Tatjé, Prior, y Salas (1994), realizan un estudio de la relación entre el capital tecnológico y la actividad económica para datos temporales del periodo 1964-1980, mediante estimaciones por MCO en las que se obtiene una productividad marginal del capital tecnológico implícita que oscila entre 650%-850%, y una elasticidad entre 0.11-0.16 dependiendo de distintas hipótesis sobre grado de depreciación y perfil de evolución.

Grandón y Rodríguez Romero (1991) analizan la relación entre el capital tecnológico y la actividad económica para datos de empresas durante el periodo 1973-1981, mediante un panel en el que se obtiene una productividad marginal del capital tecnológico implícita que oscila entre 46%-96%, y una elasticidad entre 0.04-0.044, contemplándose una depreciación de capital tecnológico de 0.15, y dummies sectoriales.

Por su parte Rodríguez (1992) lleva a cabo un estudio de la relación entre el capital tecnológico y la actividad económica para datos de empresas durante el periodo 1973-1981, mediante un panel incompleto en el que se obtiene una productividad marginal del capital tecnológico implícita que oscila entre 210%-430%, y una elasticidad entre 0.20-0.18, contemplándose una depreciación de capital tecnológico de 0.25, y dummies sectoriales.

Rodríguez Romero (1988), en un estudio realizado con una muestra de empresas industriales españolas durante el periodo 1974-1981, encuentra una elasticidad de la actividad económica respecto al capital tecnológico (medido en términos de gastos en I+D) inferior a la obtenida por los anteriores trabajos de Grifell-Tatjé, Prior, y Salas (1994), y sólo comparable a la obtenida por Grandón y Rodríguez Romero (1991).

Con estos antecedentes los resultados de los análisis planteados pretenden servir de puente entre estos dos enfoques de manera que pueda contrastarse, tanto la posible existencia de algún vínculo entre la eficiencia técnica alcanzada por la empresa y el esfuerzo realizado en actividades de I+D, como su posible efecto apalancamiento sobre el crecimiento económico.

Si bien la pauta extraída de los estudios, entre los que pueden citarse los que con carácter anual realizan instituciones como el INE o EUROSTAT, revelan la existencia de una correlación positiva entre el nivel de desarrollo tecnológico y la proporción de los recursos dedicados a la generación interna de tecnología respecto al total de recursos destinados a actividades tecnológicas, ésta presenta diferencias importantes dependiendo de los sectores industriales considerados.

### 1.2.3.1. - Análisis descriptivo de la productividad del trabajo y del esfuerzo en I+D

En este apartado se pretende realizar un análisis descriptivo de las magnitudes de referencia para la construcción del modelo de regresión que se pretende contrastar. En este sentido se hace imprescindible realizar una clasificación de los sectores industriales seleccionados, en virtud de la relación que tienen los pesos relativos de las actividades de I+D sectoriales con el esfuerzo tecnológico total (que en relación a su actividad llevan a cabo las distintas ramas industriales<sup>21</sup>), en los términos recogidos en el siguiente cuadro 1.

	<b>ITT mayor que la media</b>	<b>ITT menor que la media</b>
<b>ETT mayor que la media</b>	Sector 3.- Productos químicos Sector 6.- Máquinas de oficina Sector 7.- Accesorios eléctricos	Sector 8.- Vehículos automóviles Sector 9.- Otro material de transporte
<b>ETT menor que la media</b>	Sector 1.- Metales férreos y no férreos Sector 2.- Productos minerales Sector 4.- Productos metálicos Sector 5.- Máquinas agrícolas Sector 10.- Carne y preparados Sector 11.- Productos alimenticios Sector 12.- Bebidas Sector 13.- Textiles y vestido Sector 14.- Cuero, piel y calzado Sector 15.- Madera y muebles Sector 16.- Papel y artículos de papel Sector 17.- Productos de caucho Sector 18.- Otros productos industriales	

Fuente: Elaboración propia a partir de la ESEE.

Cuadro 1. Relación entre esfuerzo tecnológico total y grado de autonomía tecnológica.

Realizada la anterior clasificación<sup>22</sup>, el siguiente paso consiste en analizar los índices de eficiencia desagregados por sectores de la empresa manufacturera española, distinguiendo entre tamaños empresariales y si hacen o no actividades de I+D<sup>23</sup>.

A tal fin, se propone el siguiente cuadro 2, en el cual se ponen de manifiesto importantes diferencias.

<sup>21</sup> Para ello se adopta la clasificación cuatripartita propuesta por Segura (1989), fruto de la integración, por un lado, de un Índice de Autonomía Tecnológica (IAT), definido como el cociente resultante de dividir los gastos en I+D, entre los gastos en I+D más los pagos tecnológicos, y por otro de un Índice de Esfuerzo Tecnológico Total (ETT), que representa el cociente entre los gastos en I+D, más los pagos tecnológicos, entre el valor añadido.

<sup>22</sup> En Segura et al. (1989), para los años comprendidos entre 1979 y 1984, los sectores 11 (Productos alimenticios) y 13 (Textiles y vestido), ocupan el cuadrante delimitado por un ITT, y un ETT menor que la media.

<sup>23</sup> Si bien el análisis del tamaño no se contemplará en los modelos de regresión propuestos en este capítulo por los ya señalados problemas de multicolinealidad, resulta interesante cuanto menos desde un plano descriptivo ver su impacto tanto en la productividad del trabajo como en el esfuerzo en I+D.

Sectores industriales	Más de 200 trabajadores				Hasta 200 trabajadores			
	Nº	Hacen I+D	Nº	No hacen I+D	Nº	Hacen I+D	Nº	No hacen I+D
1.- Metales férreos	122	19.78	38	0.90	38	7.78	71	0.40
2.- Productos minerales	117	22.85	102	2.97	73	14.76	426	1.07
3.- Productos químicos	323	21.08	182	2.41	41	22.16	181	1.10
4.- Productos metálicos	119	25.85	181	5.02	53	19.39	768	1.41
5.- Máquinas agrícolas	128	30.80	189	4.58	27	17.73	280	1.85
6.- Máquinas oficina	30	28.01	19	1.77	10	11.22	42	1.04
7.- Maquinaria	287	13.88	257	1.15	62	5.03	373	0.69
8.- Vehículos automóviles	210	12.48	86	0.56	54	6.48	157	0.29
9.- Otro material de transporte	88	22.61	26	2.13	36	3.76	97	0.63
10.- Carne y preparados	48	42.66	24	13.42	20	17.01	241	2.02
11.- Productos alimenticios	158	8.74	122	0.45	67	3.80	754	0.14
12.- Bebidas	44	41.59	26	2.56	59	28.76	91	2.16
13.- Textiles y vestido	122	17.26	161	3.57	92	23.37	766	0.94
14.- Cuero, piel y calzado	8	76.09	70	20.79	-	-	283	5.15
15.- Madera y muebles	16	55.19	39	10.46	8	65.83	566	2.25
16.- Papel, artículos de papel	83	34.19	64	3.07	105	23.07	538	1.14
17.- Productos de caucho	93	29.23	127	7.21	10	33.87	392	2.20
18.- Otros product. industriales	22	65.70	39	15.89	6	22.98	160	3.25
<b>Total manufacturas</b>	<b>2018</b>	<b>31.55</b>	<b>1752</b>	<b>5.49</b>	<b>761</b>	<b>19.23</b>	<b>6186</b>	<b>1.54</b>

Notas:  
Los índices de eficiencia calculados a partir del VA/nº horas realmente trabajadas.  
Punto de corte del 10 por 100 para definir el máximo valor añadido potencial por input (*INDEF\_10*).  
Datos relativos al periodo 1993-1998.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la ESEE.

Cuadro 2. Índices de eficiencia de las empresas más productivas desagregados por sectores.

Por un lado el efecto tamaño, ya que comparando las empresas por tamaños se observa como tanto considerando la vocación innovadora como sin considerarla, las empresas de más de 200 trabajadores presentan niveles de eficiencia claramente superiores frente a las empresas de menor tamaño. La segunda diferencia se observa al desagregar en función de la actividad innovadora, ya que las empresas que realizan actividades de I+D se encuentran en niveles de eficiencia superiores. La relación empresa con vocación innovadora y tamaño de empresa grande muestra una relación claramente positiva con mayores niveles de eficiencia.

Los resultados muestran que al utilizar el punto de corte del 10 por 100 para definir el máximo valor añadido potencial por input (*INDEF\_10*), la producción del conjunto de los sectores industriales en el caso de empresas que realizan I+D y de más de 200 trabajadores esta entorno al 31.55 por 100 de la potencialmente alcanzable, frente al 5.49 para las empresas de igual tamaño que no hacen I+D<sup>24</sup>. En lo referente a las empresas de 200 y menos trabajadores existen también diferencias importantes, 19.23 para las que realizan I+D y 1.54 para las que no realizan I+D, si bien ambos tramos de empresas están lejos del nivel de eficiencia potencial.

<sup>24</sup> La elección de este índice viene justificada por la necesidad en este nivel de análisis preliminar de intentar identificar de la manera más clara posible la posible relación que más adelante se contrastará con los modelos propuestos.

El análisis realizado a partir de la observación de las empresas que forman parte del conjunto eficiente reflejado en las tablas 2 y 3, permite comprobar que los grupos donde se alcanzan mayores niveles de eficiencia del sector industrial son las empresas grandes y tecnológicas, en lo que supone desde un plano descriptivo un primer acercamiento a la hipotetizada relación positiva entre la actividad de I+D y la eficiencia técnica<sup>25</sup>.

Al objeto de analizar la situación relativa de las actividades de I+D de las empresas industriales clasificadas por sector de actividad, puede partirse de la tasa de esfuerzo tecnológico, cuantificado en términos de esfuerzo tecnológico entre el valor añadido, para trece ramas de actividad manufacturera en España, la Unión Europea y Estados Unidos. Al examinar los valores de los ratios recogidos en el siguiente cuadro, se descubre que por lo general, la situación de atraso de las empresas españolas es más acusada, precisamente en las ramas intensivas en tecnología, que por lo demás, son las que se caracterizan por tener una demanda más dinámica.

<b>Sectores industriales</b>	<b>España</b>	<b>Unión Europea</b>	<b>Estados Unidos</b>
<b>Sectores demanda fuerte e intensivos en tecnología</b>	4.55	13.41	16.24
Material y equipo eléctrico	4.98	14.80	14.23
Máquinas de oficina y procesos de datos	6.67	10.31	28.51
Productos químicos	3.76	13.06	11.35
<b>Sectores demanda moderada y tecnología media</b>	2.62	6.65	11.22
Caucho y plásticos	1.11	2.22	2.46
Material de transporte	4.43	13.26	26.69
Máquinas agrícolas e industriales	2.70	4.83	3.74
Otros productos manufacturados y madera	0.31	0.63	1.05
<b>Sectores demanda débil y tecnología baja</b>	0.35	0.87	1.17
Textiles, cuero y vestido	0.20	0.44	0.57
Minerales y metales férreos y no férreos	0.72	2.46	1.35
Minerales y productos no metálicos	0.39	1.05	1.88
Papel, artículos de papel e impresión	0.23	0.41	1.02
Productos alimenticios y tabaco	0.29	0.73	1.20
Productos metálicos	0.49	1.06	1.35
<b>Total manufacturas</b>	1.65	5.36	8.42
Notas: El esfuerzo tecnológico medio se ha calculado como la cifra de gastos en I+D de las empresas entre el valor añadido. Datos relativos al periodo 1986-1996.			

Fuente: OCDE, Research and Development Expenditure in Industry.

Cuadro 3. Estructura del esfuerzo tecnológico medio desagregado por sectores.

El hecho de que buena parte de las ramas de actividad donde el desnivel en el esfuerzo tecnológico de España es mayor sean las que producen maquinaria y bienes de equipo, plantea una problemática adicional con vistas a la asimilación de las tecnologías que estos bienes incorporan. Aunque en términos absolutos la empresa de mayor tamaño realiza un mayor gasto en actividades de I+D, cuando esta medida se relativiza (tal como se realiza en el cuadro siguiente) al dividir esa cifra por sus ventas, se

<sup>25</sup> Las diferencias de eficiencia entre las empresas del sector manufacturero español, en relación a la actividad innovadora pueden explicarse por diversos motivos tal y como se recoge en la literatura señalada anteriormente.

observa que el índice de intensidad del esfuerzo en I+D, tiene un cifra más alta en las empresas de hasta de 200 trabajadores (1.8) que en las empresas de más de 200 trabajadores (1.48).

<b>Sectores industriales</b>	<b>Más de 200 trabajadores</b>		<b>Hasta 200 trabajadores</b>	
	Nº Empresas	Esfuerzo en I+D	Nº Empresas	Esfuerzo en I+D
1.- Metales férreos	122	0.54	38	0.85
2.- Productos minerales	117	0.75	102	1.07
3.- Productos químicos	323	3.08	182	2.53
4.- Productos metálicos	119	1.38	181	1.46
5.- Máquinas agrícolas	128	3.04	189	2.26
6.- Máquinas oficina	30	1.52	19	1.55
7.- Maquinaria	287	2.33	257	3.93
8.- Vehículos automóviles	210	1.77	86	2.42
9.- Otro material de transporte	88	5.88	26	3.61
10.- Carne y preparados	48	0.28	24	0.40
11.- Productos alimenticios	158	0.58	122	1.04
12.- Bebidas	44	0.37	26	0.89
13.- Textiles y vestido	122	1.04	161	2.04
14.- Cuero, piel y calzado	8	0.88	70	1.60
15.- Madera y muebles	16	0.36	39	0.99
16.- Papel, artículos de papel	83	0.62	64	2.02
17.- Productos de caucho	93	1.28	127	1.17
18.- Otros product. industriales	22	1.01	39	2.61
<b>Total manufacturas</b>	<b>2018</b>	<b>1.48</b>	<b>1752</b>	<b>1.8</b>
Notas: Los índices de intensidad del esfuerzo en I+D son calculados a partir de Gastos en I+D/ventas. Datos relativos al periodo 1993-1998.				

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la ESEE.

Cuadro 4. Intensidad del esfuerzo tecnológico desagregado por sectores y nº de empleados.

La anterior reflexión se ve matizada cuando se analiza por sectores la intensidad del esfuerzo en I+D, ya que los sectores que alcanzan la cifra más alta (el sector 9.- Otro material de transporte, el sector 3.- Productos químicos, y el sector 5.- Maquinaria agrícola), lo hacen en empresas de mas de 200 trabajadores. Por contra, los sectores que presentan una menor intensidad del esfuerzo en I+D, (el sector 10.- Carne y preparados, el sector 15.- Madera y muebles, y el sector 1.- Metales férreos), lo hacen especialmente en empresas de hasta 200 trabajadores.

En resumen, el cuadro 4 pone de manifiesto una gran heterogeneidad entre los distintos sectores industriales españoles en relación a la intensidad del esfuerzo en I+D realizado, que es importante no perder de vista en los análisis realizados a continuación.

### ***1.2.3.2. - Análisis econométrico de la relación entre el nivel de productividad del trabajo y el esfuerzo en I+D***

Llegado este punto, y después de las consideraciones preliminares del análisis descriptivo realizado respecto a los factores que pudieran dar lugar a diferencias en la eficiencia con relación al esfuerzo en I+D realizado, el siguiente paso es determinar en que medida esos factores influyen en el proceso de crecimiento de la empresa industrial española.

Para ello se va a estimar un modelo (del que se derivarán tres variantes), donde la variable dependiente es el índice de eficiencia (posteriormente sustituido por los tres índices normativos seleccionados), y las variables explicativas el esfuerzo en I+D y el capital físico por trabajador.

La idea que se persigue es la de realizar un análisis completo de la importancia que tiene cada una de las características referidas a la hora de influir sobre las diferencias de eficiencia en relación al esfuerzo en I+D, lo que requiere considerar la importancia de todas las variables que son postuladas como factores potencialmente explicativos de forma simultánea.

El cuadro 5 muestra los resultados de la estimación econométrica del modelo preliminar propuesto para explicar las diferencias de eficiencia técnica (cuantificada en términos de productividad del trabajo) entre las empresas, atendiendo a su esfuerzo en I+D<sup>26</sup>.

En el citado cuadro se observa como el coeficiente de determinación (es decir el cuadrado del coeficiente de correlación múltiple) arroja una cifra de 0.30 que expresa la proporción de la varianza de la variable dependiente explicada por el modelo de regresión propuesto.

Respecto al estadístico F de Snedecor, se obtiene una cifra de 70.55 que indica que la explicación de la varianza de la variable dependiente obtenida por el modelo de regresión, es estadísticamente significativa al nivel del 0.01.

Como puede observarse el contraste resulta significativo en relación a las variables seleccionadas de manera que puede decirse que tanto el esfuerzo en I+D como el capital por trabajador tienen incidencia positiva sobre la productividad del trabajo, resultado coincidente con los trabajos empíricos realizados en la empresa industrial española en los últimos años.

---

<sup>26</sup> Desde un punto de vista estadístico esta variable cuenta con una muestra de 10.743 observaciones, con una media de 105.751,69, una desviación estándar de 1.043.100,02, una varianza de  $1,08 \times 10^{12}$ , un apuntamiento de 21,49, y una curtosis de 524,87.

VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLE DEPENDIENTE: INDEFT			
	Coefficiente Estimado	Error Estándar	T- Ratio	Significatividad
<b>Constante</b>	-1982.94	644.38	-3.07	**
Gastos en I+D	0.64E-02	0.13E-02	4.60	**
Gastos en I+D <sup>2</sup>	-0.12E-09	0.65E-10	-1.88	*
<b>Estructura de capital</b>				
Capital por trabajador	0.06	0.96E-02	6.62	**
<b>Sectores industriales</b>				
1.- Metales férreos	4051.55	1069.84	3.78	**
2.- Productos minerales no metálicos	1877.11	615.84	3.04	**
3.- Productos químicos	1900.18	647.03	2.93	**
4.- Productos metálicos	1471.83	602.81	2.44	**
5.- Máquinas agrícolas e industriales	1332.54	598.60	2.22	**
6.- Máquinas oficina, proceso de datos, óptica	2209.18	731.80	3.01	**
7.- Maquinaria y accesorios eléctricos	1543.30	633.83	2.43	**
8.- Vehículos automóviles y motores	4163.41	1170.90	3.55	**
10.- Carne, preparados y conservas de carne	1869.25	629.93	2.96	**
11.- Productos alimenticios y tabaco	2802.92	1125.60	2.49	**
12.- Bebidas	3488.25	938.28	3.71	**
13.- Textiles y vestido	1653.40	611.65	2.70	**
14.- Cuero, piel y calzado	1494.58	618.24	2.41	**
15.- Madera y muebles de madera	1344.69	614.84	2.18	**
16.- Papel, artículos de papel, impresión	1656.83	613.83	2.69	**
17.- Productos de caucho y plástico	1441.85	601.57	2.39	**
18.- Otros productos manufacturados	1302.37	613.69	2.12	**
<b>Años</b>				
1994	411.08	179.29	2.29	**
1995	-632.791	528.17	-1.19	
1996	-306.12	143.68	-2.13	**
1997	30.35	373.61	.081	
1998	214.20	138.38	1.54	
Nº de observaciones	3896			
R <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> ajustado)	0.30			
F estadístico	70.55			**
Notas: *: Significatividad del coeficiente estimado al 95 por 100. **: Significatividad del coeficiente estimado al 99 por 100. Dummies de sector: queda omitido el sector 9.- Otro material de transporte. Dummies de año: queda omitido el año 1993.				

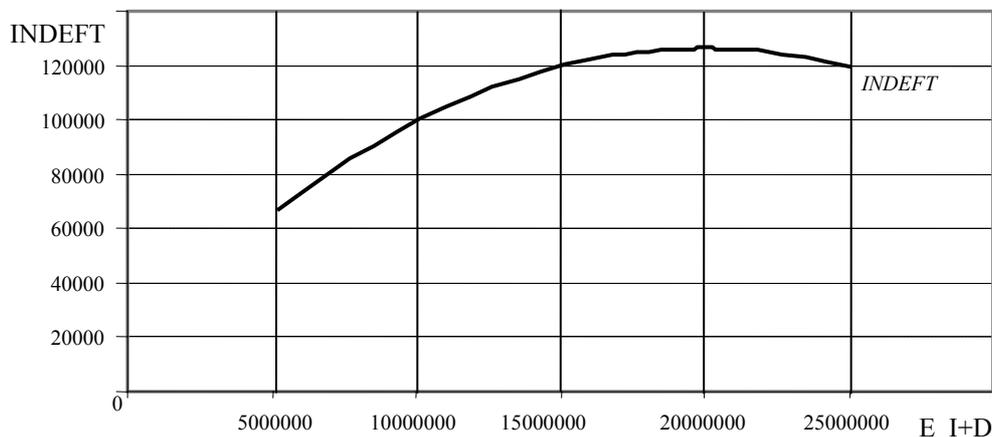
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la ESEE.

Cuadro 5.- Resultados de las estimaciones del modelo preliminar.

A partir de la simulación de la ecuación [6] resultante del anterior modelo estimado, puede representarse gráficamente la evolución de la relación entre la productividad del trabajo y el esfuerzo realizado en actividades de I+D.

$$INDEFT = 641 + 0.64 \cdot 10^{-2} x - 0.12 \cdot 10^{-9} x^2 \quad [6]$$

El resultado de dar valores a la anterior expresión, se recoge en la figura 3, en la cual se observa un fuerte crecimiento en su nivel de eficiencia para un nivel de esfuerzo en I+D comprendido entre los 5 por 10<sup>6</sup> y los 15 por 10<sup>6</sup> millones de pesetas, momento a partir del cual el crecimiento es mas suave hasta alcanzar su máximo, en torno a la cifra de 20 por 10<sup>6</sup>, tomando como referencia el esfuerzo en I+D (y por encima de la cifra de 12000 del eje de la eficiencia técnica).



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de la ESEE durante el periodo 1993-1998.

Figura 3.- Representación gráfica de la evolución del modelo estimado INDEFT.

Es importante resaltar la pérdida de información al considerar a aquellas empresas que no han proporcionado información de todas las variables consideradas en el modelo<sup>27</sup>.

Hasta el momento, tan sólo se ha contrastado la relación positiva entre la actividad de I+D y la eficiencia técnica en la empresa industrial española durante el periodo 1993-1998, de manera que falta cuantificar el impacto (apalancamiento) que el esfuerzo en I+D tiene sobre el nivel de eficiencia de partida<sup>28</sup>. El siguiente paso consiste en la ampliación del modelo anterior mediante el establecimiento de distintos niveles de eficiencia técnica (en este caso medido mediante la productividad del trabajo), a fin de contrastar si este distinto nivel de partida tiene repercusiones sustantivas sobre el esfuerzo realizado en actividades de I+D por parte de las empresas industriales españolas durante el periodo ya referido<sup>29</sup>.

<sup>27</sup> En este sentido, y a modo de ejemplo la variable utilizada para calcular la productividad del trabajo desgasta considerablemente la muestra, que queda reducida a 3896 observaciones de un total de 16606 empresas, aunque por otro lado su información es interesante ya que permite contar con un indicador más preciso (que considera el número de horas realmente trabajadas) que el tradicionalmente construido a partir del número de trabajadores.

<sup>28</sup> La intensidad de capital (capital/nº trabajadores) también muestra un coeficiente positivo y altamente significativo, confirmando que la productividad por trabajador aumenta cuando se le dota de más recursos productivos materiales.

<sup>29</sup> La metodología seguida hasta la fase final del desarrollo del modelo preliminar ha consistido en la introducción secuencial de las variables dependientes observando en que medida se producen variaciones en el R<sup>2</sup> y analizando el poder explicativo del modelo en cada variación, contemplando en última instancia la inclusión de las variables de carácter estructural relativas a los sectores y a los años.

Partiendo del nivel de eficiencia técnica más exigente correspondiente a la frontera del 10 por ciento de las empresas más eficientes de cada uno de los 17 sectores considerados, el modelo arroja unos resultados que quedan recogidos en el siguiente cuadro 6, en el cual se muestra los resultados de la estimación econométrica de la primera variante del modelo propuesto en la cual se consideran las empresas que constituyen el 10 por ciento de las más eficientes.

VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLE DEPENDIENTE: INDEFT_10			
	Coefficiente Estimado	Error Estandar	T- Ratio	Significatividad
<b>Constante</b>	-22.29	3.51	-6.34	**
Gastos en I+D	0.30E-04	0.55E-05	5.52	**
Gastos en I+D <sup>2</sup>	-0.72E-12	0.17E-12	-4.05	**
<b>Estructura de capital</b>				
Capital por trabajador	0.63E-03	0.84E-04	7.47	**
<b>Sectores industriales</b>				
1.- Metales férreos	5.29	3.93	1.34	
2.- Productos minerales no metálicos	17.03	3.60	4.72	**
3.- Productos químicos	11.22	3.33	3.36	**
4.- Productos metálicos	22.72	3.61	6.28	**
5.- Máquinas agrícolas e industriales	21.75	3.76	5.77	**
6.- Máquinas oficina, proceso de datos, óptica	8.13	3.95	2.05	**
7.- Maquinaria y accesorios eléctricos	16.77	3.41	4.90	**
8.- Vehículos automóviles y motores	6.49	3.81	1.70	*
10.- Carne, preparados y conservas de carne	21.20	4.26	4.97	**
11.- Productos alimenticios y tabaco	11.07	4.73	2.33	**
12.- Bebidas	13.73	5.17	2.65	**
13.- Textiles y vestido	23.89	3.66	6.52	**
14.- Cuero, piel y calzado	28.015	4.23	6.61	**
15.- Madera y muebles de madera	22.74	4.12	5.52	**
16.- Papel, artículos de papel, impresión	16.14	3.50	4.60	**
17.- Productos de caucho y plástico	20.93	3.45	6.05	**
18.- Otros productos manufacturados	29.04	6.95	4.17	**
<b>Años</b>				
1994	9.34	1.21	7.69	**
1995	5.81	9.28	0.62	
1996	-1.75	1.25	-1.40	
1997	1.59	1.32	1.20	
1998	8.33	1.19	6.98	**
Nº de observaciones	3896			
R <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> ajustado)	0.23			
F estadístico	47.57			**
Notas:				
*: Significatividad del coeficiente estimado al 95 por 100.				
**: Significatividad del coeficiente estimado al 99 por 100.				
Dummies de sector: queda omitido el sector 9.- Otro material de transporte.				
Dummies de año: queda omitido el año 1993.				

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la ESEE.

Cuadro 6.- Resultados de las estimaciones del modelo considerando la 1ª frontera.

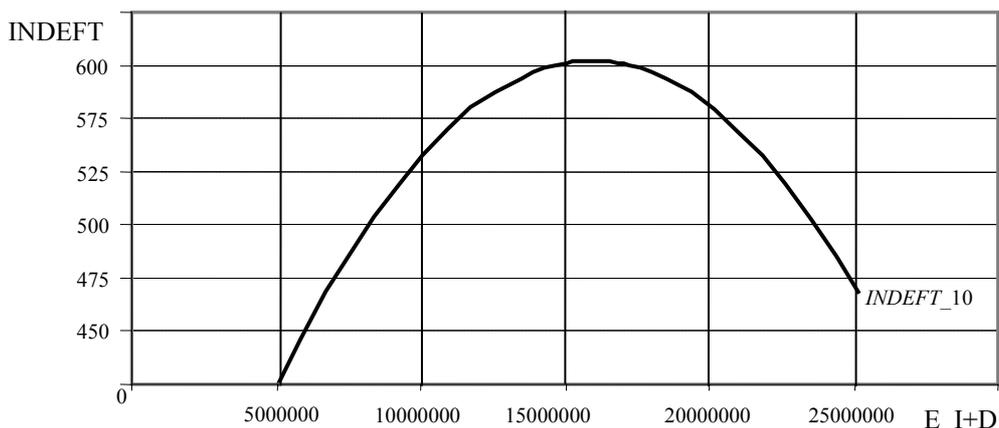
Como puede observarse, pese a la mayor exigencia planteada al contraste éste sigue siendo significativo en relación a las variables seleccionadas, de manera que puede decirse que tanto el esfuerzo en I+D como el capital por trabajador tienen incidencia positiva sobre la productividad del trabajo. En el citado cuadro se observa como el coeficiente de determinación arroja una cifra de 0.23, que expresa la proporción de la varianza de la variable dependiente explicada por la primera variante del modelo de regresión propuesto.

Respecto al estadístico F de Snedecor, se obtiene una cifra de 47.57, que indica que la explicación de la varianza de la variable dependiente obtenida por el modelo de regresión, es estadísticamente significativa al nivel del 0.01.

En la siguiente figura 4 se representa la evolución de la primera variante del modelo estimado, a partir de la simulación de la ecuación [7] en la que se recoge la relación entre la productividad del trabajo y el esfuerzo realizado en actividades de I+D.

$$INDEFT\_10 = 293 + 0.30 \cdot 10^{-4} x - 0.72 \cdot 10^{-12} x^2 \quad [7]$$

En dicha figura se observa como la primera variante del modelo estimado presenta una evolución similar, si bien más acusada, que la seguida por el modelo preliminar, caracterizada por un intenso crecimiento en su nivel de eficiencia para un nivel de esfuerzo en I+D comprendido entre los 5 por 10<sup>6</sup> y los 15 por 10<sup>6</sup> millones de pesetas (y por encima de la cifra de 600 del eje de la eficiencia técnica), momento en el cual alcanza su máximo, para continuar con un descenso bastante acusado.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de la ESEE durante el periodo 1993-1998.

Figura 4.- Representación gráfica de la evolución del modelo estimado INDEFT\_10.

Por su parte, en el cuadro 7 se muestran los resultados de la estimación econométrica de la segunda variante del modelo propuesto, en la cual se consideran las empresas que constituyen el 20 por ciento de las más eficientes. De manera similar al caso de la primera variante del modelo, la mayor exigencia planteada al contraste tampoco desgasta la significatividad en relación a las variables seleccionadas, de manera que puede decirse que tanto el esfuerzo en I+D como el capital por trabajador tienen incidencia positiva sobre la productividad del trabajo.

VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLE DEPENDIENTE: INDEFT 20			
	Coefficiente Estimado	Error Estandar	T- Ratio	Significatividad
<b>Constante</b>	-35.18	5.53	-6.35	**
Gastos en I+D	0.49E-04	0.86E-05	5.69	**
Gastos en I+D <sup>2</sup>	-0.11E-11	0.28E-12	-3.95	**
<b>Estructura de capital</b>				
Capital por trabajador	0.99E-03	0.13E-03	7.50	**
<b>Sectores industriales</b>				
1.- Metales férreos	8.82	6.19	1.42	
2.- Productos minerales no metálicos	26.68	5.62	4.74	**
3.- Productos químicos	13.58	5.18	2.62	**
4.- Productos metálicos	35.08	5.61	6.24	**
5.- Máquinas agrícolas e industriales	32.69	5.79	5.64	**
6.- Máquinas oficina, proceso de datos, óptica	14.10	6.08	2.31	**
7.- Maquinaria y accesorios eléctricos	26.13	5.33	4.90	**
8.- Vehículos automóviles y motores	12.09	6.18	1.95	*
10.- Carne, preparados y conservas de carne	32.73	6.59	4.96	**
11.- Productos alimenticios y tabaco	19.48	8.06	2.41	**
12.- Bebidas	16.17	7.42	2.17	**
13.- Textiles y vestido	37.73	5.74	6.57	**
14.- Cuero, piel y calzado	44.31	6.67	6.64	**
15.- Madera y muebles de madera	39.06	6.87	5.67	**
16.- Papel, artículos de papel, impresión	25.11	5.46	4.59	**
17.- Productos de caucho y plástico	31.01	5.32	5.81	**
18.- Otros productos manufacturados	41.56	9.93	4.18	**
<b>Años</b>				
1994	14.84	1.94	7.64	**
1995	11.74	16.21	0.72	
1996	-2.61	1.92	-1.35	
1997	2.95	2.12	1.39	
1998	13.10	1.87	7.00	**
Nº de observaciones	3896			
R <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> ajustado)	0.22			
F estadístico	45.72			**
Notas:				
*: Significatividad del coeficiente estimado al 95 por 100.				
**: Significatividad del coeficiente estimado al 99 por 100.				
Dummies de sector: queda omitido el sector 9.- Otro material de transporte.				
Dummies de año: queda omitido el año 1993.				

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la ESEE.

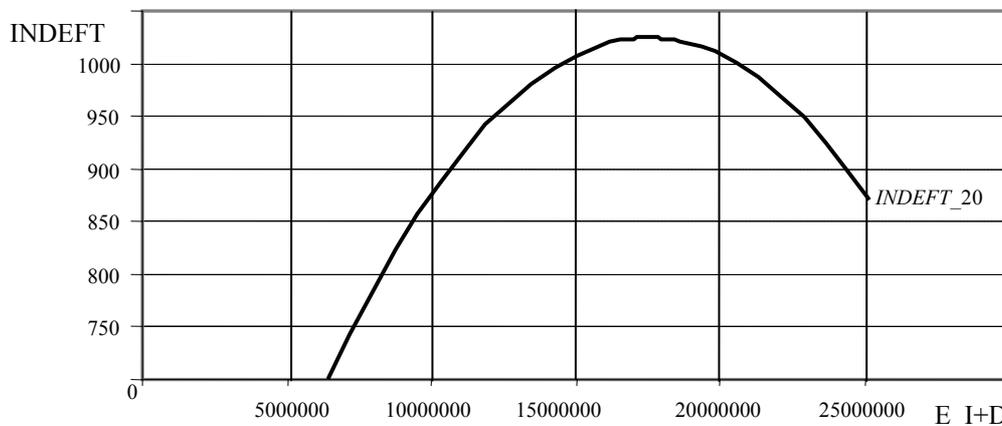
Cuadro 7.- Resultados de las estimaciones del modelo considerando la 2ª frontera.

En el citado cuadro 7 se observa como el coeficiente de determinación arroja una cifra de 0.22 que expresa la proporción de la varianza de la variable dependiente explicada por el modelo de regresión propuesto. Respecto al estadístico F de Snedecor, se obtiene una cifra de 45.72 que indica que la explicación de la varianza de la variable dependiente obtenida por el modelo de regresión es estadísticamente significativa, al nivel del 0.01.

En la siguiente figura 5 se representa la segunda variante del modelo estimado, mediante la ecuación:

$$INDEFT\_20 = 451 + 0.49 \cdot 10^{-4} x - 0.11 \cdot 10^{-11} x^2 \quad [8]$$

En dicha figura se observa como la segunda variante del modelo estimado presenta una evolución similar, si bien más suave que la primera, caracterizada por un intenso crecimiento en su nivel de eficiencia para un nivel de esfuerzo en I+D, si bien menos acusado que en el caso precedente pero de efectos más prolongados, como lo demuestra el hecho de que el máximo se encuentra esta vez entre los 15 por 10<sup>6</sup> y los 20 por 10<sup>6</sup> millones de pesetas tomando como referencia el esfuerzo en I+D (y por encima de la cifra de 1000 del eje de la eficiencia técnica), momento en el cual continua con un descenso también más suave que en el caso precedente.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de la ESEE durante el periodo 1993-1998.

Figura 5.- Representación gráfica de la evolución del modelo estimado INDEFT\_20.

El cuadro 8 muestra los resultados de la estimación econométrica de la tercera variante del modelo propuesto, en la cual se consideran las empresas que constituyen el 30 por ciento de las más eficientes. En este último caso, la mayor exigencia planteada al contraste tampoco desgasta la significatividad en relación a las variables seleccionadas, de manera que puede decirse que tanto el

esfuerzo en I+D como el capital por trabajador tienen incidencia positiva sobre la productividad del trabajo. Es importante señalar que las dummies de año introducidas, tanto en el modelo preliminar como en las tres variantes planteadas, solo presentan significatividad para los años extremos de la serie temporal.

VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLE DEPENDIENTE: INDEFT_30			
	Coefficiente Estimado	Error Estandar	T- Ratio	Significatividad
<b>Constante</b>	-47.09	7.45	-6.31	**
Gastos en I+D	0.67E-04	0.11E-04	5.79	**
Gastos en I+D <sup>2</sup>	-0.15E-11	0.39E-12	-3.89	**
<b>Estructura de capital</b>				
Capital por trabajador	0.13E-02	0.17E-03	7.51	**
<b>Sectores industriales</b>				
1.- Metales férreos	11.49	8.32	1.38	
2.- Productos minerales no metálicos	35.36	7.53	4.69	**
3.- Productos químicos	14.97	6.90	2.16	**
4.- Productos metálicos	46.77	7.53	6.21	**
5.- Máquinas agrícolas e industriales	42.79	7.71	5.54	**
6.- Máquinas oficina, proceso de datos, óptica	18.47	8.24	2.24	**
7.- Maquinaria y accesorios eléctricos	34.48	7.10	4.85	**
8.- Vehículos automóbiles y motores	17.13	8.42	2.03	**
10.- Carne, preparados y conservas de carne	42.92	8.75	4.90	**
11.- Productos alimenticios y tabaco	27.24	11.31	2.40	**
12.- Bebidas	18.55	9.66	1.92	*
13.- Textiles y vestido	50.24	7.69	6.52	**
14.- Cuero, piel y calzado	59.15	8.95	6.60	**
15.- Madera y muebles de madera	54.15	9.50	5.69	**
16.- Papel, artículos de papel, impresión	33.69	7.33	4.59	**
17.- Productos de caucho y plástico	40.29	7.10	5.67	**
18.- Otros productos manufacturados	55.22	13.27	4.15	**
<b>Años</b>				
1994	20.09	2.65	7.56	**
1995	17.39	22.83	0.76	
1996	-3.46	2.57	-1.34	
1997	4.19	2.90	1.44	
1998	17.67	2.52	6.99	**
Nº de observaciones	3896			
R <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> ajustado)	0.21			
F estadístico	44.62			**
Notas:				
*: Significatividad del coeficiente estimado al 95 por 100.				
**: Significatividad del coeficiente estimado al 99 por 100.				
Dummies de sector: queda omitido el sector 9.- Otro material de transporte.				
Dummies de año: queda omitido el año 1993.				

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la ESEE.

Cuadro 8.- Resultados de las estimaciones del modelo considerando la 3ª frontera.

El anterior resultado puede considerarse lógico tal como han señalado autores como Rodríguez Romero (1988), o recientemente Beneito (2001), los cuales señalan la necesidad de retardar las variables

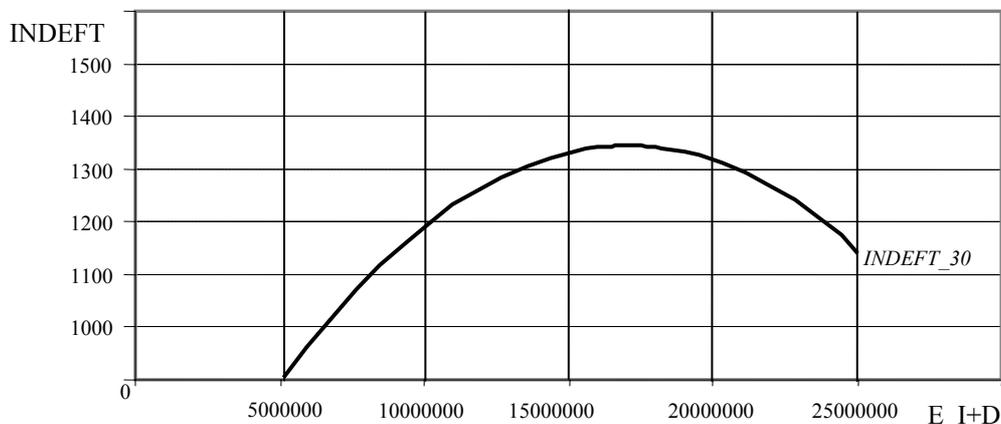
para poder observar el efecto de las inversiones en capital físico o en I+D sobre la productividad, especialmente si se consideran periodos cortos de tiempo. En este caso al no establecer variables stock para estas magnitudes (considerándolas como flujo), se necesita un período de tiempo como el transcurrido entre el año 1994 y el 1998 para que se observen estos efectos de una manera más clara.

En el cuadro 8, anteriormente presentado, se observa como el coeficiente de determinación (es decir el cuadrado del coeficiente de correlación múltiple expresa) arroja una cifra de 0.21 que expresa la proporción de la varianza de la variable dependiente explicada por el modelo de regresión propuesto.

Respecto al estadístico F de Snedecor, se obtiene una cifra de 44.62, que indica que la explicación de la varianza de la variable dependiente obtenida por el modelo de regresión es estadísticamente significativa, al nivel del 0.01. La siguiente figura 6 representa la tercera variante del modelo estimado, mediante la ecuación:

$$INDEFT\_30 = 611 + 0.67 \cdot 10^{-4} x - 0.15 \cdot 10^{-11} x^2 \quad [9]$$

En la citada figura 6 se observa como la tercera variante del modelo estimado presenta una evolución similar a la anterior, si bien aún más suave, caracterizada por un tibio y prolongado crecimiento en su nivel de eficiencia para un nivel de esfuerzo en I+D.



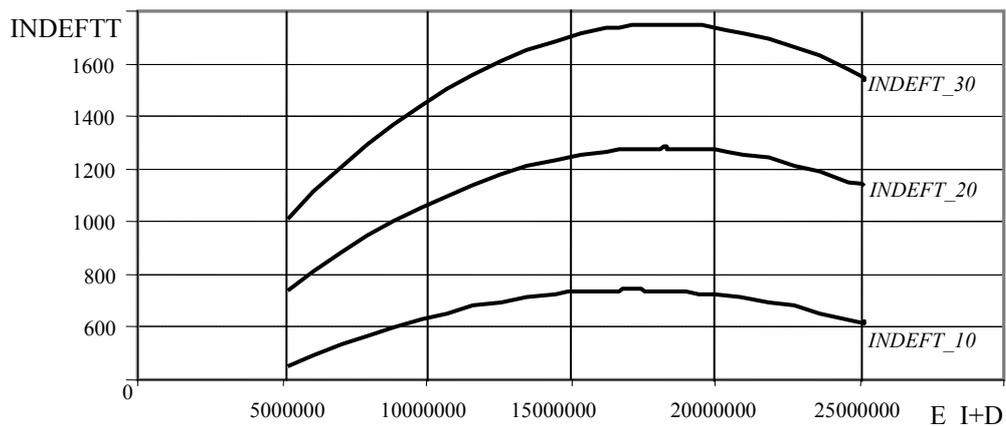
Fuente: Fuente: Elaboración propia a partir de las ESEE con datos del periodo 1993-1998.

Figura 6.- Representación gráfica de la evolución del modelo estimado INDEFT\_30.

El máximo se encuentra esta vez entre los 15 por 10<sup>6</sup> y los 20 por 10<sup>6</sup> millones de pesetas tomando como referencia el esfuerzo en I+D (y por encima de la cifra de 1300 del eje de la eficiencia técnica), momento en el cual continua con un descenso también más suave que en el caso precedente. Tomando como referencia el modelo preliminar en el cual el  $R^2$  ajustado arrojaba una cifra de 0.30, las

restricciones muestrales planteadas por las tres derivaciones establecidas, reducen esta cifra a 0.23, 0.22 y 0.21 respectivamente.

Una vez realizado el análisis para cada una de las tres derivaciones planteadas sobre el modelo preliminar, el siguiente paso es analizar de manera conjunta dichas derivaciones a fin de poder inferir el comportamiento que los distintos niveles de eficiencia técnica presenta sobre el impacto que el esfuerzo en I+D tiene sobre el crecimiento económico. A tal fin se presenta la figura 7 en la cual se recogen las tres derivaciones del modelo principal<sup>30</sup>.



Fuente: Fuente: Elaboración propia a partir de las ESEE con datos del periodo 1993-1998.

Figura 7.- Representación gráfica de la evolución de las variantes del modelo estimado.

En la figura anterior se observa como según aumenta el nivel de eficiencia de la empresa, la curva que representa la relación entre productividad del trabajo y esfuerzo en I+D sigue una trayectoria cada vez mas horizontal, es decir la pendiente tanto de crecimiento como de decrecimiento se va haciendo más suave.

Por tanto puede decirse que el impacto que el esfuerzo en I+D tiene sobre la productividad del trabajo tiene un carácter significativo y positivo (tal como señala la mayor parte de la literatura empírica analizada), si bien la magnitud de ese impacto varía considerablemente en función del nivel de eficiencia del que parte la empresa.

En la anterior figura se observa como el apalancamiento del esfuerzo en I+D sobre la productividad del trabajo (tanto en su tramo creciente como decreciente), va teniendo unos efectos menos acusados cuanto más nos aproximamos a los niveles más altos de eficiencia.

<sup>30</sup> Repárese que el comportamiento de las tres curvas representadas conjuntamente difiere del que tienen representadas por separado.

### 1.3. - Conclusiones

En este trabajo se han analizado las diferencias de eficiencia, en términos de productividad horaria del trabajo, entre empresas industriales durante el periodo transcurrido entre 1993 y 1998 (ambos incluidos), en relación al esfuerzo en I+D realizado.

Dicho análisis se ha centrado en la productividad sectorial, y ha permitido confirmar que las empresas que realizan esfuerzo en I+D tienen mayores niveles de eficiencia frente a las que no lo hacen, tal y como indican la mayoría de los estudios empíricos recogidos en la literatura<sup>31</sup>.

A partir de la anterior evidencia se ha profundizado en la naturaleza de este efecto, encontrándose que el nivel de eficiencia de partida de la empresa es un factor importante a la hora de determinar el impacto de la actividad de I+D realizada por ésta, sobre su productividad del trabajo.

Concretamente cuando el nivel de eficiencia es muy elevado, el efecto de las actividades de I+D sobre la productividad del trabajo presenta un impacto más suave, tanto en el tramo creciente como en el decreciente con el cual se representa la evolución de dicha relación.

Por otra parte, cuando los niveles de eficiencia de partida no son muy elevados, el impacto que el esfuerzo en I+D tiene sobre la productividad del trabajo es muy fuerte en un primer momento hasta llegar a un máximo, que da origen también a un acusado decrecimiento.

Estos resultados son consistentes con los alcanzados por Crespo y Velázquez (1999), en los cuales se analizan las diferencias internacionales de eficiencia del gasto en I+D, a partir de la medición de su impacto sobre la productividad del trabajo<sup>32</sup>, con datos de la base de Datos Sectorial del Departamento de Estudios Europeos de FUNCAS (para el periodo temporal 1973-1995 y utilizando la clasificación NACE-CLIO R-25).

---

<sup>31</sup> En general puede decirse que las medidas de productividad establecen una relación entre los incrementos de la producción y las variaciones en las cantidades de los factores aplicados. No obstante, el cambio en la producción en términos reales se ha analizado teniendo en cuenta dos hechos distintos: como son el cambio en las cantidades de los factores productivos aplicados (movimientos a lo largo de la función de producción), y el progreso técnico (desplazamientos de la función de producción). En este contexto, los incrementos en la productividad parcial o de un factor (en este caso el trabajo), al ignorar los cambios en el resto de los factores, reflejan tanto el cambio técnico como los procesos de sustitución entre factores productivos. Por el contrario, las medidas de productividad global tratan de asignar el incremento de la producción real entre las variaciones de las cantidades utilizadas de los distintos factores productivos y el progreso técnico normalmente identificado con el componente residual. Ambas medidas no están exentas de problemas, por lo que los contrastes realizados con estas medidas deben ser tomados con cautela, si bien es cierto que ayudan a identificar aspectos importantes que pueden ser tomados al menos como una aproximación cuantitativa.

<sup>32</sup> En este estudio se adopta una metodología que posibilita, además de calcular el impacto de estas actividades sobre la productividad, conocer su distribución temporal, lo que permite obtener indicadores complementarios de la importancia de este efecto, como son sus periodos de maduración y permanencia, así como calcular de forma precisa, tasas internas de retorno (TIR), que es un indicador que sintetiza la información sobre la magnitud del impacto y su distribución temporal.

Los resultados obtenidos por Crespo y Velázquez (1999) indican que en todos los países estudiados (Alemania y Francia como países representativos de economías que realizan un esfuerzo en I+D superior a la media, y España e Italia como países cuyo esfuerzo es inferior), el efecto de los gastos en I+D sobre la productividad son también positivos, obteniéndose un período de maduración en torno a los ocho años, excepto en el caso de Francia que se reduce a tres.

Lógicamente los resultados obtenidos en este trabajo son sólo una primera aproximación para explicar un fenómeno mucho más complejo que sin duda necesita ser complementado con estudios adicionales, algunos de los cuales son planteados en el capítulo siguiente en lo que supone una extensión mediante variables microeconómicas del modelo macroeconómico de crecimiento económico que ha servido de base para los análisis empíricos aquí realizados.

Pese a sus limitaciones, estos resultados preliminares permiten realizar algunas consideraciones en materia de política económica de la empresa:

- En primer lugar, las empresas que realizan esfuerzo en I+D a fin de alcanzar mayores niveles de productividad del trabajo deben conocer en la medida de lo posible, tanto el nivel de eficiencia técnica de partida (ya que tal como se ha comprobado los resultados diferirán de manera importante), así como los factores que los condicionan, a fin de poder potenciarlos.
- En segundo lugar, con independencia del nivel de eficiencia de partida, la relación entre el esfuerzo en I+D y la productividad del trabajo (y por extensión sus factores condicionantes) tiene una tendencia a tener en cuenta, caracterizada por una fase de crecimiento (más o menos acusada, tal como se ha analizado anteriormente) a la que sigue una vez superado un máximo una fase de decrecimiento (también más o menos acusado).

En cualquier caso, los resultados obtenidos en la industria española sugieren la conveniencia de aumentar tanto el número de empresas que hacen I+D como las cantidades invertidas. En este sentido, la actuación mediante políticas tecnológicas que faciliten el establecimiento de un marco jurídico y fiscal adecuado para las sociedades de capital riesgo y para los mercados secundarios que permita captar recursos para las actividades innovadoras parece esencial<sup>33</sup>.

Concluyendo, puede decirse que la evidencia empírica que analiza la relación positiva del progreso técnico (tanto el incorporado en bienes de equipo, como el no incorporado medido a través de los gastos de las empresas en actividades de I+D) sobre el crecimiento económico, parece despejar cualquier duda sobre su vital importancia para el desarrollo y bienestar futuro de un país.

---

<sup>33</sup> La vía financiera de actuación centrada en programas específicos de apoyo a la innovación para empresas de pequeño tamaño tampoco es nada desdeñable, toda vez que supondría un importante estímulo para estas empresas.

A este respecto, tal como señala Martín (1992a), tiene interés destacar que aún cuando se ha encontrado evidencia de que los gastos en I+D que realizan los países tienen externalidades positivas para el crecimiento de aquellos otros que son destinatarios de sus exportaciones y proyectos de inversión directa, la magnitud de tales externalidades no parece ser muy significativa, si bien resulta ser mayor cuanto mayor es su dedicación a actividades de I+D, lo que redundaría en la idea de que dichas actividades son necesarias no sólo para la realización de innovaciones, sino para beneficiarse de las efectuadas en el extranjero<sup>34</sup>.

#### **1.4.- Referencias bibliográficas.**

ABRAMOVITZ, M. (1991): "Thinking about Growth and other Essays on Economic Growth and Welfare", Cambridge: Cambridge University Press.

AMABLE, A. (1993): "Catch-Up and Convergence: A Model of Cumulative Growth", *International Review of Applied Economics*, 7 (1), 1-25.

ARROW, K. J. (1962a): "Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention", in National Bureau of Economic Research. *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*. Princeton: Princeton University Press.

ARROW, K. J. (1962b): "The Economic Implications of Learning by Doing", *Review of Economic Studies*, 29 (3), 155-73.

ARROW, K. J, CHENERY, H. B, MINHAS, B. S, y SOLOW, R. M. (1961): "Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency", *Review of Economics and Statistics*, 46 (3), 225-50.

BAILY, M. N. (1982): "The Productivity Growth Slowdown by Industry", *Brookings Papers on Economic Activity*, 2, 423-54.

BALDWIN, R. E. (1991): "Empirical Studies of Commercial Policy", Chicago: The University of Chicago Press.

BARRO, R. J. (1991): "Economic Growth in a Cross Section of Countries", *Quarterly Journal of Economics*, CVI, 407-43.

BENEITO, P. (2001): "R&D Productivity and Spillovers at the Firm Level: Evidence from Spanish Panel Data", *Investigaciones económicas*, 25, (2), 289-313.

---

<sup>34</sup> Este aspecto se ve con toda su crudeza en el impacto limitado que tienen muchos programas de desarrollo en países que parten de una situación muy desfavorable en relación a su stock de capital tecnológico y humano.

BAUMOL, W. J. (1986): "Productivity Growth, Convergence, and Welfare: What the Long-Run Data Show", *American Economic Review*, 76 (5), 1072-85.

BERGES, F, y PÉREZ, R. (1986): "Eficiencia técnica en las grandes empresas industriales de España y Europa", *Investigaciones económicas* (Segunda época), 10, (3), 449-466.

BERNDT, E. R, and FUSS, M. A. (1986): "Productivity Measurement with Adjustments for Variations in Capacity Utilization and Other Forms of Temporary Equilibrium", *Journal of Econometrics*, 33, 7-29.

CAMERON, A. C, and TRIVEDI, P. K. (1998): "Regression Analysis of Count Data", Cambridge, UK New York, NY, USA: Cambridge University Press.

COHEN, W. M, and LEVINTHAL, D. A. (1989): "Innovation and Learning: The Two Faces of R&D", *Economic Journal*, 99, 569-96.

CORNWELL, C, SCHMIDT, P, and SICKLES, R. (1990): "Production Frontiers with Cross-Sectional and Time-Series Variations in Efficiency Levels", *Journal of Econometrics*, 46, 182-200.

CRESPO, J, y VELÁZQUEZ, F. (1999): "Rentabilidad económica y crisis industrial", *Papeles de Economía Española*, 81, 74-84.

DOMAR, E. D. (1961): "On the Measurement of Technological Change", *Economic Journal*, 71 (284), 709-29.

EATON, J, and TAMURA, A. (1996): "Japanese and U.S. Exports and Investment as Conduits of Growth", *NBER Working Paper*, 5457.

FARRELL, P. N. (1978): "An Analysis of New Industry Location: the Irish case", Oxford: Pergamon Press.

GRANDÓN, V, y RODRÍGUEZ ROMERO, L. (1991): "Capital tecnológico e incrementos de productividad en la industria española (1975-81)", *Departamento de Economía, Universidad Carlos III de Madrid Documento de trabajo*, 91-01.

GRILICHES, Z. (1957): "Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change", *Econometrica*, 25 (4), 501-22.

GRILICHES, Z. (1958): "Research Costs and Social Returns: Hybrid Corn and Related Innovations", *Journal of Political Economy*, 66, 419-31.

GRIFELL-TATJÉ, E, PRIOR, D, y SALAS, V. (1994): "Eficiencia de empresa y eficiencia de planta en los modelos frontera no paramétricos: Una aplicación a las cajas de ahorros españolas", *Revista Española de Economía*, 11, (1), 139-159.

- GRILICHES, Z. (1979): "Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth", *Bell Journal of Economics*, 10 (1), 92-116.
- GROSSMAN, G. M, and HELPMAN, E. (1991a): "Comparative Advantage and Long-Run Growth", *American Economic Review*, 80 (4), 796-815.
- GUMBAU, M. (1998): "La eficiencia técnica de la industria española", *Revista Española de Economía*, 15, (1), 67-84.
- HUDSON, E. A, and JORGENSON, D. W. (1978): "Energy Prices and the U. S. Economy, 1.972-1976", *Natural Resources Journal*, 18 (4), 877-97.
- JORGENSON, D. W, GOLLOP, F. M and FRAUMENI, B. M. (1987), "Sectoral Substitution and Technical Change", in *Productivity and U. S. Economic Growth*, Chapter 7, Cambridge, MA: Harvard University Press, 211-60 and notes 539-40 and references.
- LEONTIEF, W. (1958): "La estructura de la economía americana, 1919-1939: Una aplicación empírica del análisis del equilibrio", Barcelona: J.M. Bosch.
- LUCAS, R. (1988): "On the Mechanics of Economic Development", *Journal of Monetary Economics*, 22, 3-42.
- MANSFIELD, E. M. (1961): "Technical change and the rate of imitation", *Econometrica*, 29, 741-66.
- MARTÍN, A, y SUÁREZ, C. (1996): "Estimación del stock de capital para las empresas de la Encuesta Sobre Estrategias Empresariales", Programa de Investigaciones Económicas, *Fundación Empresa Pública Documento de Trabajo*, 13, 1-20.
- MERINO, F, y SALAS, V. (1995): "Empresa extranjera y manufactura española: Efectos directos e indirectos", *Revista de Economía Aplicada*, 9, (3), 105-131.
- MERINO, F, y SALAS, V. (1996): "Diferencias de eficiencia entre empresas nacionales y extranjeras en el sector manufacturero", *Papeles de Economía Española*, 66, 191-208.
- MARTÍN, A. (1992a): "Los determinantes del crecimiento de la productividad en la industria española", *Fundación Empresa Pública*, VIII Jornadas de Economía Industrial, 159-165.
- NELSON, R. R, and WINTER, S. G. (1974): "Neoclassical vs Evolutionary Theories of Economic Growth: Critique and Prospectus", *Economic Journal*, 886-905.
- NORSWORTHY, M. J, and KUNZE, H. (1979): "The Slowdown in Productivity Growth: Analysis of Some Contributing Factors", *Brookings Papers on Economic Activity*, 2, 387-421.

RODRÍGUEZ, L. (1992): “Actividad Económica y Actividad Tecnológica: Un análisis simultáneo de datos de panel”, *Fundación Empresa Pública*, VIII Jornadas de Economía Industrial, 151-158.

RODRÍGUEZ ROMERO, L. (1988): “Efectos individuales en la estimación de elasticidades de sustitución: Grandes empresas industriales españolas 1979-81”, *Revista Española de Economía*, 5, 138-153.

ROMER, P. M. (1986): “Increasing Returns and Long-Run Growth”, *Journal of Political Economy*, 94 (5), 1002-37.

ROUSSEL, P. A, SAAD, K. N, y ERICKSON, T. J. (1991): “Tercera generación de I+D: Su integración en la estrategia de negocio”, Madrid: McGraw-Hill.

SEGURA, J, MARTÍN, C, y RODRÍGUEZ ROMERO, L. (1989): “La industria española ante la crisis”, 1ª Edición, Alianza Editorial, Madrid.

SCHERER, F. M. (1982): “Inter-industry Technology Flows and Productivity Growth”, *Review of Economics and Statistics*, 64, (4), 627-34.

SOLOW, R. M. (1956): “A contribution to the Theory of Economic Growth”, *Quarterly Journal of Economics*, 70, 65-94.

TERLECKYJ, N. E. (1980): “Direct and Indirect Effects of Industrial Research and Development on the Productivity Growth of Industries”, in John W. Kendrick and Beatrice N. Vaccara (eds), *New Developments in Productivity Measurement and Analysis*, Chapter 6, Chicago and London: University of Chicago Press, 359-77.

VACCARA, B. N. (1970): “Changes over Time in Input-Output Coefficients for the United States, in Carter. A.P and Bródy, A (eds), *Applications of Input-Output Analysis*, Chapter 11, Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 238-60 and 387.