

EFECTOS DEL CAPITAL PÚBLICO Y DEL CAPITAL HUMANO SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE LAS REGIONES ESPAÑOLAS

Francisco PEDRAJA CHAPARRO
M^a del Mar SALINAS JIMÉNEZ

Universidad de Extremadura

Javier SALINAS JIMÉNEZ

Universidad de Extremadura e IEF

Resumen

En el presente estudio analizamos el crecimiento de la productividad total de los factores experimentado por las regiones españolas entre 1965 y 1995. Con esta finalidad, se construyen unos índices de productividad de Malmquist, calculados mediante técnicas no paramétricas de programación lineal, descomponiendo dicho crecimiento en ganancias de eficiencia y cambio técnico. Una vez realizado este estudio, nuestro objetivo será determinar qué factores inciden en el crecimiento de la productividad total de los factores privados, centrándonos en el estudio del capital público productivo y del capital humano como factores condicionantes de dicho crecimiento.

Palabras clave: crecimiento económico, productividad total de los factores, eficiencia técnica.

Abstract

In this study we examine the growth of total factor productivity that took place in the Spanish regions in the period 1965-1995. To this end, we have constructed Malmquist productivity indexes, which we calculated by means of non-parametric linear programming techniques, breaking this growth down into gains in efficiency and technical change. Having conducted this study, our aim will be to determine what factors affect total private factor productivity growth, concentrating on the study of productive private capital and human capital as factors determining this growth.

Key words: economic growth, total factor productivity, technical efficiency.

JEL classification: O47, O30, O40, R11.

I. INTRODUCCIÓN

EN la mayor parte de los estudios sobre crecimiento económico y convergencia, se asume que todos los agentes productivos, ya sean empresas, regiones o países, operan de forma eficiente. Bajo este supuesto, las ganancias de productividad se asimilan al progreso técnico, ignorando la posibilidad de que puedan producirse ganancias de eficiencia que contribuyan al crecimiento de la productividad. Para tener en cuenta la posible existencia de ineficiencias, será necesario estimar una frontera de producción que represente el máximo producto técnicamente alcanzable, siendo el nivel de ineficiencia la diferencia entre el nivel de producción obtenido y el máximo posible. De esta forma, el crecimiento de la productividad se deberá tanto al progreso técnico, representado por el desplazamiento de la frontera de producción, como a las ganancias de eficiencia, o aproximaciones a la frontera tecnológica. En este sentido, como señalan Grosskopf (1993) y Färe *et al.* (1994), las aproximaciones no frontera, al identificar la productividad con el progreso técnico, proporcionan medidas sesgadas de productividad en el caso de que exista ineficiencia.

Recientemente, diversos trabajos se han centrado en el estudio de las ganancias de eficiencia como fuente del crecimiento de la productividad y, en menor medida, de la convergencia. Entre estos estudios, pode-

mos destacar los de Färe *et al.* (1994), Perelman (1995), Taskin y Zaim (1997) y Maudos *et al.* (1999) para los países de la OCDE, o el de Domazlicky y Weber (1997) para los EE.UU. En el ámbito de las regiones españolas, Prior (1990) analiza la productividad industrial a partir de su nivel de eficiencia técnica, mientras que trabajos como el de Gumbau y Maudos (1996) y el de Maudos *et al.* (1998) centran dicho análisis en los diferentes sectores productivos o en el agregado de la economía, respectivamente. Adicionalmente, Maudos *et al.* (1998), Gumbau (2000) y Maudos *et al.* (2000) abordan el estudio de la convergencia de la productividad del trabajo analizando la contribución del progreso técnico y de las ganancias de eficiencia como mecanismos diferenciados de la misma.

En este contexto, en el presente estudio analizaremos el crecimiento de la productividad total de los factores experimentado por las regiones españolas entre 1965 y 1995, descomponiendo este crecimiento en ganancias de eficiencia y cambio tecnológico mediante el cálculo de índices de Malmquist. Este análisis se realizará tanto para el conjunto de la economía como a nivel desagregado para las grandes ramas de actividad del sector privado. Una vez realizado este estudio, nuestro objetivo será determinar qué factores inciden en el crecimiento de la productividad total de los factores privados, centrándonos en el estudio del capital público y del capital humano como factores condicionantes de

dicho crecimiento. De acuerdo con estos objetivos, la estructura de nuestro trabajo es la siguiente: en el apartado segundo presentamos la metodología utilizada en la aproximación de la frontera de producción y en la descomposición de la productividad total de los factores (PTF) en cambio técnico y ganancias de eficiencia; para pasar, en el apartado tercero, a presentar los principales resultados obtenidos tanto en relación con las diferencias existentes en los niveles de eficiencia en el ámbito regional y sectorial como en la descomposición de las distintas fuentes del crecimiento de la PTF. En el apartado cuarto nos centraremos en el papel que juegan el capital público productivo y el capital humano como factores que contribuyen a explicar el crecimiento de la PTF; presentando por último, en el apartado quinto, las principales conclusiones de este trabajo.

II. EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES: UNA APROXIMACIÓN NO PARAMÉTRICA

Partiendo del concepto de eficiencia de Farrell (1957), el nivel de ineficiencia vendrá determinado por la diferencia entre el máximo producto técnicamente alcanzable y el producto realmente obtenido, de forma que para medir los niveles de ineficiencia será preciso estimar la frontera tecnológica de producción. En la estimación de la frontera se han utilizado habitualmente tanto aproximaciones paramétricas como no paramétricas. La aproximación paramétrica supone especificar una determinada forma funcional entre las variables y asumir una estructura en la distribución del término de ineficiencia, lo que puede condicionar los resultados obtenidos (Grosskopf, 1986). La estimación no paramétrica, por su parte, no requiere especificar ninguna forma funcional para la tecnología, presentando así una mayor flexibilidad.

En este trabajo utilizamos los índices de productividad propuestos por Färe *et al.* (1994), que permiten estimar las variaciones en los niveles de productividad como la media geométrica de dos índices de Malmquist (1). Asimismo, este índice de productividad puede descomponerse en progreso técnico y cambios en el nivel de eficiencia, lo que nos permitirá analizar qué parte del crecimiento de la productividad se debe a cada uno de estos factores.

Para definir dichos índices de productividad, asumimos que podemos expresar la tecnología de producción, S^t , para cada período de tiempo, t , ($t = 1, \dots, T$) como:

$$S^t = \{(X^t, Y^t) : X^t \text{ puede producir } Y^t\} \quad [1]$$

donde X^t e Y^t representan al vector de *inputs* y al vector de *outputs*, respectivamente. Se asume que la tecnología de producción satisface ciertos axiomas (2) que permiten definir la función distancia en el período t como (3):

$$D_o^t(X^t, Y^t) = \inf\{\theta : (X^t, Y^t / \theta) \in S^t\} \quad [2]$$

Esta función permite una caracterización completa de la tecnología de producción, de manera que $(X^t, Y^t) \in S^t$ si, y sólo si, $D_o^t(X^t, Y^t) \leq 1$.

Con la finalidad de construir un índice de productividad de Malmquist, siguiendo el trabajo seminal de Caves, Christensen y Diewert (1982), es necesario relacionar el vector de *inputs-outputs* de un período de tiempo t , (X^t, Y^t) , con la tecnología de producción del período siguiente, S^{t+1} . De esta forma es posible definir:

$$D_o^{t+1}(X^t, Y^t) = \inf\{\theta : (X^t, Y^t / \theta) \in S^{t+1}\} \quad [3]$$

De forma similar, puede definirse $D_o^t(X^{t+1}, Y^{t+1})$; en este caso, el vector de *inputs-outputs* del período $t+1$ se compara con la tecnología de producción del período anterior. Evidentemente, en presencia de progreso técnico $(X^{t+1}, Y^{t+1}) \notin S^t$ y $D_o^t(X^{t+1}, Y^{t+1}) > 1$.

A partir de los conceptos anteriores, Färe *et al.* (1994) definieron el siguiente índice de productividad de Malmquist:

$$M_o^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1}, X^t, Y^t) = \left[\frac{D_o^t(X^{t+1}, Y^{t+1}) D_o^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_o^t(X^t, Y^t) D_o^{t+1}(X^t, Y^t)} \right]^{1/2} \quad [4]$$

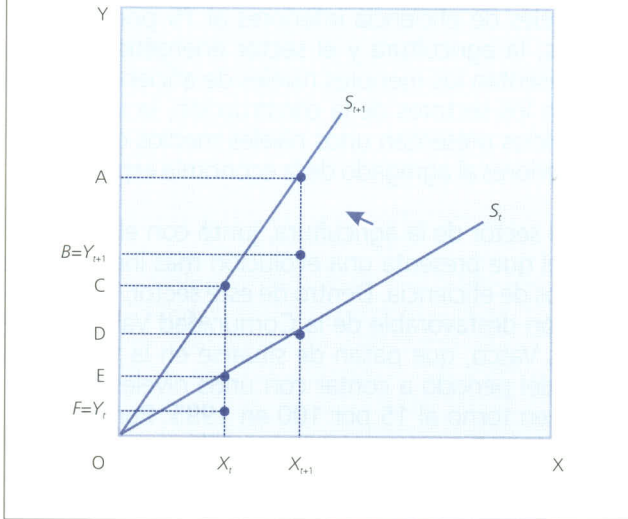
Puede apreciarse fácilmente que este índice de productividad es la media geométrica de dos índices de productividad de Malmquist (4). El primero de ellos toma como tecnología de referencia la correspondiente al año t , mientras que el segundo adopta como tecnología de referencia la correspondiente al año $t+1$. Con el índice propuesto por Färe *et al.* (1994) se evita tener que realizar una elección arbitraria de una u otra tecnología como base de referencia.

Por otra parte, este índice puede reescribirse como:

$$M_o^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1}, X^t, Y^t) = \frac{D_o^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_o^t(X^t, Y^t)} \left[\frac{D_o^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_o^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})} \frac{D_o^t(X^t, Y^t)}{D_o^{t+1}(X^t, Y^t)} \right]^{1/2}$$

o bien, $M = E \times P$ [5]

GRÁFICO 1



donde E representa la variación en los niveles de eficiencia:

$$E = \frac{D_o^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_o^t(X^t, Y^t)} \quad [6]$$

y P recoge los cambios en los niveles de productividad debidos al progreso técnico:

$$P = \left[\frac{D_o^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_o^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})} \frac{D_o^t(X^t, Y^t)}{D_o^{t+1}(X^t, Y^t)} \right]^{1/2} \quad [7]$$

El análisis precedente puede ilustrarse mediante el gráfico 1, que ayuda a explicar los índices anteriores de forma más intuitiva. El primer término, E , refleja la variación producida en los niveles de eficiencia técnica entre el período t (OF/OE) y el período $t+1$ (OB/OA). El segundo término, P , es la media geométrica de dos ratios que recogen los desplazamientos que se han producido en la frontera de producción, medidos en el período $t+1$ (OA/OD) y en el período t (OC/OE).

Para calcular la ecuación [5] es necesario estimar las cuatro funciones distancia que aparecen en ella, lo cual puede hacerse mediante aproximaciones paramétricas o mediante aproximaciones no paramétricas. Estas últimas ofrecen la ventaja de que no es preciso especificar una forma funcional para la tecnología ni asumir ningún supuesto sobre la distribución del término de ineficiencia. De esta forma, es posible estimar la distancia a la frontera de producción mediante el análisis envol-

vente de datos (DEA) (5). Así, si asumimos la existencia de rendimientos constantes de escala (6), y teniendo en cuenta que la función distancia del *output* es igual a la recíproca de la medida de eficiencia técnica orientada en *outputs* de Farrell (Färe y Lovell, 1978), la función $D_o^t(X^t, Y^t)$ podría estimarse resolviendo el siguiente problema de optimización condicionada:

$$\begin{aligned} [D_o^t(X_t, Y_t)]^{-1} &= \max_{\phi, \lambda} \phi \\ \text{sujeto a } -\phi y_{i,t} + Y_t \lambda &\geq 0 \\ x_{i,t} - X_t \lambda &\geq 0 \\ \lambda &\geq 0 \end{aligned} \quad [8.1]$$

Los tres problemas de programación lineal restantes son variaciones del anterior:

$$\begin{aligned} [D_o^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})]^{-1} &= \max_{\phi, \lambda} \phi \\ \text{sujeto a } -\phi y_{i,t+1} + Y_{t+1} \lambda &\geq 0 \\ x_{i,t+1} - X_{t+1} \lambda &\geq 0 \\ \lambda &\geq 0 \end{aligned} \quad [8.2]$$

$$\begin{aligned} [D_o^t(X_{t+1}, Y_{t+1})]^{-1} &= \max_{\phi, \lambda} \phi \\ \text{sujeto a } -\phi y_{i,t+1} + Y_t \lambda &\geq 0 \\ x_{i,t+1} - X_t \lambda &\geq 0 \\ \lambda &\geq 0 \end{aligned} \quad [8.3]$$

$$\begin{aligned} [D_o^{t+1}(X_t, Y_t)]^{-1} &= \max_{\phi, \lambda} \phi \\ \text{sujeto a } -\phi y_{i,t} + Y_{t+1} \lambda &\geq 0 \\ x_{i,t} - X_{t+1} \lambda &\geq 0 \\ \lambda &\geq 0 \end{aligned} \quad [8.4]$$

Puede observarse que en los problemas [8.3] y [8.4] se están efectuando comparaciones utilizando observaciones de un período tomando como base de referencia la frontera de producción correspondiente al otro período. En estos casos, el valor de ϕ no tiene por qué ser necesariamente mayor o igual que uno, como ocurre cuando calculamos la eficiencia técnica utilizando datos de sección cruzada. Así, en la ecuación [8.3] se está comparando una observación del período $t+1$ con respecto a la frontera de producción del período anterior. Si ha existido progreso técnico, dicha observación puede estar situada por encima de la frontera de producción, con lo que el valor de ϕ sería menor que uno (7).

III. EFICIENCIA Y CRECIMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES EN LAS REGIONES ESPAÑOLAS

En este trabajo analizamos la eficiencia y el crecimiento de la productividad total de los factores (distinguiendo entre ganancias de eficiencia y cambio técnico) de las comunidades autónomas españolas (CCAA) entre 1965 y 1995, tanto para el agregado de la economía como para cada uno de los grandes sectores de la actividad privada. En cada caso, consideramos la existencia de un *output*, el valor añadido bruto al coste de los factores (VABcf), y dos *inputs*, el capital privado (*K*) y el empleo (*L*). Los datos correspondientes al VABcf y al empleo proceden de la serie homogénea *La renta nacional de España y su distribución provincial. Serie homogénea 1955 a 1993 y avances 1994 a 1997*, publicada por el Banco Bilbao-Vizcaya (BBV) en 1999, que proporciona información bienal de estas variables. El VABcf viene expresado en pesetas constantes de 1986 para el agregado de la economía y para los cuatro grandes sectores: agricultura, industria, construcción y servicios. No obstante, a partir de la información del VABcf y de los deflatores proporcionados por esta misma fuente para distintos subsectores, es posible distinguir, dentro del sector industrial, entre el sector energético y el sector de productos industriales. Asimismo, dentro del sector servicios, descontamos los servicios públicos y el subsector de alquiler de inmuebles (que se excluye del análisis, dado que al considerar el capital privado excluimos asimismo el capital residencial). En estos casos, la información disponible alcanza hasta 1993. Por su parte, el *stock* de capital privado (no residencial) procede de las estimaciones realizadas por el Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas (IVIE), y publicadas en Mas, Pérez y Uriel (1999).

En el cuadro n.º 1 se presentan los niveles medios de eficiencia estimados para cada una de las CCAA en el conjunto del período 1965-1995, mientras que en el gráfico 2 se muestra la evolución de la eficiencia media de la economía española para la producción agregada y para cada uno de los sectores analizados. A partir de esta información, cabe destacar los siguientes aspectos:

1) El nivel medio de eficiencia de las CCAA se sitúa, en el conjunto del período, en torno al 81 por 100, lo que supone que, con el mismo empleo de *inputs*, podría haberse obtenido, en promedio, un 19 por 100 más de producción. Se aprecian, sin embargo, notables diferencias en los niveles de eficiencia tanto entre las distintas CCAA como entre sectores. Así, para el agregado de la economía, se observa que mientras comunidades como Madrid, el País Vasco o Cataluña cuentan con niveles de eficiencia superiores al 90 por 100 (des-

tacando la Comunidad de Madrid, que se sitúa en la frontera a lo largo de todo el período), regiones como Andalucía, Cantabria, Castilla y León, Galicia, Murcia, Castilla-La Mancha y, por último, Extremadura alcanzan niveles de eficiencia inferiores al 75 por 100. Por sectores, la agricultura y el sector energético son los que presentan los menores niveles de eficiencia, mientras que los sectores de la construcción, la industria y los servicios presentan unos niveles medios de eficiencia superiores al agregado de la economía española.

2) El sector de la agricultura, junto con el energético, es el que presenta una evolución más inestable en términos de eficiencia. Dentro de este sector, destaca la evolución desfavorable de la Comunidad Valenciana y del País Vasco, que pasan de situarse en la frontera a inicios del período a contar con unos niveles de ineficiencia en torno al 15 por 100 en 1995. Por su parte, Navarra y La Rioja se mantienen próximos a la frontera a lo largo de todo el período, destacando asimismo el comportamiento de comunidades como Andalucía, Canarias, Madrid o Murcia, que pasan de tener unos niveles de eficiencia inferiores al 75 por 100 en 1965 a contar con unos niveles superiores al 95 por 100 en los últimos años del período analizado. En el extremo opuesto destacan las comunidades de Galicia, Asturias, Cantabria y Aragón, que presentan unos niveles de eficiencia inferiores al 70 por 100 al final del período, niveles, por otra parte, muy similares a los que presentaban a mediados de la década de los sesenta.

3) El sector de la construcción es el que presenta una evolución más estable a lo largo de todo el período, con unos valores medios de eficiencia en torno al 90 por 100. Entre las comunidades más eficientes destacan La Rioja, Canarias, la Comunidad Valenciana y Murcia, mientras que Extremadura y Castilla y León se sitúan entre las más ineficientes. Las diferencias existentes entre las distintas regiones en el sector de la construcción son, sin embargo, bastante reducidas, ya que la región más ineficiente en 1995 (Extremadura) alcanza un índice de eficiencia en torno al 80 por 100.

4) De entre todos los sectores, la evolución del sector industrial es la más favorable para el conjunto de la economía española, dado que ha pasado de registrar unos niveles de ineficiencia próximos al 20 por 100 en 1965 a presentar un nivel de eficiencia en torno al 94 por 100 en 1993, lo que le lleva a situarse como el sector más eficiente en los años noventa. Esta positiva evolución alcanza a todas las CCAA, destacando el comportamiento de La Rioja y la Comunidad Valenciana, que, partiendo de unos niveles de ineficiencia entre el 25 y el 20 por 100, consiguen eliminar esta ineficiencia en los años noventa. Por su parte, las comunidades de Madrid, el País Vasco y Baleares se sitúan a lo largo de todo

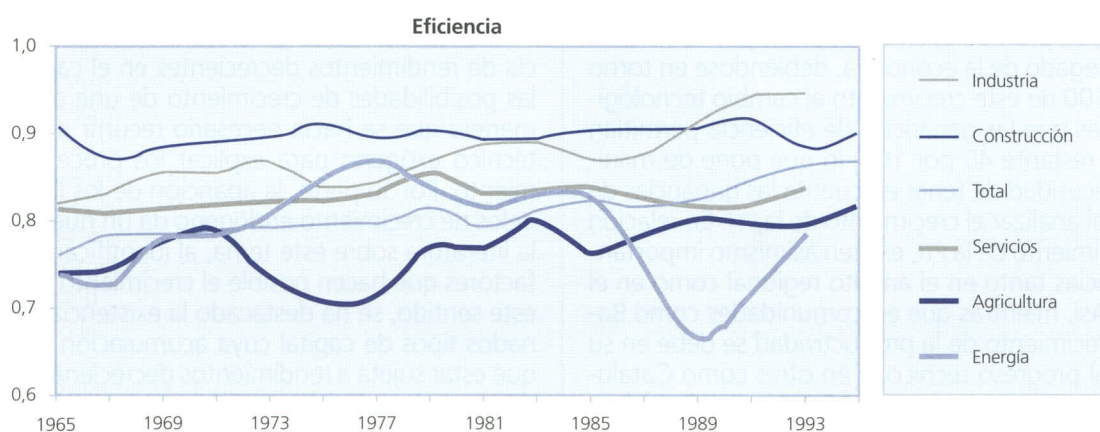
CUADRO N.º 1

EFICIENCIA MEDIA (1965-1995) (*)

	Total	Agricultura	Construcción	Industria	Energía	Servicios
Andalucía	0,74	0,87	0,89	0,81	0,76	0,75
Aragón	0,80	0,76	0,87	0,86	0,67	0,83
Asturias	0,75	0,50	0,88	0,93	0,92	0,83
Baleares	0,86	0,71	0,92	0,99	0,61	0,89
Canarias	0,85	0,85	0,99	0,80	0,68	0,87
Cantabria	0,74	0,58	0,90	0,93	0,45	0,83
Castilla-La Mancha	0,72	0,73	0,85	0,77	0,81	0,68
Castilla y León	0,73	0,63	0,82	0,86	0,57	0,72
Cataluña	0,91	0,89	0,87	0,95	0,79	0,93
Comunidad Valenciana ..	0,80	0,96	0,97	0,88	0,85	0,83
Extremadura	0,69	0,60	0,80	0,76	0,90	0,67
Galicia	0,73	0,45	0,85	0,82	0,90	0,76
Madrid	1,00	0,77	0,86	1,00	0,71	1,00
Murcia	0,73	0,87	0,96	0,71	0,97	0,78
Navarra	0,85	0,95	0,90	0,93	0,79	0,85
País Vasco	0,96	0,97	0,90	1,00	0,91	0,89
La Rioja	0,89	0,94	0,99	0,83	1,00	0,86
Media	0,81	0,77	0,90	0,87	0,78	0,82

(*) 1965-1993 en el caso de los sectores industrial, energético y de servicios.

GRÁFICO 2
EVOLUCIÓN DE LA EFICIENCIA MEDIA POR SECTORES



el período en torno a la frontera. Otro aspecto positivo que cabe destacar dentro del sector industrial es el hecho de que, en el último año considerado, todas las CCAA presenten unos niveles de eficiencia superiores al 85 por 100, lo que pone asimismo de manifiesto las importantes ganancias de eficiencia experimentadas en este sector por regiones como Murcia, Galicia, Andalucía, Extremadura, Castilla-La Mancha o Canarias, cuyos niveles de eficiencia no alcanzaban el 75 por 100 en 1965.

5) Dentro del sector energético, La Rioja, Murcia, el País Vasco y Extremadura cuentan con unos niveles de eficiencia superiores al 95 por 100 en el último año considerado, destacando la favorable evolución de esta última comunidad, que ha pasado de registrar unos niveles de ineficiencia en torno al 30 por 100 a inicios del período a situarse en la frontera desde la segunda mitad de la década de los setenta. En el extremo opuesto, Cantabria aparece como la comunidad más ineficiente

en este sector a lo largo de todo el período (con niveles de ineficiencia superiores al 50 por 100).

6) Por último, los niveles de eficiencia en el sector servicios permanecen relativamente estables en las tres últimas décadas, con valores comprendidos entre el 80 y el 85 por 100. Entre las regiones más eficientes nos encontramos con Madrid (que se sitúa en todo momento en la frontera) y Cataluña, destacando asimismo la evolución de Canarias, que, partiendo de unos niveles de eficiencia en torno al 75 por 100, alcanza a partir de la década de los ochenta una eficiencia próxima al 95 por 100. Extremadura, Castilla-La Mancha y Castilla y León se encuentran, por el contrario, entre las comunidades más ineficientes en este sector, siendo Extremadura la única comunidad que presenta, al final del período, unos niveles de ineficiencia superiores al 30 por 100.

A continuación, pasamos a analizar el crecimiento de la PTF, distinguiendo qué parte del mismo se debe al cambio tecnológico, o desplazamiento de la frontera, y qué parte corresponde a ganancias de eficiencia. En este sentido, en el cuadro n.º 2 se presentan los índices de Malmquist de crecimiento de la PTF, correspondientes a las distintas CCAA, para la media del período. La evolución acumulada de la PTF y de sus componentes, para la media nacional, aparece recogida, por su parte, en el gráfico 3.

Como puede observarse, el crecimiento de la PTF se ha situado, en promedio, en torno al 2,4 por 100 bial para el agregado de la economía, debiéndose en torno al 60 por 100 de este crecimiento al cambio tecnológico, mientras que las ganancias de eficiencia permitían explicar el restante 40 por 100, lo que pone de manifiesto la necesidad de tener en cuenta las ganancias de eficiencia al analizar el crecimiento de la PTF. En relación con el crecimiento de la PTF, existen asimismo importantes diferencias tanto en el ámbito regional como en el sectorial. Así, mientras que en comunidades como Baleares el crecimiento de la productividad se debe en su totalidad al progreso técnico, y en otras como Cataluña, la Comunidad Valenciana, el País Vasco, Cantabria y Asturias el cambio tecnológico explica la mayor parte del incremento de la productividad, en regiones como Andalucía, Canarias, Extremadura o Galicia el cambio técnico ha sido nulo, o incluso negativo, debiéndose así el crecimiento de la productividad en estas regiones a las ganancias de eficiencia registradas en estos años.

En el ámbito sectorial, se observan asimismo importantes diferencias tanto en el ritmo de crecimiento de la productividad como en la importancia relativa de sus componentes. En este sentido, los sectores que presentan los mayores incrementos de productividad son la

agricultura y la industria, con unas tasas de crecimiento bial en torno al 6 por 100, mientras que los ritmos de crecimiento en los restantes sectores se sitúan en torno al 1,5 por 100. Las ganancias de eficiencia más importantes se producen en el sector industrial (donde Murcia y Galicia son las comunidades que presentan las mayores mejoras), sin que ninguna región vea empeorar sus niveles de eficiencia, en el conjunto del período, en este sector. En el sector de la agricultura se observa asimismo un comportamiento muy favorable en términos de eficiencia, a pesar de que regiones como Aragón, Cataluña, la Comunidad Valenciana o el País Vasco hayan empeorado sus niveles de eficiencia. Al mismo tiempo, son precisamente estos dos sectores, agricultura e industria, los que presentan los mayores ritmos de progreso tecnológico, que alcanza —con la excepción de la Comunidad Valenciana en el sector de la agricultura— a todas las CCAA. En el extremo opuesto se sitúan los sectores de la construcción, cuyos niveles de eficiencia han permanecido relativamente estables a lo largo de todo el período, y servicios, donde regiones como Galicia, Murcia, Andalucía, Extremadura, Madrid y Canarias han visto disminuir la PTF a pesar de que, en la mayoría de los casos, sus niveles de eficiencia no se han reducido.

IV. EL PAPEL DEL CAPITAL HUMANO Y DEL CAPITAL PÚBLICO EN EL CRECIMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD

Dentro del marco de la teoría neoclásica, la existencia de rendimientos decrecientes en el capital limitaba las posibilidades de crecimiento de una economía, de manera que se hacía necesario recurrir a un progreso técnico exógeno para explicar los procesos de crecimiento. Por su parte, la aparición de los llamados modelos de crecimiento endógeno da un nuevo impulso a la literatura sobre este tema, al identificar una serie de factores que hacen posible el crecimiento continuo. En este sentido, se ha destacado la existencia de determinados tipos de capital cuya acumulación no tiene por qué estar sujeta a rendimientos decrecientes (como podría ser el capital humano) o que pueden presentar efectos externos sobre la productividad de los factores. Asimismo, en distintos modelos de crecimiento endógeno, el nivel de tecnología vendrá determinado por variables como el *stock* acumulado de capital físico o humano, de forma que el ritmo de progreso técnico dependerá de los esfuerzos que se dediquen a incrementar dichos *stocks*.

En relación con el capital humano, se han destacado dos vías a través de las cuales éste puede contribuir al crecimiento económico. Por una parte, al igual que cualquier otro factor productivo, cuanto mayor sea el

CUADRO N.º 2

CRECIMIENTO MEDIO BIENAL DE LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES

	AGRICULTURA			INDUSTRIA		
	<i>effch</i>	<i>techch</i>	<i>tfpch</i>	<i>effch</i>	<i>techch</i>	<i>tfpch</i>
Andalucía.....	1,023	1,063	1,087	1,014	1,071	1,086
Aragón	0,997	1,074	1,070	1,006	1,069	1,075
Asturias.....	1,004	1,034	1,037	1,008	1,077	1,085
Baleares	1,006	1,065	1,072	1	1,001	1,001
Canarias.....	1,026	1,043	1,070	1,011	1,055	1,067
Cantabria.....	1,001	1,065	1,066	1	1,077	1,077
Castilla-La Mancha.....	1,017	1,071	1,090	1,013	1,046	1,060
Castilla y León.....	1,020	1,067	1,088	1,013	1,068	1,082
Cataluña.....	0,988	1,070	1,056	1	1,061	1,062
Comunidad Valenciana ...	0,990	0,997	0,987	1,012	1,015	1,027
Extremadura	1,021	1,066	1,088	1,015	1,015	1,030
Galicia.....	1,001	1,033	1,034	1,024	1,041	1,066
Madrid.....	1,019	1,054	1,075	1	1,041	1,041
Murcia	1,020	1,032	1,053	1,043	1,032	1,076
Navarra.....	1,002	1,081	1,083	1,012	1,070	1,083
País Vasco.....	0,990	1,076	1,066	1	1,073	1,073
La Rioja.....	1	1,079	1,079	1,020	1,052	1,072
Media	1,007	1,057	1,065	1,011	1,051	1,062
	ENERGÍA			CONSTRUCCIÓN		
	<i>effch</i>	<i>techch</i>	<i>tfpch</i>	<i>effch</i>	<i>techch</i>	<i>tfpch</i>
Andalucía.....	1,017	1,009	1,026	1,007	1,021	1,027
Aragón	1,021	1,015	1,036	1,013	1,038	1,051
Asturias.....	0,990	0,962	0,953	0,993	1,016	1,009
Baleares	1,022	1,005	1,027	0,993	1,011	1,003
Canarias.....	0,977	1,010	0,987	1	1,034	1,034
Cantabria.....	0,994	1,028	1,022	1,001	1,006	1,007
Castilla-La Mancha.....	1,020	1,008	1,028	1,005	1,015	1,020
Castilla y León.....	1,012	1,007	1,019	1	1,026	1,026
Cataluña.....	1,013	1,011	1,025	1,002	1,005	1,006
Comunidad Valenciana ...	1,019	1,013	1,032	1,004	0,997	1,001
Extremadura	1,024	1,042	1,067	1,006	1,015	1,020
Galicia.....	0,995	1,020	1,015	1	1,013	1,013
Madrid.....	0,993	1,008	1,001	0,995	1,031	1,025
Murcia	1	1,010	1,010	0,997	1,029	1,026
Navarra.....	0,993	1,007	1	0,991	1,016	1,006
País Vasco.....	0,997	1,032	1,029	0,991	1,017	1,008
La Rioja.....	1	0,989	0,989	1	0,976	0,976
Media	1,005	1,010	1,015	1	1,015	1,015
	SERVICIOS			TOTAL		
	<i>effch</i>	<i>techch</i>	<i>tfpch</i>	<i>effch</i>	<i>techch</i>	<i>tfpch</i>
Andalucía.....	1,001	0,988	0,989	1,008	0,999	1,008
Aragón	1,005	1,037	1,042	1,016	1,014	1,030
Asturias.....	1,004	1,036	1,040	1,018	1,037	1,057
Baleares	0,999	1,023	1,023	1	1,028	1,028
Canarias.....	1,015	0,981	0,996	1,004	1	1,003
Cantabria.....	1,002	1,037	1,039	1,020	1,043	1,065
Castilla-La Mancha.....	1,004	1,019	1,023	1,010	1,001	1,011
Castilla y León.....	1,004	1,028	1,032	1,012	1,002	1,013
Cataluña.....	0,999	1,033	1,032	1,012	1,038	1,050
Comunidad Valenciana ...	1,004	1,012	1,016	1,009	1,025	1,034

CUADRO N.º 2 (conclusión)

CRECIMIENTO MEDIO BIENAL DE LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES

	SERVICIOS			TOTAL		
	effch	techch	tfpch	effch	techch	tfpch
Extremadura	1,003	0,986	0,990	1,003	0,998	1,002
Galicia.....	1,005	0,977	0,981	1,006	0,984	0,990
Madrid	1	0,992	0,992	1	1,012	1,012
Murcia	0,986	0,996	0,982	1,013	1,009	1,022
Navarra	1,002	1,037	1,039	1,019	1,011	1,031
País Vasco	0,999	1,029	1,028	1,010	1,043	1,054
La Rioja	1,006	1,037	1,043	0,999	0,997	0,996
Media	1,002	1,014	1,017	1,009	1,014	1,024

Nota: *tfpch*: crecimiento de la PTF; *techch*: cambio tecnológico; *effch*: ganancia de eficiencia.

capital humano mayor será, *ceteris paribus*, la producción (efecto nivel), ya que estas mejoras de cualificación de la mano de obra aumentarán la productividad de ésta y permitirán obtener una mayor cantidad de producción a partir de una misma cantidad de recursos empleados. Por otra parte, unas mayores dotaciones de capital humano aumentarán el ritmo de progreso técnico (efecto tasa), al fomentar la innovación de nuevos procesos productivos o la imitación y adaptación de las técnicas desarrolladas por otras economías más avanzadas, favoreciendo así los procesos de difusión tecnológica.

Los efectos del capital público sobre el crecimiento han recibido, asimismo, un creciente interés a partir de trabajos como el de Aschauer (1989), al destacar cómo, además de constituir un factor adicional de producción, el capital público puede contribuir a las mejoras de productividad del capital y el trabajo del sector privado, favoreciendo así su acumulación.

En el estudio del crecimiento económico es práctica habitual partir de una función de producción en la que el producto total depende de los factores productivos empleados y del nivel de tecnología existente, de forma que el ritmo de crecimiento dependerá de las tasas de acumulación de los factores productivos y del ritmo de progreso tecnológico. Si consideramos de forma explícita el capital humano y el capital público como factores productivos que vienen a sumarse al capital privado y al trabajo, podemos escribir la función de producción como:

$$Y_{it} = A_{it} F(K_{it}, L_{it}, H_{it}, G_{it}) \quad [9]$$

donde Y_{it} es el producto obtenido por una economía i en el período t ; A_{it} representa su nivel tecnológico o el grado de eficiencia con que opera dicha economía,

y los factores productivos K_{it} , L_{it} , H_{it} y G_{it} son, respectivamente, el capital privado, el trabajo, el capital humano y el capital público.

A partir de esta función de producción, el crecimiento de la producción vendrá dado por la siguiente expresión:

$$Y_{i,t} = A_{i,t} + \varepsilon_{K,it} K_{i,t} + \varepsilon_{L,it} L_{i,t} + \varepsilon_{H,it} H_{i,t} + \varepsilon_{G,it} G_{i,t} \quad [10]$$

donde $\varepsilon_{K,it}$, $\varepsilon_{L,it}$, $\varepsilon_{H,it}$, $\varepsilon_{G,it}$, son las elasticidades del producto en relación con el capital privado, el trabajo, el capital humano y el capital público, respectivamente.

Reescribiendo la expresión [10] como:

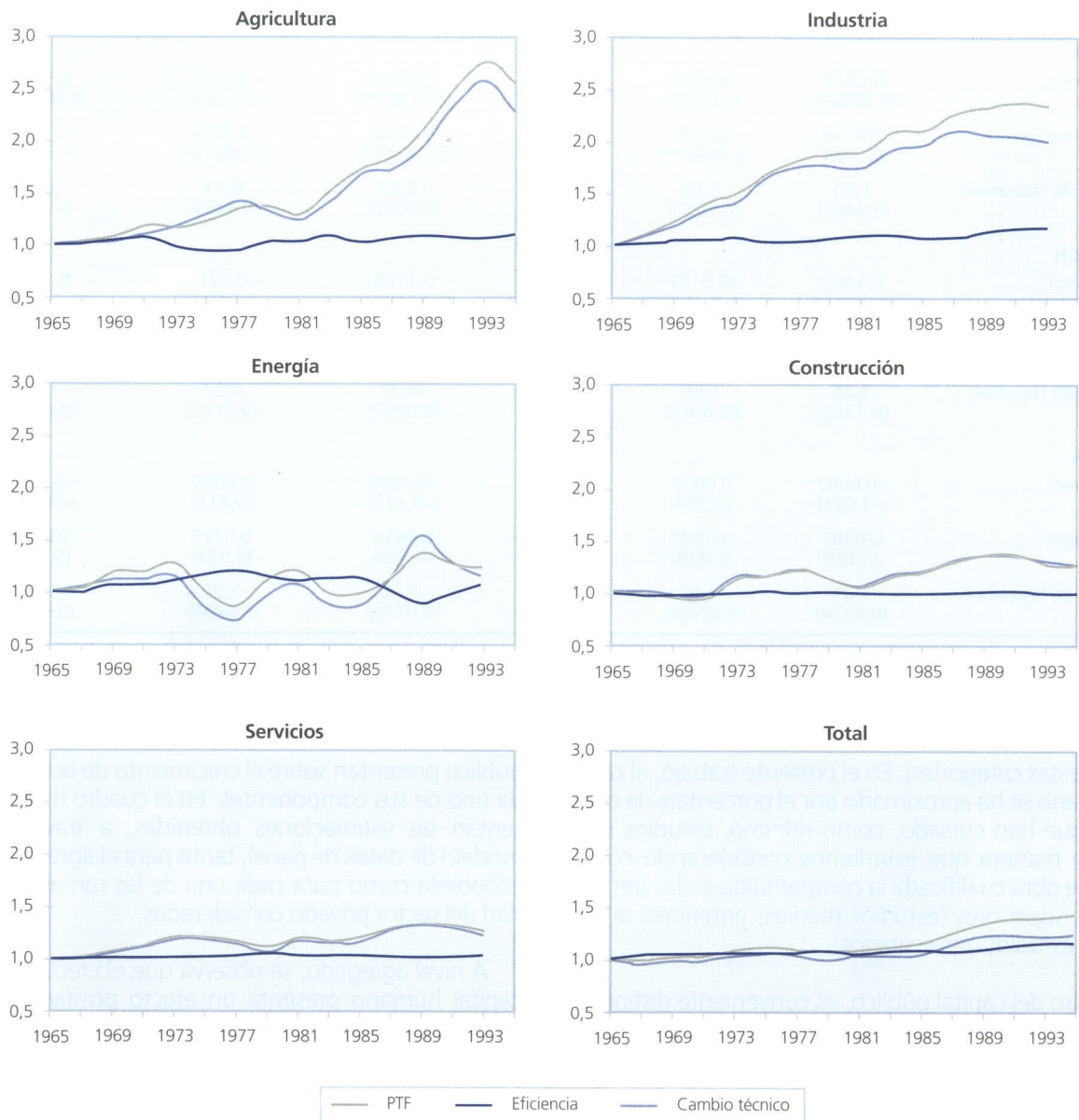
$$Y_{i,t} - \varepsilon_{K,it} K_{i,t} - \varepsilon_{L,it} L_{i,t} = A_{i,t} + \varepsilon_{H,it} H_{i,t} + \varepsilon_{G,it} G_{i,t} \quad [11]$$

podemos observar como la parte del crecimiento del producto no explicada por los factores capital y trabajo se debe tanto a las variaciones de la tecnología, o ganancias de eficiencia, como a los ritmos de crecimiento del *stock* de capital humano y público de la economía.

Dado que al estimar la productividad total de los factores en el apartado precedente consideramos únicamente como factores de producción el capital privado y el trabajo, el crecimiento de la PTF se asimilaría, en este caso, con el crecimiento del producto no explicado por estos factores. En este sentido, pasamos a continuación a analizar el efecto de las variaciones del *stock* de capital humano y público sobre el crecimiento de la productividad total de los factores privados.

Una de las ideas básicas de la teoría del capital humano, desarrollada a partir de los trabajos de Schultz y

GRÁFICO 3
EVOLUCIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES POR SECTORES (1965=1)



Becker, es que las diferencias de productividad de las personas se fundamentan en la cualificación o preparación de éstas y son, por tanto, el resultado de los procesos formativos entendidos en sentido amplio. De acuerdo con estas ideas, el nivel de formación de la población nos permitirá aproximar su nivel de cualificación o, lo que es lo mismo, el capital humano de que dispone una economía. Desde un punto de vista empírico, uno de los indicadores más utilizados a la hora de estudiar el capital humano es el porcentaje de la pobla-

ción que ha realizado un determinado nivel de estudios. Para el caso español, estos indicadores han sido publicados por la Fundación Bancaja, presentándose tanto a escala nacional y regional como a escala sectorial, y distinguiendo seis grandes colectivos en función del nivel de estudios realizados: analfabetos, sin estudios, con estudios primarios, con estudios medios, con estudios inmediatamente anteriores a los superiores y, por último, con estudios superiores (véase Pérez y Serrano, 1998, para una descripción detallada de cada

CUADRO N.º 3

EL CAPITAL HUMANO Y EL CAPITAL PÚBLICO EN EL CRECIMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES

	Total	Agricultura	Construcción	Industria	Energía	Servicios
TFPCH						
<i>H (crec)</i>	0,0971 (1,878)(*)	-0,0027 (-1,135)	0,0835 (2,425)(**)	0,1774 (5,718)(**)	-0,0275 (-1,343)	0,1492 (3,491)(**)
<i>G (crec)</i>	0,0258 (0,749)	0,2195 (3,058)(**)	0,0256 (0,435)	0,1143 (2,791)(**)	-0,2006 (-1,831)(*)	-0,0071 (-0,225)
Test de Hausman	1,60 (0,4482)	3,16 (0,2059)	0,70 (0,7033)	13,37 (0,0012)	0,12 (0,9439)	2,18 (0,3360)
TECHCH						
<i>H (crec)</i>	0,1402 (3,558)(**)	-0,0137 (-0,747)	0,0633 (2,191)(**)	0,1765 (5,624)(**)	-0,0376 (-1,501)	0,1518 (3,150)(**)
<i>G (crec)</i>	-0,0148 (-0,563)	0,1380 (2,124)(**)	0,0579 (1,172)	0,0747 (1,804)(*)	-0,2311 (-1,729)(*)	-0,0127 (-0,357)
Test de Hausman	4,20 (0,1225)	1,81 (0,4043)	0,64 (0,7252)	14,41 (0,0007)	0,27 (0,8733)	1,82 (0,4034)
EFFCH						
<i>H (crec)</i>	-0,0402 (-1,021)	0,0092 (0,589)	0,0190 (0,964)	-0,0025 (-0,127)	0,0093 (0,811)	-0,0060 (-0,262)
<i>G (crec)</i>	0,0367 (1,392)	0,0792 (1,430)	-0,0318 (-0,945)	0,0414 (1,618)	0,0325 (0,532)	0,0020 (0,117)
Test de Hausman	1,67 (0,4334)	0,30 (0,8586)	0,10 (0,9532)	0,18 (0,9129)	1,20 (0,5498)	0,11 (0,9464)

Notas:

- Debajo del coeficiente estimado se presenta, entre paréntesis, el estadístico *t*.

- (*) Significativo al 90 por 100; (**) Significativo al 95 por 100.

- El test de Hausman contrasta la validez del modelo de efectos fijos frente al modelo de efectos aleatorios, apareciendo, entre paréntesis, su correspondiente probabilidad.

una de estas categorías). En el presente trabajo, el capital humano se ha aproximado por el porcentaje de ocupados que han cursado, como mínimo, estudios medios; de manera que estaríamos considerando como mano de obra cualificada la comprendida en las tres categorías superiores (estudios medios, anteriores al superior y estudios universitarios).

Dentro del capital público, es conveniente distinguir entre el capital público productivo, que incluye las infraestructuras en carreteras, puertos, hidráulicas y urbanas, que condicionan de forma más directa el funcionamiento del sistema económico (8), y el capital social, integrado por las dotaciones correspondientes a sanidad y educación. Las estimaciones correspondientes al capital público proceden, al igual que las del capital privado, de Mas, Pérez y Uriel (1999), descontando en nuestro estudio las dotaciones de capital público en sanidad y educación con el fin de analizar el efecto del capital público productivo sobre el crecimiento de la productividad total de los factores privados.

A partir la expresión [11] y de los índices de Malmquist calculados en el apartado anterior, estimamos los efectos que el crecimiento de los capitales humano y

público presentan sobre el crecimiento de la PTF y de cada uno de sus componentes. En el cuadro n.º 3 se presentan las estimaciones obtenidas, a través de un modelo de datos de panel, tanto para el agregado de la economía como para cada una de las ramas de actividad del sector privado consideradas.

A nivel agregado, se observa que el crecimiento del capital humano presenta un efecto positivo sobre el crecimiento de la PTF, mientras que el capital público no presenta ningún efecto significativo sobre el mismo. Estos resultados esconden, sin embargo, importantes diferencias a escala sectorial. En este sentido, las mejoras en la cualificación de la mano de obra juegan un papel importante en la explicación del crecimiento de la PTF en los sectores industrial y de servicios, siendo su efecto más reducido, aunque también significativo, en el sector de la construcción; por el contrario, en los sectores de la agricultura y de la energía, el crecimiento del capital humano no presenta un impacto significativo sobre el crecimiento de la productividad.

En relación con el crecimiento de las dotaciones de capital público, observamos que si bien éste no incidió sobre la productividad de los factores privados en el

CUADRO N.º 4

GANANCIAS DE EFICIENCIA Y CATCHING-UP

EFFCH	Total	Agricultura	Construcción	Industria	Energía	Servicios
Dist. Front.	0,3986 (7,898)(**)	0,33448 (5,151)(**)	0,6325 (9,063)(**)	0,1875 (4,084)(**)	0,4465 (6,076)(**)	0,4049 (7,900)(**)
D. Front. ·H	0,0043 (4,602)(**)	0,0058 (2,401)(**)	0,4128 (2,405)(**)	0,0085 (5,837)(**)	-0,0008 (-0,674)	0,0002 (0,386)
Test de Hausman.....	51,44 (0,0000)	9,87 (0,0000)	47,23 (0,0000)	8,09 (0,0175)	33,93 (0,0000)	56,25 (0,0000)

Notas:

– Debajo del coeficiente estimado se presenta, entre paréntesis, el estadístico t.

– (*) Significativo al 90 por 100; (**) Significativo al 95 por 100.

– El test de Hausman contrasta la validez del modelo de efectos fijos frente al modelo de efectos aleatorios, apareciendo, entre paréntesis, su correspondiente probabilidad.

conjunto de la economía, los resultados obtenidos para los distintos sectores son muy diferentes, contribuyendo de forma significativa a los incrementos de la PTF observados en los sectores agrícola e industrial. Por su parte, en el sector energético su impacto sería negativo, aunque menos significativo, y no tendría ningún efecto significativo en la explicación de los incrementos de productividad en los sectores de la construcción y de los servicios.

Al estudiar los efectos que el capital humano y el público presentan sobre los componentes del crecimiento de la productividad, se observa cómo ambas variables parecen incidir en la productividad total de los factores a través de desplazamientos de la frontera de producción, sin que se aprecien efectos significativos de estas variables sobre las ganancias de eficiencia.

Mientras que los desplazamientos de la frontera tecnológica se asocian con el progreso técnico, las ganancias de eficiencia suponen un mejor aprovechamiento de los recursos, dada la tecnología existente. En este sentido, la distancia de una región a la frontera tecnológica condicionará sus posibilidades de incrementar la PTF a través de mejoras en sus niveles de eficiencia, de forma que las regiones menos eficientes podrían mejorar sus niveles de productividad aproximándose a la frontera (efecto *catch-up*). Por otra parte, cabe esperar que el nivel de capital humano existente en una economía condicione las posibilidades de ésta para aprovechar estas ganancias potenciales de productividad, por lo que, al estimar la hipótesis de *catching-up*, incluimos asimismo un término de interacción que nos permitirá contrastar si este proceso se ve favorecido por unos mayores niveles de formación de la población ocupada. Los resultados obtenidos al contrastar estas hipótesis se presentan en el cuadro n.º 4, observando cómo ambas variables resultan significativas a la hora de explicar las ganancias de eficiencia de las regiones españolas, tanto a nivel agregado como

para los grandes sectores de actividad privada considerados.

En el cuadro n.º 5 presentamos los resultados obtenidos al estimar los efectos del crecimiento del capital humano y público sobre las mejoras de productividad cuando incorporamos la distancia de las regiones a la frontera tecnológica, y la interacción de esta variable con el nivel de formación, como variables condicionantes de las ganancias de eficiencia observadas.

Como puede observarse a partir de estas estimaciones, el crecimiento del capital humano incide en mayor medida, y de forma más significativa, sobre la PTF al considerar el conjunto de la economía, si bien los efectos del capital humano y del capital público sobre el crecimiento de la productividad son ligeramente inferiores cuando consideramos las ganancias de eficiencia inducidas por el efecto de *catching-up* en el sector industrial. En cualquier caso, los resultados obtenidos son cualitativa y cuantitativamente similares a los comentados anteriormente, poniéndose de manifiesto los efectos positivos que la formación de la población ocupada y los *stocks* de capital público productivo presentan sobre el crecimiento de la productividad en la mayor parte de los sectores considerados.

V. CONCLUSIONES

En el presente trabajo hemos analizado el crecimiento de la productividad total de los factores (PTF) de las regiones españolas entre 1965 y 1995, descomponiendo dicho crecimiento en progreso técnico y ganancias de eficiencia. Como destacábamos al iniciar este estudio, los incrementos de la productividad pueden identificarse con el progreso técnico en el caso en que todos los agentes productivos estén operando eficientemente, ya que, en presencia de ineficiencias, la productividad de los factores podría aumentar, aun en au-

CUADRO N.º 5

CAPITAL HUMANO, CAPITAL PÚBLICO Y CATCHING-UP EN EL CRECIMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES

TFPCH	Total	Agricultura	Construcción	Industria	Energía	Servicios
H (crec)	0,1536 (3,128)(**)	0,0068 (0,335)	0,0793 (2,377)(**)	0,1191 (4,054)(**)	-0,0293 (-1,418)	0,1364 (3,180)(**)
G (crec)	-0,0353 (-1,162)	0,2218 (3,144)(**)	0,0930 (1,635)	0,0970 (2,678)(**)	-0,1977 (-1,798)(*)	-0,0235 (-0,735)
Dist. Front.	0,3839 (5,767)(**)	0,0080 (0,187)	0,7963 (5,650)(**)	0,5719 (8,091)(**)	0,0817 (0,816)	0,4046 (3,786)(**)
D. Front. ·H	0,0107 (8,745)(**)	0,0074 (2,321)(**)	-0,0007 (-0,206)	-0,0037 (-1,581)	-0,0021 (-0,916)	-0,0022 (-1,850)(*)
Test de Hausman.....	47,24 (0,0000)	7,70 (0,1034)	16,50 (0,0024)	46,75 (0,0000)	0,49 (0,9746)	25,27 (0,0000)

Notas:

- Debajo del coeficiente estimado se presenta, entre paréntesis, el estadístico *t*.

- (*) Significativo al 90 por 100; (**) Significativo al 95 por 100.

- El test de Hausman contrasta la validez del modelo de efectos fijos frente al modelo de efectos aleatorios, apareciendo, entre paréntesis, su correspondiente probabilidad.

sencia de progreso técnico, como consecuencia de mejoras en los niveles de eficiencia existentes.

En el caso de las regiones españolas, hemos estimado, mediante una aproximación no paramétrica de la frontera, los niveles de eficiencia con que operan las distintas CCAA. Este análisis se ha realizado tanto para el agregado de la economía como a escala sectorial, observando que existen importantes diferencias tanto entre los niveles de eficiencia alcanzados por las distintas CCAA como entre los distintos sectores considerados. En promedio, los niveles de ineficiencia estimados para el agregado de la economía, y en el conjunto del período, se sitúan próximos al 20 por 100, lo que supone que las ganancias de eficiencia se presentan como una posible fuente de crecimiento de la productividad en el caso de las regiones españolas. En este sentido, el análisis de los incrementos de la PTF, y su descomposición en progreso técnico y ganancias de eficiencia, pone de manifiesto cómo, a pesar de que el cambio tecnológico permite explicar la mayor parte del crecimiento de la productividad, las ganancias de eficiencia representan, asimismo, una fuente importante de ese crecimiento.

Con el fin de estudiar qué factores pueden estar detrás del crecimiento observado en la productividad total de los factores privados, estimamos los efectos que el crecimiento del capital humano y el capital público presentan sobre el mismo. Los resultados obtenidos a nivel agregado sugieren que las dotaciones de capital público no presentan ningún efecto significativo sobre la PTF, mientras que el del capital humano es ligeramente significativo y positivo, aumentando su significatividad y presentando un mayor efecto sobre la PTF cuando consideramos adicionalmente las mejoras de productivi-

dad inducidas por el efecto de *catching-up*. Los resultados en el ámbito sectorial son, sin embargo, diferentes, poniéndose de manifiesto el efecto positivo que el incremento del capital público productivo tiene sobre el crecimiento de la productividad de los factores privados en sectores como el agrícola o el industrial. Las mejoras en la cualificación de la mano de obra, por su parte, contribuyen asimismo a los incrementos de la PTF en la mayor parte de los sectores considerados, presentando unos efectos más positivos en los sectores industrial y de servicios.

Junto a la necesidad de considerar las diferencias existentes en los niveles de eficiencia de las distintas regiones españolas, los resultados obtenidos en este estudio ponen de manifiesto la relevancia de abordar el estudio del crecimiento desde una perspectiva sectorial. En este sentido, el estudio del crecimiento de la productividad requiere analizar cómo contribuyen al mismo el progreso tecnológico y las ganancias de eficiencia, de forma que el nivel de eficiencia de una economía condicionará sus posibilidades de incrementar la productividad. Por otra parte, la existencia de significativas diferencias de eficiencia entre los distintos sectores productivos pone de manifiesto la importancia que la estructura sectorial de una economía tendrá a la hora de explicar sus incrementos de productividad. Asimismo, los factores que contribuyen a explicar el crecimiento de la PTF varían en función del sector analizado. En este sentido, observamos que tanto el crecimiento del capital humano como el del capital público productivo presentan un efecto positivo sobre el crecimiento de la productividad de los factores privados en buena parte de los sectores considerados, a pesar de que estos efectos quedan ocultos, en el caso del capital público, cuando estudiamos dicho crecimiento a nivel agregado.

NOTAS

(1) Índices propuestos por CAVES, CHRISTENSEN y DIEWERT (1982), basados en el trabajo de MALMQUIST (1953).

(2) Véase SHEPHARD (1970) o FÄRE (1988) para un análisis de dichos axiomas.

(3) El subíndice σ indica que la función distancia está definida en términos de *outputs*. El análisis que se realiza a continuación y los índices de productividad desarrollados podrían obtenerse, de forma similar, en términos de *inputs*. Véase, en este sentido, GROSSKOPF (1993).

(4) El índice de productividad construido por FÄRE *et al.* (1994) es ligeramente diferente del propuesto por CAVES, CHRISTENSEN y DIEWERT (1982), ya que estos últimos autores asumían que $D_o'(X^t, Y^t)$ y $D_o^{(t+1)}(X^{t+1}, Y^{t+1})$ eran iguales a 1; es decir, suponían que no existía ineficiencia técnica.

(5) Modelo propuesto por CHARNES, COOPER y RHODES (1978) y basado en las medidas de eficiencia de FARRELL (1957).

(6) GRIFELL-TATJÉ y LOVELL (1995) muestran con un ejemplo sencillo de un *input* y un *output* cómo los índices de Malmquist pueden no medir de forma correcta los cambios de PTF si se asumen rendimientos variables de escala. Asimismo, el supuesto de rendimientos constantes de escala es condición suficiente para garantizar que existe una solución al problema de optimización, solución que no está garantizada bajo el supuesto de rendimientos variables.

(7) Lo mismo podría ocurrir en la ecuación [8.4] en el caso de que existiera un retroceso en la tecnología de producción.

(8) Adicionalmente, se incluyen dentro del capital público productivo otras infraestructuras que, sin ser de titularidad pública en sentido estricto, tienen un efecto sobre la economía que no se puede distinguir del ejercido por el capital público propiamente dicho, como pueden ser los puertos autónomos, los aeropuertos o las autopistas de peaje. (Ver metodología en MAS, PÉREZ y URIEL, 1999).

BIBLIOGRAFÍA

- ASCHAUER, D. A. (1989), «Is public expenditure productive?», *Journal of Monetary Economics*, vol. 23: 177-200.
- CAVES, D. W.; CHRISTENSEN, L. R., y DIEWERT, W. E. (1982), «The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity», *Econometrica*, vol. 50: 1393-1414.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W., y RHODES, E. (1978), «Measuring the efficiency of decision making units», *European Journal of Operational Research*, vol. 2: 429-444.
- COELLI, T. (1996), «A guide to DEAP version 2.1: A data envelopment analysis (computer) program», *Working Paper 96/08*, Centre for Efficiency and Productivity Analysis. University of New England, Australia.
- COELLI, T.; RAO, D. S. P., y BATTESE, G. E. (1998), *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Kluwer Academic Publishers.
- DOMAZLICKY, B. R., y WEBER, W. L. (1997), «Total factor productivity in the contiguous United States, 1977-1986», *Journal of Regional Science*, 37(2): 213-233.
- FÄRE, R. (1988), *Fundamentals of Production Theory*, Springer-Verlag, Berlín.
- FÄRE, R., y LOVELL, C. A. K. (1978), «Measuring the technical efficiency of production», *Journal of Economic Theory*, 19: 150-162.
- FÄRE, R., y GROSSKOPF, S. (1994), «Theory and calculation of the productivity indexes: Revisited», en EICHHORN, W. (ed.), *Models and Measurement of Welfare and Inequality*, Springer-Verlag, Berlín.
- FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; NORRIS, M., y ZHANG, Z. (1994), «Productivity growth, technical progress and efficiency changes in industrialised countries», *American Economic Review*, vol. 84: 66-83.
- FARRELL, M. (1957), «The measurement of productive efficiency», *Journal of the Royal Statistical Society (A)*, 120 (3): 253-281.
- FUNDACIÓN BBV (1999), *La renta nacional de España y su distribución provincial. Serie homogénea 1955 a 1993 y avances 1994 a 1997*, Bilbao.
- GRIFELL-TATJÉ, E., y LOVELL, C. A. K. (1995), «A note on the Malmquist productivity index», *Economic Letters*, 47: 169-175.
- GROSSKOPF, S. (1986), «The role of the reference technology in measuring technical efficiency», *Economic Journal*, 96: 499-513.
- (1993), «Efficiency and productivity», en FRIED, LOVELL y SCHMIDT (eds.), *The Measurement of Productive Efficiency*: 3-67, Oxford University Press, Nueva York.
- GUMBAU, M. (2000), «Efficiency and technical progress: sources of convergence in the Spanish regions», *Applied Economics*, vol. 32: 467-478.
- GUMBAU, M., y MAUDOS, J. (1996), «Eficiencia productiva sectorial en las regiones españolas: una aproximación fronteriza», *Revista Española de Economía*, vol. 13(2): 239-260.
- MALMQUIST, S. (1953), «Index numbers and indifference curves», *Trabajos de Estadística*, vol. 4, n^o 1: 209-242.
- MAS, M.; MAUDOS, J.; PÉREZ, F., y URIEL, E. (1998), «Public capital, productive efficiency and convergence in the Spanish regions (1964-1993)», *Review of Income and Wealth*, 44(3): 383-396.
- MAS, M.; PÉREZ, F., y URIEL, E. (1999), *El stock de capital en España y su distribución territorial*, Fundación BBV-IVIE, (4^a ed.), ed. electrónica: <http://bancoreg.fbbv.es/>
- MAUDOS, J.; PASTOR, J., y SERRANO, L. (1998), «Convergencia en las regiones españolas: cambio técnico, eficiencia y productividad», *Revista Española de Economía*, 15(2): 235-264.
- (1999), «Total factor productivity measurement and human capital in OECD countries», *Economics Letters*, 63(1): 39-44.
- (2000), «Crecimiento de la productividad y su descomposición en progreso técnico y cambio de eficiencia: una aplicación sectorial y regional en España (1964-93)», *Investigaciones Económicas*, volumen 24(1): 177-205.
- PERELMAN, S. (1995), «R&D, technological progress and efficiency change in industrial activities», *Review of Income and Wealth*, 41(3): 349-366.
- PÉREZ, F., y SERRANO, L. (1998), *Capital humano, crecimiento económico y desarrollo regional en España (1964-1997)*, Fundación Bancaja.
- PRIOR, D. (1990), «La productividad industrial de las CCAA», *Investigaciones Económicas*, vol. 4(2): 257-267.
- SHEPHARD, R. W. (1970), *Theory of Cost and Production Functions*, Princeton, NJ, Princeton University Press.
- TASKIN, F., y ZAIM, O. (1997), «Catching-up and innovation in high and low income countries», *Economic Letters*, 54: 93-100.