

Convergencia en las regiones españolas: cambio técnico, eficiencia y productividad*

Joaquín Maudos^{1,2}

José Manuel Pastor¹

Lorenzo Serrano¹

1. Universitat de València. Departamento de Análisis Económico.

2. Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas (IVIE).

Recibido: octubre de 1997

Aceptado: mayo de 1998

Resumen

El objetivo de este trabajo es analizar la convergencia en la productividad del trabajo de las regiones españolas en el período 1964-1991. Se utiliza una aproximación frontera no paramétrica para calcular el índice de Malmquist de productividad. A través de su descomposición, se cuantifica la contribución del progreso técnico, de los cambios en eficiencia y de la acumulación de *inputs* por trabajador a la convergencia de la productividad del trabajo. A diferencia de otros trabajos, los resultados obtenidos muestran que, lejos de existir un proceso de *catching-up* tecnológico, el progreso técnico ha jugado en contra de la convergencia en la productividad del trabajo, dado que las regiones ricas han experimentado mayores tasas de crecimiento del progreso técnico.

Palabras clave: convergencia, cambio técnico, eficiencia, índice de Malmquist.

Abstract. *Convergence in the Spanish regions: technical change, efficiency and productivity*

The aim of this paper is to analyze the convergence of labor productivity in the Spanish regions over the period 1964-1991. A nonparametric approach is used to compute Malmquist productivity indexes. Through their decomposition, we calculate the contribution of technical progress, changes in efficiency and *inputs* accumulation per worker to the convergence of labor productivity. Contrary to other papers, the results show that, far from existing a process of technological catching-up, the technical progress has played against the convergence in labor productivity, since richer regions have experienced larger rates of growth of technical progress.

Key words: convergence, technical change, efficiency, Malmquist index.

* Los autores agradecen los comentarios de Francisco Pérez y de dos evaluadores anónimos. Una versión anterior ha sido difundida como documento de trabajo WP-EC 97-20 del Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas. (IVIE). El trabajo se ha desarrollado en el marco del proyecto SEC98-0895 de la CICYT.

1. Introducción

El estudio de la convergencia entre países en términos de renta per capita y productividad del trabajo ha dado lugar al desarrollo de una amplísima literatura.¹ En especial, la existencia de convergencia, aunque a un ritmo moderado, ha sido profusamente documentada en el caso de los países de la OCDE, situándose esta cuestión en el centro del debate relativo al crecimiento económico.

Con el propósito de comprender mejor las fuerzas que subyacen a ese proceso de convergencia, parte de la literatura se ha dedicado a analizar la hipótesis del *catching-up* tecnológico en los niveles de productividad total de los factores (PTF). Dicha hipótesis, asociada a la difusión tecnológica, se debe al hecho de que es más barato asimilar e imitar tecnología que innovar. Así, la posibilidad de los países pobres de acceder a la tecnología de los países ricos permitiría rápidos crecimientos de la PTF de tal forma que logran crecer a tasas superiores.²

Sin embargo, estos trabajos que relacionan convergencia y PTF suelen obtener esta última mediante índices de Törnqvist u otras aproximaciones como la contabilidad del crecimiento que, en palabras de Grosskopf (1993), «ignoran la eficiencia». El problema subyacente consiste en que estos métodos, válidos tan sólo bajo el supuesto de eficiencia técnica y asignativa, dan lugar a estimaciones sesgadas del progreso técnico en presencia de ineficiencia. Además, no permiten descomponer el crecimiento de la PTF, omitiéndose de ese modo el hecho de que parte de ese crecimiento se deba a ganancias de eficiencia y no sólo al progreso técnico.

En el caso de los estudios que han analizado la importancia de la PTF sobre la convergencia por medio de la estimación de funciones medias de producción se asume implícitamente que existe algún nivel medio de eficiencia descrito por la propia función de producción respecto del cual las desviaciones son aleatorias y pueden ser absorbidas por un término de error con las propiedades habituales. Estos estudios suponen, por tanto, que las diferencias de eficiencia son poco significativas. Sin embargo, en el caso de que estas diferencias sean importantes, los resultados estarían sesgados. Con el fin de evitar estos problemas, la aproximación utilizada en este trabajo permite la existencia de ineficiencia.

Existen diversos trabajos que, con el fin de paliar estos problemas, han incorporado explícitamente la existencia de ineficiencia en el análisis del crecimiento de la productividad y del progreso técnico mediante el uso de técnicas frontera donde se supone que todos los individuos tienen acceso a la misma tecnología representada por la frontera. Este supuesto, habitual en los estudios a nivel de países³, está más justificado cuando se trabaja con estados (en caso de EEUU⁴) o regiones⁵ de un mismo país. Los resultados obtenidos en todos estos trabajos ponen de manifiesto la existencia de importantes niveles de ineficiencia que

1. Véase Barro y Sala-i-Martin (1995) para un resumen de la evidencia empírica.
2. Véase Abramovitz (1986 y 1994).
3. Färe y otros (1994), Fecher y Perelman (1992), Perelman (1995), entre otros.
4. Éste es el caso del trabajo de Domazlicky y Weber (1997).
5. Véase Gumbau y Maudos (1996) en el caso de las regiones españolas.

varían ampliamente entre países y a lo largo del tiempo, indicando que la omisión de la ineficiencia en el análisis puede afectar de modo sustancial a la validez de los resultados.⁶

En general, este segundo tipo de literatura se ha centrado en el crecimiento de la PTF y su descomposición en progreso técnico y cambios de eficiencia sin entrar en el análisis de la convergencia. La única excepción son los recientes trabajos de Taskin y Zaim (1997) y Maudos y otros (1999) quienes muestran para una muestra de países de la OCDE cómo el progreso técnico ha sido una fuente de divergencia en la productividad del trabajo, al contrario de las ganancias de eficiencia.

Existe, por tanto, toda una literatura sobre la convergencia de la PTF y su contribución a la convergencia de la productividad del trabajo que no tiene en cuenta la eficiencia. Por otro lado, los trabajos que sí la tienen en cuenta, no prestan generalmente atención al papel de ésta como mecanismo de convergencia de la productividad del trabajo.

El caso de las regiones españolas no ha sido una excepción al interés general sobre la convergencia como nos muestra el hecho de que desde inicios de la década de los noventa sean casi una treintena los trabajos realizados sobre esta cuestión.

Los trabajos realizados se han centrado en la importancia de diversos mecanismos y variables condicionantes de la convergencia: la convergencia en la relación capital trabajo asociada a la existencia de rendimientos marginales decrecientes que postula el modelo neoclásico (Mas y otros, 1995a y b ; Pérez y otros, 1996; entre otros); la importancia de la estructura productiva (Mas y otros, 1994 y 1995a y b; Dolado y otros, 1994; Raymond y García, 1994; De la Fuente, 1996); el papel del capital humano (Dolado y otros, 1994; De la Fuente, 1996; Serrano, 1998); la importancia de las infraestructuras (Mas y otros, 1994, 1995a y b); los movimientos de la población (Dolado et. al, 1994; Raymond y García, 1996); y la transferencia tecnológica (De la Fuente, 1996 y Mas y otros, 1998).

Al igual que en el caso del estudio de la convergencia entre los países de la OCDE, el papel de la difusión tecnológica ha sido señalado como un importante mecanismo de convergencia en el caso de las regiones españolas. La importancia de este mecanismo de convergencia, apuntada ya en Dolado y otros (1994), ha sido empíricamente analizado en De la Fuente (1996) y Mas y otros (1998). En el primer caso, se estima una ecuación de convergencia derivada de una función de producción Cobb-Douglas donde la tasa de crecimiento del progreso técnico se hace depender del stock de capital humano y del diferencial tecnológico con respecto al promedio nacional. La principal conclusión del trabajo es que «la introducción del efecto *catch-up* resulta en una tasa de convergencia regional más

6. Färe y otros (1994) y Fecher y Perelman (1992) comparan sus resultados con el crecimiento de la PTF obtenido a través de la aproximación standard de la contabilidad de crecimiento formulada mediante número índice de Törnqvist. En ambos casos se aprecian diferencias significativas, confirmando así la limitación que supone ignorar que existe ineficiencia al estimar la PTF.

elevada y sugiere que el motor más importante de este proceso podría ser, en vez de la operación de los rendimientos decrecientes, el rápido acercamiento de los niveles de productividad total de los factores en las distintas regiones».

En el trabajo de Mas y otros (1998) se analiza el fenómeno de la convergencia tecnológica mediante la aproximación no frontera de números índice (PTF contable). Tras calcular contablemente el nivel de PTF de las regiones españolas, se analiza la convergencia (β y σ convergencia) de la PTF a partir de 1964. En dicho trabajo se llega a la conclusión de que la convergencia tecnológica ha sido un importante mecanismo de convergencia.

Sin embargo, tanto en De la Fuente (1996) como en Mas y otros (1998) se utilizan indistintamente los conceptos de eficiencia, cambio técnico y productividad como si de sinónimos se tratara, cuando desde un punto de vista teórico, las ganancias de eficiencia y el cambio técnico son dos fuentes distintas de crecimiento en la PTF.

En este contexto, el propósito de este trabajo es analizar la convergencia en la productividad del trabajo de las regiones españolas a lo largo del período 1964-91 distinguiendo la contribución de las distintas fuentes de crecimiento (progreso técnico, cambios en la eficiencia y acumulación de *inputs* por trabajador). Para ello se calculan índices de productividad de Malmquist obtenidos mediante métodos frontera no paramétricos. Mediante este enfoque, será posible atribuir a la acumulación de *inputs* por trabajador y al crecimiento de la PTF la parte de la convergencia en productividad del trabajo que le corresponda, distinguiendo dentro de la PTF la parte correspondiente al cambio técnico y a la eficiencia. Los motivos de utilizar un enfoque no paramétrico frente a la aproximación paramétrica de frontera estocástica son varios: en primer lugar, la aproximación paramétrica exige imponer una determinada forma funcional y de ahí los posibles sesgos de especificación; en segundo lugar, en la aproximación paramétrica estocástica es necesario imponer supuestos distribucionales para el término de ineficiencia pudiendo ser los resultados sensibles a la distribución impuesta; y en tercer y último lugar, la aproximación paramétrica de frontera estocástica no permite obtener una tasa de crecimiento del progreso técnico distinta para cada individuo de la muestra.

La estructura del trabajo es la siguiente. En el apartado 2 se pone de manifiesto la importancia de distinguir los conceptos de progreso técnico y eficiencia, y se describe brevemente la metodología utilizada para la estimación del crecimiento de la PTF así como sus dos componentes (cambio de eficiencia y cambio técnico) relegando a un apéndice los aspectos más técnicos. El apartado 3 se destina a describir la muestra utilizada así como los resultados obtenidos en términos de eficiencia, cambio técnico y productividad. El apartado 4 analiza la importancia que las ganancias de eficiencia, el progreso técnico y la productividad total de los factores han tenido en el proceso de convergencia en la productividad del trabajo. El apartado 5 se dedica a plantear los factores que pueden explicar las diferencias de eficiencia entre regiones así como su efecto sobre la convergencia en la productividad del trabajo vía su influencia en la eficiencia. Por último, el apartado 6 contiene las conclusiones del trabajo.

2. Eficiencia, cambio técnico y productividad

La aproximación tradicional al análisis de la productividad mediante modelos no frontera, que incluyen tanto los modelos de descomposición contable de las fuentes del crecimiento económico (Solow, 1957; Denison, 1972; etc.), como la aproximación de números índice (índices Divisia, Törnqvist, etc.) incorpora el supuesto implícito de que todos los individuos son eficientes, por lo que el crecimiento de la productividad se interpreta como desplazamiento de la función frontera (cambio técnico). Sin embargo, en presencia de ineficiencia, la estimación del progreso técnico estaría sesgada. Además, incluso en ausencia de ineficiencia técnica, la estimación contable del crecimiento de la PTF sería una estimación sesgada si las participaciones utilizadas en su cálculo no son las minimizadoras de costes, esto es, si existiera ineficiencia asignativa.⁷

Por el contrario, las aproximaciones frontera al análisis de la productividad tienen en cuenta explícitamente el posible comportamiento ineficiente de las unidades analizadas, midiendo como ineficiencia el incremento potencial del valor observado de la producción, medido éste respecto al máximo valor técnicamente alcanzable definido por la frontera de producción o tecnología.

En este trabajo utilizamos el enfoque de índices de Malmquist de productividad. A diferencia de otras aproximaciones para la medición de la productividad, el índice de Malmquist permite descomponer los cambios de productividad en cambios de eficiencia y cambio técnico a nivel individual⁸ lo que es más adecuado para los fines de este trabajo: analizar las fuentes de crecimiento de la productividad por regiones. Usualmente, para su cálculo se suele utilizar técnicas frontera no paramétricas (DEA) por lo que además hay que añadir una ventaja adicional en este enfoque, ya que no se impone ninguna forma funcional a los datos ni se realizan supuestos distribucionales para el término de ineficiencia, a diferencia de las técnicas paramétricas.⁹ La frontera se define a través de la envolvente superior de los datos a través de técnicas de programación lineal, lo cual no significa que se imponga una tecnología lineal para la frontera, sino que lejos de imponerse lo que la caracteriza es su idoneidad para ajustarse a formas funcionales desconocidas.¹⁰

No es objetivo de este trabajo analizar de forma panorámica las distintas

7. Véase una exposición más detallada en Grosskopf (1993).

8. En las técnicas paramétricas el cambio técnico se estima a través de efectos temporales o mediante la introducción de una tendencia obteniéndose en consecuencia una tasa de cambio técnico común para todos los individuos.

9. El principal inconveniente de esta aproximación es que la estimación de la ineficiencia puede estar sesgada al alza, al captar como ineficiencia la influencia de factores distintos a la misma, como errores de medida en los datos, mala suerte, clima, etc. El enfoque DEA estocástico se encuentra todavía en sus inicios, no siendo recomendable por el momento su aplicación (Lovell, 1993).

10. Gong y Sickles (1992) ofrecen evidencia en este sentido utilizando experimentos de Montecarlo y demuestran que DEA se ajusta mejor que las técnicas paramétricas a formas funcionales desconocidas.

aproximaciones para la medición de la eficiencia y la productividad, si bien resulta necesario describir brevemente la metodología que se va a emplear, quedando relegado a un apéndice (apéndice A.1) los detalles más técnicos de la aproximación utilizada.

Para la medición del crecimiento de la PTF, en este trabajo se utiliza el índice de Malmquist de productividad basado en el *output*. Este índice permite medir el crecimiento de la productividad entre dos períodos t y $t+1$ utilizando para ello datos de producción e *inputs* de cada individuo (en nuestro caso regiones). El procedimiento se basa en el cálculo de la distancia que separa a cada individuo de la tecnología de referencia en cada período utilizando para ello la función distancia que puede expresarse como

$$D_0^t(x^t, y^t) = \inf \{ \vartheta^{t,t} : (x^t, y^t / \vartheta^{t,t}) \in F^t \} = [\sup \{ \vartheta^{t,t} : (x^t, \vartheta^{t,t} y^t) \in F^t \}]^{-1} \quad [1]$$

Esta función puede definirse como la inversa de la máxima expansión a la es preciso someter el vector de *outputs* del período t (y^t), dado el nivel de *inputs* (x^t), para que dicho individuo (x^t, y^t) sea eficiente y se encuentre por tanto sobre la frontera del período t . Ésta sería la función distancia para un solo período, ya que compara observaciones de un período con la tecnología del mismo período. No obstante, el índice de Malmquist requiere definir funciones distancia con respecto a tecnologías de períodos diferentes por lo que será necesario definir las siguientes funciones $D_0^{t+1}(x_j^{t+1}, y_j^{t+1})$, $D_0^t(x_j^{t+1}, y_j^{t+1})$ y $D_0^{t+1}(x_j^t, y_j^t)$.

Teniendo en cuenta lo anterior, el índice de Malmquist de productividad para analizar el cambio en la PTF entre el período t y $t+1$ se define como¹¹:

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[\left(\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \right) \left(\frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad [2]$$

o equivalentemente como

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \left[\left(\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \left(\frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad [3]$$

La anterior expresión muestra cómo el crecimiento en la PTF, representado por M_0 , se puede expresar como el producto de dos componentes, el efecto *catching-up* o cambio en la eficiencia relativa (CE) entre los períodos t y $t+1$, que está representado por el primer ratio, y el cambio técnico (CT) entre los períodos t y $t+1$, representado por la media geométrica de las dos ratios de dentro de los corchetes.

11. Véase Färe y otros (1994) y el apéndice técnico A.1.

Si M_0 es superior a la unidad indicará que la productividad ha crecido entre los períodos t y $t+1$. Esto puede ser debido a que la eficiencia ha mejorado ($CE > 1$) y/o a que ha habido progreso técnico ($CT > 1$).¹²

Adicionalmente, y dado que no se impone que la tecnología adopte rendimientos constantes a escala, sino que se permite que estos sean variables, se descomponen los cambios en eficiencia técnica total (CE)¹³ en aquellos cambios que son debidos a cambios en la eficiencia técnica pura (CEP) y los cambios en la eficiencia de escala (CEE). Así, la descomposición final del crecimiento de la PTF, representado por M_0 , se deberá a cambios en la eficiencia (CE), debidos a su vez a cambios en la eficiencia técnica pura (CEP) y/o de la eficiencia de escala (CEE), y a cambio técnico (CT):

$$M_0 = CE \cdot CT = (CEP \cdot CEE) \cdot CT \quad [4]$$

3. Datos y resultados

La muestra utilizada está compuesta por las comunidades autónomas españolas, excluidas Ceuta y Melilla, y abarca el período 1964-91. Se especifica un *output* y dos *inputs*: trabajo y capital físico. Las variables VAB (Y) y empleo (L) se obtienen de la información que suministra el Banco Bilbao-Vizcaya, mientras que la variable stock de capital privado (K) se obtiene de la estimación realizada por el Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas (IVIE) publicada por la Fundación BBV, excluido el residencial. El sector modelizado es el total de la economía.

La tabla 1 contiene las tasas anuales de crecimiento del VAB, del empleo y del capital físico en las distintas regiones españolas. Se distinguen varios subperíodos: el período completo 1964-91, así como los subperíodos de crecimiento (1964-73), crisis (1973-85) y recuperación (1985-91).

La tabla 2 muestra los niveles medios del indicador de eficiencia estimados para el período 1964-91 y para los tres subperíodos de la muestra utilizando el enfoque no paramétrico descrito anteriormente.¹⁴ Un primer rasgo a destacar es el hecho de que Madrid es sistemáticamente eficiente en todo el período, siendo las CC.AA. de Extremadura y Galicia las más ineficientes. Es importante destacar que el hecho de que existan importantes niveles de ineficiencia sugiere la conveniencia de utilizar un enfoque que no ignore la eficiencia.

12. Nótese que el hecho de que $M_0 > 1$ no implica que deba de existir mejoras de eficiencia ($CE > 1$) y progreso técnico ($CT > 1$), sino que pueden coexistir situaciones de mejoras de eficiencia junto con progreso técnico $CE > 1$ y $CT < 1$ o empeoramientos de eficiencia junto con progreso técnico ($CE < 1$ y $CT > 1$).

13. Véanse los detalles en el apéndice técnico A.1.

14. Un valor igual a la unidad significa que la región es eficiente siendo más ineficiente cuanto mayor es el valor del índice.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos: tasas de crecimiento (%)

	Producción (Y)*				Capital (K)*				Empleo (L)			
	1964-91	1964-73	1973-85	1985-91	1964-91	1964-73	1973-85	1985-91	1964-91	1964-73	1973-85	1985-91
Andalucía	4,12	6,19	2,28	4,69	4,72	6,99	3,13	4,47	-0,21	-0,22	-1,61	2,62
Aragón	3,59	5,04	2,48	3,62	4,06	5,74	3,26	3,16	-0,36	-0,52	-1,27	1,70
Asturias	2,82	5,72	1,00	2,10	3,58	5,84	2,36	2,61	-0,69	-0,06	-1,36	-0,30
Baleares	5,06	8,33	2,99	4,28	5,39	9,71	2,71	4,28	1,38	1,55	0,83	2,25
Canarias	5,52	8,81	3,29	5,06	5,66	8,50	3,54	5,62	1,19	2,01	0,11	2,13
Cantabria	2,59	3,63	1,65	2,90	2,52	4,93	1,12	1,71	-0,66	-0,17	-1,11	-0,53
Cataluña	3,86	5,83	2,07	4,46	4,64	6,30	3,39	4,63	0,81	1,95	-1,03	2,78
C-León	2,81	3,37	2,15	3,29	4,08	5,27	4,22	2,03	-1,12	-1,29	-1,90	0,71
C-Mancha	3,47	5,16	1,39	5,12	5,34	6,80	4,90	4,02	-0,85	-1,06	-2,05	1,85
Extremadura	3,34	4,35	2,13	4,26	5,26	6,83	5,61	2,19	-1,43	-1,32	-2,55	0,65
Galicia	3,94	5,28	3,03	3,75	4,33	6,00	3,52	3,44	-0,62	0,94	-1,26	-1,66
Madrid	4,72	6,83	3,34	4,32	5,62	7,58	3,78	6,35	1,55	2,93	-0,12	2,82
Murcia	4,63	7,04	2,90	4,48	4,61	6,74	2,86	4,92	0,60	1,13	-0,92	2,85
Navarra	3,71	4,90	2,15	5,03	4,31	5,74	3,05	4,69	0,22	0,57	-1,08	2,29
País Vasco	2,97	5,69	0,67	3,47	3,02	5,53	1,49	2,30	-0,00	1,32	-1,73	1,46
La Rioja	3,36	3,73	2,78	3,93	4,54	5,86	3,84	3,95	-0,08	0,39	-1,77	2,60
C. Valenciana	4,56	7,14	2,87	4,10	5,66	7,36	4,66	5,09	0,75	1,33	-0,45	2,27
Media	3,83	5,71	2,30	4,05	4,55	6,57	3,38	3,85	0,03	0,56	-1,13	1,56

* En términos reales

Tabla 2. Niveles de eficiencia.

	(1) Eficiencia técnica				(2) Eficiencia técnica pura				(3) Eficiencia de escala (1)/(2)			
	1964-73	1973-85	1985-91	1964-91	1964-73	1973-85	1985-91	1964-91	1964-73	1973-85	1985-91	1964-91
Andalucía	1,401	1,404	1,329	1,387	1,261	1,332	1,309	1,305	1,111	1,055	1,015	1,064
Aragón	1,361	1,271	1,181	1,282	1,313	1,226	1,143	1,235	1,036	1,036	1,033	1,037
Asturias	1,306	1,329	1,310	1,321	1,254	1,278	1,260	1,268	1,041	1,039	1,041	1,042
Baleares	1,202	1,172	1,161	1,189	1,091	1,093	1,107	1,101	1,100	1,072	1,049	1,080
Canarias	1,347	1,276	1,132	1,267	1,262	1,193	1,053	1,185	1,067	1,070	1,075	1,070
Cantabria	1,246	1,370	1,287	1,308	1,081	1,221	1,166	1,159	1,154	1,122	1,104	1,130
Cataluña	1,058	1,091	1,076	1,077	1,000	1,000	1,000	1,000	1,058	1,091	1,076	1,077
C-León	1,548	1,487	1,336	1,470	1,541	1,473	1,321	1,458	1,005	1,010	1,011	1,009
C-Mancha	1,468	1,524	1,421	1,479	1,418	1,478	1,386	1,435	1,036	1,031	1,025	1,031
Extremadura	1,548	1,797	1,531	1,654	1,425	1,676	1,453	1,543	1,086	1,072	1,054	1,072
Galicia	1,695	1,659	1,556	1,640	1,675	1,630	1,526	1,614	1,012	1,018	1,019	1,016
Madrid	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Murcia	1,494	1,368	1,294	1,395	1,365	1,263	1,165	1,274	1,095	1,084	1,111	1,095
Navarra	1,232	1,221	1,144	1,205	1,069	1,086	1,044	1,067	1,152	1,124	1,096	1,129
País Vasco	1,008	1,080	1,061	1,054	1,004	1,066	1,044	1,042	1,004	1,012	1,016	1,011
La Rioja	1,376	1,321	1,219	1,311	1,000	1,000	1,000	1,000	1,376	1,321	1,219	1,311
C. Valenciana	1,206	1,245	1,211	1,228	1,197	1,238	1,207	1,222	1,008	1,006	1,003	1,006
Media	1,323	1,330	1,250	1,310	1,233	1,250	1,187	1,230	1,079	1,068	1,056	1,069

Tabla 3. Descomposición del crecimiento de la PTF: tasas de crecimiento (%).

PTF: Productividad total de los factores; CT: Cambio técnico; CE: Eficiencia técnica; CEP: Eficiencia técnica pura; CEE: Eficiencia de escala.

	1964-1991					1964-1973				
	PTF	CT	CE	CEP	CEE	PTF	CT	CE	CEP	CEE
Andalucía	0,90	0,60	0,30	-0,12	0,42	-0,12	-0,05	-0,07	-0,29	0,22
Aragón	3,86	3,08	0,77	0,79	-0,02	5,40	3,92	1,48	1,25	0,23
Asturias	3,42	3,08	0,34	0,38	-0,04	5,62	3,98	1,64	1,36	0,28
Baleares	3,36	2,86	0,51	0,31	0,20	6,10	3,43	2,67	1,80	0,87
Canarias	1,29	0,52	0,76	0,74	0,02	2,02	0,85	1,17	1,12	0,05
Cantabria	3,19	3,11	0,08	0,10	-0,02	3,67	4,20	-0,54	-0,54	0,00
Cataluña	2,98	3,10	-0,12	0,00	-0,12	3,76	3,92	-0,15	0,00	-0,15
C-León	3,09	2,48	0,61	0,65	-0,04	2,27	2,01	0,26	0,26	0,00
C-Mancha	1,77	1,65	0,12	0,12	0,00	-0,71	0,08	-0,79	-0,74	-0,05
Extremadura	1,15	1,06	0,09	0,07	0,02	-2,32	-0,58	-1,74	-1,51	-0,23
Galicia	-0,20	-0,72	0,51	0,55	-0,04	-0,71	-0,74	0,03	0,10	-0,07
Madrid	1,11	1,11	0,00	0,00	0,00	1,54	1,54	0,00	0,00	0,00
Murcia	2,91	1,99	0,92	1,00	-0,08	4,82	3,09	1,73	1,82	-0,09
Navarra	3,40	3,08	0,32	0,19	0,13	4,17	3,91	0,27	-0,17	0,44
País Vasco	2,93	3,13	-0,20	-0,13	-0,07	4,27	4,27	0,00	0,00	0,00
La Rioja	2,28	2,14	0,13	0,00	0,13	0,44	1,40	-0,96	0,00	-0,96
C. Valenciana	0,77	0,77	0,00	-0,01	0,01	0,23	-0,29	0,52	0,54	-0,02
Media	2,25	1,94	0,30	0,27	0,03	2,38	2,06	0,32	0,29	0,03

Tabla 3. Descomposición del crecimiento de la PTF: tasas de crecimiento (%). *(Continuación)*

PTF: Productividad total de los factores; CT: Cambio técnico; CE: Eficiencia técnica; CEP: Eficiencia técnica pura; CEE: Eficiencia de escala.

	1973-1985					1985-1991				
	PTF	CT	CE	CEP	CEE	PTF	CT	CE	CEP	CEE
Andalucía	1,63	1,45	0,18	-0,52	0,70	0,96	-0,12	1,07	0,92	0,15
Aragón	3,67	3,25	0,42	0,60	-0,18	1,93	1,50	0,42	0,49	-0,07
Asturias	2,28	3,20	-0,92	-0,71	-0,21	2,40	1,50	0,90	1,10	-0,20
Baleares	2,09	3,22	-1,13	-0,95	-0,18	1,79	1,27	0,53	0,59	-0,06
Canarias	1,34	1,23	0,11	0,30	-0,19	0,06	-1,40	1,46	1,05	0,41
Cantabria	2,71	3,09	-0,39	-0,57	0,18	3,43	1,50	1,93	2,41	-0,48
Cataluña	3,04	3,29	-0,25	0,00	-0,25	1,68	1,50	0,18	0,00	0,18
C-León	3,96	3,32	0,64	0,71	-0,07	2,58	1,50	1,07	1,13	-0,06
C-Mancha	2,89	2,91	-0,02	-0,08	0,06	3,27	1,50	1,77	1,82	-0,05
Extremadura	2,52	2,07	0,45	0,14	0,31	3,62	1,50	2,12	2,30	-0,18
Galicia	-0,48	-0,45	-0,03	0,00	-0,03	1,12	-1,21	2,33	2,33	0,00
Madrid	1,47	1,47	0,00	0,00	0,00	-0,26	-0,26	0,00	0,00	0,00
Murcia	2,76	2,37	0,39	0,39	0,00	0,36	-0,41	0,76	0,99	-0,23
Navarra	3,15	3,25	-0,10	-0,11	0,01	2,74	1,50	1,24	1,35	-0,11
País Vasco	2,38	3,09	-0,72	-0,58	-0,14	2,01	1,50	0,50	0,55	-0,05
La Rioja	4,13	3,02	1,11	0,00	1,11	1,34	1,50	-0,17	0,00	-0,17
C. Valenciana	0,88	1,43	-0,55	-0,59	0,04	1,36	1,04	0,32	0,33	-0,01
Media	2,38	2,42	-0,05	-0,12	0,07	1,79	0,82	0,97	1,02	-0,05

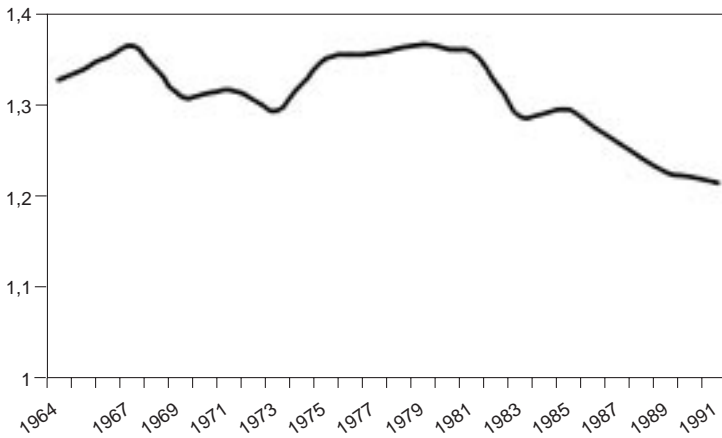


Figura 1. Evolución de la eficiencia media.

La descomposición de la eficiencia en eficiencia técnica pura y de escala¹⁵ muestra la escasa relevancia de la segunda. La información por regiones permite apreciar cómo Madrid es la región más eficiente, si bien Cataluña y La Rioja son técnicamente eficientes, aunque presentan ineficiencia de escala especialmente en el caso de La Rioja.

La evolución de la ineficiencia media a lo largo del tiempo (Figura 1) muestra un comportamiento poco estable. Así, mientras que en la etapa de crecimiento (1964-73) y en la década de los ochenta se producen mejoras de eficiencia, desde 1973 hasta finales de la década de los setenta la ineficiencia media aumenta. Para todo el período, la ineficiencia media ha caído de 1,33 en 1964 a 1,22 en 1991.

Las tasas de crecimiento de la PTF así como de sus dos componentes (cambio técnico y cambios de eficiencia) aparecen recogidos en la tabla 3. En el período completo 1964-91, la PTF media de las regiones ha crecido a un ritmo anual del 2,25% como consecuencia tanto de las ganancias de eficiencia (0,30%) como, y sobre todo, del progreso técnico (1,94%). Así, el progreso técnico explica el 84% del crecimiento de la PTF.

Por regiones, nuevamente se constata la existencia de importantes diferencias. Así, coexisten regiones con pérdidas (Galicia) o bajas ganancias de PTF (Comunidad Valenciana y Andalucía) junto con regiones con tasas de crecimiento de la PTF dos puntos por encima de la media nacional (Aragón, Asturias, Baleares y Navarra). Obsérvese asimismo cómo las ganancias de eficiencia han sido una fuente importante de crecimiento de la PTF en algunas regiones (Aragón, Canarias, Castilla y León y Murcia), lo que pone de manifiesto de nuevo el sesgo que se comete al ignorar la eficiencia en el análisis de la productividad.

15. Véase apéndice técnico A.1.

Respecto al análisis por subperíodos, la información de la tabla 3 muestra cómo el crecimiento de la PTF en los períodos 1964-73 y 1973-85 se ha debido básicamente al progreso técnico, mientras que en el período de recuperación 1985-91 las ganancias de eficiencia explican más de la mitad del crecimiento de la PTF, siendo especialmente importante su contribución en las regiones de Cantabria, Extremadura y Galicia.

4. Fuentes de convergencia

La utilización de técnicas que incorporan en el análisis del crecimiento la existencia de ineficiencia en la utilización de los factores productivos nos ha permitido descomponer el crecimiento económico de las comunidades autónomas españolas. Así, hemos podido distinguir qué parte del crecimiento de la PTF se debía al desplazamiento de la frontera tecnológica (progreso técnico) y qué parte a la evolución respecto a la frontera tecnológica (cambio en la eficiencia técnica).

La tasa de crecimiento de la productividad del trabajo puede descomponerse como la suma de la tasa de crecimiento de la eficiencia, la tasa de progreso técnico y la contribución del aumento en los *inputs* utilizados por trabajador, obtenida esta última de forma residual.¹⁶

Esta descomposición hace posible analizar en detalle el proceso de convergencia en productividad del trabajo experimentado por las CC.AA. durante el período 1964-1991. En trabajos anteriores se ha destacado la contribución sistemática de la PTF a la convergencia atribuyéndola al efecto del progreso técnico (Dowrick y Nguyen, 1989; Dollar y Wolff, 1994; Abramovitz, 1994, y Bernard y Jones, 1996 a y b, entre otros para los países de la OCDE, y De la Fuente, 1996 y Mas et al, 1998, para las regiones españolas).¹⁷

El análisis de la influencia que cada una de las fuentes del crecimiento (progreso técnico, ganancias de eficiencia y crecimiento en los *inputs* por trabajador) puede haber tenido sobre la convergencia regional en España es el objeto de este apartado. En el caso de la β -convergencia absoluta nos interesa conocer si el crecimiento de la productividad del trabajo debido a cada uno de esos factores ha sido mayor en las comunidades con menor productividad inicial del trabajo, en cuyo caso ese factor habrá contribuido a la convergencia; menor en las comunidades con menor productividad inicial, en cuyo caso habrá generado divergencia; o no tiene relación alguna con la situación inicial, en cuyo caso no tendrá ningún efecto sobre la convergencia.

En cada período podemos estimar mediante MCO la relación existente entre el crecimiento medio durante el período de la productividad del trabajo y de cada

16. Véase apéndice técnico A.2.

17. Sin embargo, hay que recordar que estos trabajos no consideran la existencia de ineficiencia como uno de los componentes de la PTF. La excepción es el trabajo de Taskin y Zaim (1997) y el de Maudos y otros (1999) quienes utilizando también el índice de Malmquist de productividad muestran cómo el progreso técnico ha sido mayor en los países inicialmente más ricos, al contrario de lo que ocurre con las ganancias de eficiencia.

uno de sus componentes respecto al logaritmo de la productividad inicial del trabajo. El efecto sobre la convergencia dependerá del signo del parámetro que acompaña al logaritmo de la productividad inicial. Un signo negativo indica convergencia y uno positivo divergencia. Por otra parte, es fácil ver que el parámetro de convergencia total es igual a la suma de los parámetros correspondientes a las fuentes de crecimiento, por lo que podemos descomponer la convergencia en productividad del trabajo entre la contribución debida al progreso técnico, al cambio en la eficiencia y a la utilización de más *inputs* por trabajador.

En concreto, podemos estimar la contribución relativa de cada factor a la convergencia entre los años 0 y T tomando diferencias logarítmicas entre ambos y mediante las siguientes regresiones:

$$\left(\frac{dy_i}{T}\right) = c + b \cdot \log y_{i0} + u_i \quad [5]$$

$$\left(\frac{dy_{CE_i}}{T}\right) = c_{CE} + b_{CE} \cdot \log y_{i0} + u_{CE_i} \quad [6]$$

$$\left(\frac{dy_{CT_i}}{T}\right) = c_{CT} + b_{CT} \cdot \log y_{i0} + u_{CT_i} \quad [7]$$

$$\left(\frac{dy_{PTF_i}}{T}\right) = c_{PTF} + b_{PTF} \cdot \log y_{i0} + u_{PTF_i} \quad [8]$$

$$\left(\frac{dy_I_i}{T}\right) = c_I + b_I \cdot \log y_{i0} + u_{I_i} \quad [9]$$

donde $\log y_{i0}$, el logaritmo del nivel inicial de la productividad del trabajo, es siempre el único regresor. La variable dependiente es la tasa anual de crecimiento de la productividad del trabajo en la ecuación [5], la contribución media de las ganancias de eficiencia (*CE*) a ese crecimiento en la ecuación [6], la contribución media del cambio técnico (*CT*) en la ecuación [7], la contribución media del crecimiento de la *PTF* en la ecuación [8] y la contribución media de la acumulación de *inputs* por trabajador (*I*) en la ecuación [9]. Además, puede comprobarse que entre los estimadores de esos parámetros se establecen relaciones como:

$$\hat{b} = \hat{b}_{CE} + \hat{b}_{CT} + \hat{b}_I = \hat{b}_{PTF} + \hat{b}_I \quad [10]$$

En la tabla 4 se ofrecen los resultados para el período 1964-91 y para los subperíodos 1964-73, 1973-85 y 1985-91. En la columna 1 se observa la existencia de convergencia en los niveles de productividad del trabajo a lo largo del período. Su magnitud acumulada (-2,18%) y su pauta temporal, se corresponden con los resultados habitualmente ofrecidos por la literatura. Así, ha existido convergencia tanto en el período 1964-73 (-2,26%) como durante la crisis de 1973-85 (-2,74%), intensificándose en el subperíodo final (-5,64%). Mayor interés reviste el análisis de la descomposición de ese proceso de convergencia en función de las diferentes fuentes de crecimiento.

En la columna 2 se ofrece el efecto inducido sobre la convergencia por el cambio en la eficiencia. Como puede observarse, el efecto acumulado en el conjunto del período (-0,63%) es estadísticamente significativo contribuyendo positivamente a la convergencia. En el subperíodo 1964-73 su efecto, aunque divergente, resulta inapreciable (+0,72%) y no significativo. Por el contrario, en el período 1973-85 el cambio en la eficiencia ha supuesto una fuente significativa de convergencia (-1,46%). Durante el período de crisis económica, que afectó especialmente a determinados sectores industriales, las comunidades con mayores niveles de productividad del trabajo, más industrializadas, habrían experimentado pérdidas de eficiencia en términos relativos. Finalmente, durante el período 1985-91 la eficiencia representa una fuente significativa de convergencia (-4,12%) debido a que son las comunidades con menos productividad del trabajo las que mejoran en términos relativos su eficiencia. En definitiva, la contribución de la eficiencia a la convergencia en productividad del trabajo se caracteriza por su variabilidad, ya que en algunos períodos genera divergencia y en otros convergencia, y por su magnitud cada vez mayor.

El efecto del cambio técnico se ofrece en la columna 3. Los resultados indican que el cambio técnico ha sido una fuente sistemática y significativa de divergencia. Tanto en el conjunto del período como en cada uno de los subperíodos considerados, las comunidades con mayor productividad inicial han experimentado un mayor progreso técnico relativo. Así, el efecto en el conjunto del período ha sido +3,14%, siendo algo mayor en el subperíodo inicial de expansión 1964-73 (+5,57%) y algo menor durante la crisis 1973-85 (+2,48%) y el subperíodo 1985-91 (+1,55%). Este resultado resulta razonable si se considera que son las comunidades más desarrolladas las que introducen las innovaciones. Esto hace que sean las primeras en adoptarlas y, además, el progreso técnico tiende a adaptarse a las

Tabla 4. Fuentes de convergencia regional en España. **PTF:** Productividad total de los factores; **CT:** Cambio técnico; **CE:** Eficiencia técnica.

	[1] Y/L	[2] CE	[3] CT	[4] PTF	[5] Inputs
1964-1991	-0,0218 (-13,902) $R^2=0,93$	-0,0063 (-1,981) $R^2=0,21$	0,0314 (3,122) $R^2=0,40$	0,0250 (2,227) $R^2=0,25$	-0,0469 (-3,984) $R^2=0,51$
1964-1973	-0,0226 (-2,212) $R^2=0,23$	0,0072 (0,609) $R^2=0,02$	0,0557 (3,854) $R^2=0,50$	0,0629 (2,792) $R^2=0,34$	-0,0855 (-4,187) $R^2=0,54$
1973-1985	-0,0274 (-4,743) $R^2=0,60$	-0,0146 (-2,442) $R^2=0,23$	0,0248 (2,176) $R^2=0,24$	0,0102 (0,724) $R^2=0,03$	-0,0376 (-2,863) $R^2=0,35$
1985-1991	-0,0564 (-6,082) $R^2=0,71$	-0,0412 (-5,830) $R^2=0,69$	0,0155 (0,898) $R^2=0,05$	-0,0256 (-1,405) $R^2=0,12$	-0,0307 (-1,589) $R^2=0,14$

Entre paréntesis, *t*-student.

características de este tipo de economías, más parecidas a las de los países líderes. Por todo ello, el progreso técnico beneficia de modo especial a las comunidades más desarrolladas.

La columna 4 muestra los resultados correspondientes a la *PTF*. Dado que el crecimiento de la *PTF* es la agregación del cambio en eficiencia (pura y efecto escala) y del progreso técnico, su contribución a la convergencia se corresponde con su efecto neto. En consecuencia el efecto acumulado en el período ha sido divergente (+2,50%) debido al progreso técnico, contradiciendo la evidencia aportada por trabajos anteriores (De la Fuente, 1996 y Mas y otros, 1998). Esto sucede con especial intensidad en el subperíodo 1964-73 (+6,29%) por idénticas razones. Durante el subperíodo 1973-85 sigue generando divergencia (+1,02%), aunque a un ritmo inferior y sin ser estadísticamente significativo en este caso, puesto que el efecto del cambio de la eficiencia y del progreso técnico se contrarrestan mutuamente. Sin embargo, durante el último subperíodo la *PTF* parece generar una ligera convergencia (-2,56%) aunque, de nuevo, se trata de un resultado no significativo. En este caso, la fuerte convergencia inducida por el comportamiento de la eficiencia es compensada parcialmente por la divergencia debida al progreso técnico.

Finalmente, el efecto atribuible a la acumulación de *inputs* por trabajador, que podría asociarse al típico mecanismo neoclásico de convergencia, puede apreciarse en la columna 5. Se trata de una fuente sistemática, y generalmente significativa, de convergencia tanto en el conjunto del período (-4,69%) como en cada uno de los subperíodos: 1964-73 (-8,55%); 1973-85 (-3,76%) y 1985-91 (-3,07%). Así pues, la acumulación de factores productivos ha sido mayor en las comunidades con menores niveles iniciales de productividad del trabajo y, como resultado, ésta ha tendido a converger a nivel regional. Sin embargo, los resultados ponen de manifiesto que su contribución resulta cada vez menor, careciendo incluso de significatividad estadística en el último subperíodo.

Llegados a este punto, resulta posible profundizar en la evolución seguida por la productividad regional del trabajo en España. Así, la magnitud de la convergencia en el subperíodo 1964-73 es similar a la del subperíodo 1973-85. Sin embargo, existe una apreciable diferencia de grado. En el primer caso se debe al intenso efecto convergencia de la acumulación de factores que contrarresta la fuerte divergencia inducida por el progreso técnico. En el segundo, el moderado efecto convergente conjunto de la acumulación de factores y de las ganancias de eficiencia contrarresta el efecto divergente asimismo moderado del progreso técnico. Finalmente, la convergencia en el subperíodo 1985-91 se debe al efecto del cambio en la eficiencia, con una mayor aproximación relativa de las comunidades menos desarrolladas a la frontera tecnológica, junto a la cada vez más débil influencia de la acumulación factorial. Por otra parte, hay que destacar el efecto divergente provocado por el progreso técnico. Este fenómeno puede explicar en buena medida lo lenta que resulta la convergencia. Puesto que el crecimiento es consustancial al progresivo desplazamiento de la frontera tecnológica puede considerarse, hasta cierto punto, que la divergencia está ligada al crecimiento debido a la propia naturaleza de este último.

Los resultados obtenidos nos han permitido descomponer la contribución a la convergencia en productividad del trabajo de las diferentes fuentes de crecien-

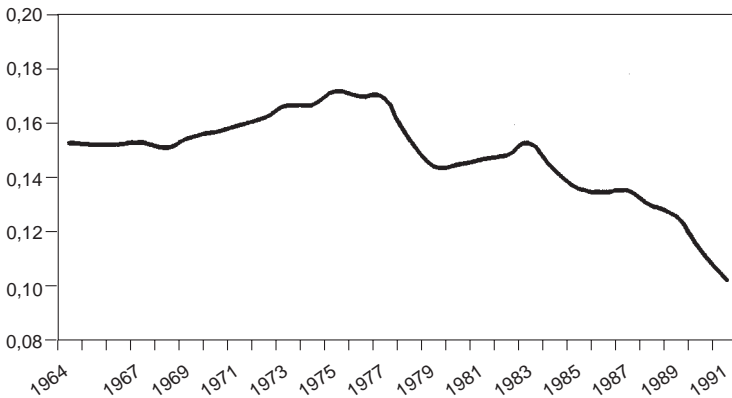


Figura 2. Sigma convergencia en eficiencia (desviación típica del Ln).

to, entre ellas, el cambio en la eficiencia. A continuación vamos a analizar la evolución de las desigualdades de la eficiencia entre las comunidades autónomas españolas. Con este objetivo, la figura 2 muestra la evolución de la desviación típica del logaritmo de la eficiencia a lo largo del período.¹⁸ Se aprecia cómo las desigualdades se han reducido a lo largo del tiempo. Sin embargo, dicho proceso de convergencia no ha sido uniforme. Así, se aprecia una fase de ausencia de convergencia e incluso de divergencia hasta finales de los años setenta seguida de una fase de convergencia hasta principios de los años noventa que sólo se ve interrumpida durante la crisis de principios de los años ochenta.

5. ¿Qué hay detrás de la eficiencia?

Los indicadores de eficiencia hasta ahora obtenidos nos muestran el incremento potencial de la producción que las regiones españolas podrían conseguir si eliminaran sus niveles de eficiencia en la utilización de los factores de producción privados, capital y trabajo. Sin embargo, estos niveles de eficiencia pueden verse influidos por diversos factores exógenos en mayor o menor medida sobre los que las regiones tienen un reducido margen de maniobra.

El procedimiento utilizado por la mayoría de los autores para la inclusión de estas variables exógenas o ambientales suele ser bietápico, esto es, en la primera etapa se obtienen los indicadores de eficiencia para, en una segunda etapa, regresar los indicadores obtenidos en función de las variables que teóricamente influyen en los niveles de eficiencia pero sobre las cuales las unidades evaluadas tienen escaso poder de influencia. De esta forma se obtiene información de inte-

18. El análisis de la evolución en el tiempo de las desigualdades entre regiones utilizando algún estadístico de dispersión corresponde a la idea de σ -convergencia.

rés que puede ser utilizada como guía de actuaciones de políticas públicas (en nuestro caso regionales).¹⁹

Entre los posibles determinantes de la eficiencia vamos a centrar nuestra atención en tres: la cualificación de la mano de obra o capital humano, las dotaciones de capital público y la especialización productiva o composición de la producción.

No cabe duda acerca de la importancia de la «calidad» de los factores productivos utilizados para explicar diferencias de eficiencia y, por tanto, de productividad. A este respecto, son numerosos los trabajos que han puesto de manifiesto la importancia de la calidad del factor trabajo en la explicación de los crecimientos de productividad.²⁰ Dicha explicación descansa tanto en el hecho de que una población ocupada más cualificada permite asimilar más rápidamente el progreso técnico como en el hecho de que un trabajador más «cualificado» es más eficiente.

La dotación relativa de infraestructuras públicas de las regiones pueden también condicionar los niveles de eficiencia con los que se utilizan los *inputs* privados. Así, es de esperar que si una región está mejor dotada de capital público logre un mayor nivel de producción apareciendo, en consecuencia, como más eficiente.

Finalmente, la distinta especialización productiva puede influir sobre los niveles de eficiencia estimados en la medida en la que las regiones más especializadas en sectores menos eficientes tendrán, a nivel agregado, un menor nivel de eficiencia.²¹

Con objeto de analizar empíricamente esta cuestión vamos a aproximar las tres variables explicativas de la siguiente forma:

- a) cualificación de la mano de obra aproximada a través del porcentaje de la población ocupada con al menos estudios medios, que es el indicador más habitual en la literatura tanto nacional (De la Fuente, 1996; y Serrano, 1997) como internacional (Barro y Lee, 1994). Para ello se utiliza la estimación realizada por el IVIE publicada por la Fundación Bancaja (Mas, Pérez, Uriel y Serrano, 1995).
- b) la importancia de las infraestructuras públicas se aproxima utilizando la información de la Fundación BBV-IVIE (1997). Dado que en diversos trabajos

19. En este tema, como en tantos otros, no existe consenso entre los autores respecto a si todas las variables deben incluirse en una sola etapa o si el modelo debe especificarse en dos etapas. No obstante, la práctica común adoptada en la mayoría de los trabajos consiste en introducir en la primera etapa aquellas variables sobre las que las unidades económicas tiene poder de decisión, relegando a la segunda aquellas variables exógenas sobre las cuales las unidades económicas tienen escaso poder de decisión. Sobre este punto, véase Lovell (1993).

20. Véase, entre otros, De la Fuente (1996) y Serrano (1997 y 1998).

21. Son diversos los trabajos que enfatizan la importancia de la composición sectorial (especialización productiva) para explicar el crecimiento económico. Así, trabajos como los de Barro y Sala-i-Martin (1991 y 1992), Mas y otros (1994), Raymond y García-Greciano (1994), De la Fuente (1996), o Bernard y Jones (1996b), muestran cómo la convergencia entre los niveles de renta per cápita y productividad del trabajo entre regiones o países puede estar condicionada por la composición del vector de producción elegido, ya que la especialización en sectores menos productivos (la agricultura, por ejemplo) actúa como un condicionante del nivel de renta a alcanzar (estado estacionario), siendo por tanto una rémora para el crecimiento económico.

Tabla 5. Determinantes de la ineficiencia (1964-1991).

	Param.	t-student	Param.	t-student	Param.	t-student	Param.	t-student
Agricultura	0,128	11,207	0,116	8,436	0,075	5,727	0,135	11,026
Cap. humano	-0,244	-8,086	-0,306	-10,912	-0,029	-11,109	-0,242	-7,987
Cap. público/pob.	-0,077	-4,823						
Cap. público/VAB			-0,031	-1,735				
Cap. público/superf.					-0,035	-3,500		
Cap. público/ocupados							-0,078	-4,865
σ	0,062	20,918	0,065	20,895	0,064	20,947	0,062	20,905
Log verosimilitud		289		279		284		289
Núm. de observaciones		238		238		238		238

(Mas y otros 1996 y 1998) se muestra que es el capital público más directamente ligado al proceso productivo el que es significativo en la explicación de las diferencias de productividad entre regiones, se utiliza el denominado stock de capital público productivo que incluye las dotaciones en carreteras, estructuras urbanas, puertos e infraestructuras hidráulicas. Además, y con objeto de escalar el capital público se utilizan cuatro variables alternativas: producción, ocupados, superficie y población.

c) como es habitual en los estudios de convergencia²² la importancia de la estructura productiva se aproxima por el peso de la agricultura en el total de la producción.

La tabla 5 muestra los resultados de la estimación de los determinantes de la eficiencia²³ utilizando las cuatro especificaciones alternativas del capital público. Los signos de los parámetros estimados, siempre significativos, confirman los resultados esperados: a) las regiones con una mayor dotación relativa de capital público y humano logran mayores niveles de eficiencia en la utilización de los *inputs* privados; y b) las regiones más agrícolas presentan menores niveles de eficiencia confirmando este resultados los obtenidos en Gumbau y Maudos (1996).

Con objeto de analizar si el sector público ha favorecido el proceso de convergencia en la productividad del trabajo vía el efecto del capital público y humano en la eficiencia, vamos a descomponer la convergencia en eficiencia de la misma forma en que se realizó en el apartado 4 en el caso de la convergencia en la productividad del trabajo. Así, la tasa de crecimiento de la eficiencia será la suma de

22. Véase la nota a pie de página 21.

23. La variable dependiente es el logaritmo de *EF*, presentando por tanto un punto de truncamiento en cero en el caso de las regiones eficientes (*EF* = 1). Por ese motivo el análisis de los determinantes de la eficiencia se realiza utilizando un modelo Tobit. Las variables explicativas también están expresadas en logaritmos. La estimación se ha realizado introduciendo efectos temporales.

Tabla 6. Descomposición de los cambios en la eficiencia.

	b_{CE}	Cap. público /VAB	Capital humano	Resto de factores
1964-1991	-0,0063 (-1,981)	0,0003 (0,949)	-0,0082 (-4,363)	0,0015 (0,346)
1964-1973	0,0072 (0,609)	0,0013 (2,045)	-0,0012 (-0,309)	0,0070 (0,573)
1973-1985	-0,0146 (-2,442)	-0,0005 (-0,559)	-0,0120 (-4,797)	-0,0021 (-0,322)
1985-1991	-0,0412 (-5,830)	-0,0015 (-1,397)	-0,0261 (-5,758)	-0,0135 (-1,560)

Entre paréntesis, *t*-student.

la tasa de crecimiento debida al capital público, la tasa de crecimiento debida al capital humano y la tasa de crecimiento debida al resto de posibles variables explicativas de la eficiencia, quedando en este último término incorporada la influencia de la estructura productiva. Al igual que en el caso anterior, el parámetro de convergencia asociado a la eficiencia será igual a la suma de los parámetros asociados a sus determinantes: capital humano, infraestructuras públicas y resto de variables.

La tabla 6 muestra los resultados de la descomposición anterior de la eficiencia técnica tanto para el período 1964-91 como para los tres subperíodos considerados. Por simplicidad, los resultados se presentan escalando el capital público por la producción.²⁴

Para el total del período, la contribución positiva de la eficiencia a la convergencia en productividad del trabajo (0,63%) se debe a su vez al efecto positivo del capital humano, actuando de este modo como una fuente de convergencia, mientras que ni el capital público ni el resto de factores parece haber influido en el proceso. De hecho, en el subperíodo inicial de crecimiento el capital público aparece como una fuente de divergencia. La situación cambia desde mediados de los setenta. Durante el subperíodo 1973-85 las mejoras en los resultados educativos de los ocupados dan lugar a una significativa convergencia en la productividad del trabajo debido a su efecto sobre la eficiencia regional. El período final de recuperación mantiene la pauta del anterior aunque de modo aún más pronunciado. Así, la notable convergencia de la productividad del trabajo inducida por las ganancias de eficiencia (-4,12%) debería atribuirse al patrón territorial de mejoras educativas (-2,61%) con la colaboración en este caso del capital público (-0,15%) que habría dejado de ser una fuente de divergencia y, en mayor medida, del resto de factores (-1,35%).

24. Los resultados se mantienen con independencia de cómo se escale el indicador de capital público.

En resumen, el análisis de los factores explicativos de la eficiencia muestra cómo el capital humano, y por tanto, la política educativa ha favorecido la convergencia en productividad del trabajo a través de su efecto sobre la eficiencia. Por el contrario, el patrón territorial de la política de inversión pública no sólo no parece haber contribuido a la convergencia en el conjunto del período, sino que incluso habría sido una fuente de divergencia regional hasta mediados de los años setenta.

6. Conclusiones

Los estudios que han analizado el proceso de convergencia en los países de la OCDE han puesto de manifiesto la importancia de la asimilación y difusión tecnológica como mecanismo de convergencia en la productividad del trabajo. Así, trabajos como el de Dowrick y Nguyen (1989) muestran que el proceso de *catch-up* tecnológico ha contribuido a la convergencia en la productividad del trabajo en los países de la OCDE, siendo su contribución incluso superior a la acumulación de capital en el período 1960-73.

Los trabajos que han analizado la importancia de la convergencia tecnológica se basan generalmente en el estudio de la *PTF*, estimada ésta mediante la utilización de aproximaciones no frontera (contabilidad del crecimiento o números índices). Sin embargo, el problema que presenta tal aproximación a la medición de la *PTF* es que se obtienen estimaciones sesgadas del progreso técnico en presencia de ineficiencia. En consecuencia, no cabe identificar progreso técnico con ganancias de *PTF* en presencia de ineficiencia.

En este contexto el objetivo de este trabajo ha sido analizar la importancia de la eficiencia y del progreso técnico en el proceso de convergencia en productividad del trabajo observado en las regiones españolas en el período 1964-91, utilizando para ello una aproximación frontera a la medición de la productividad que permite descomponer las ganancias de *PTF* en progreso técnico y ganancias de eficiencia.

Los resultados obtenidos muestran la existencia de importantes niveles de ineficiencia en las regiones españolas, si bien se ha producido una reducción de dichos niveles en el período analizado. La comparación de los niveles de eficiencia entre regiones muestra la existencia de importantes desigualdades, siendo Extremadura y Galicia las regiones menos eficientes, con niveles de ineficiencia muy por encima de Cataluña, País Vasco y Madrid.

Los resultados son contrarios a los obtenidos en trabajos anteriores que no consideran la existencia de ineficiencia en su análisis. Así, lejos de existir un proceso de *catching-up* tecnológico, el progreso técnico ha jugado en contra de la convergencia en productividad del trabajo en todos los subperíodos considerados, dado que el cambio técnico ha sido siempre mayor en las regiones más ricas.

No obstante, la descomposición de las ganancias de productividad en ganancias de eficiencia y progreso técnico muestra que, durante el subperíodo 1973-85 y sobre todo en el subperíodo 1985-91, las ganancias de eficiencia han sido un importante mecanismo de convergencia en productividad del trabajo, siendo su

contribución más importante que la de la acumulación de capital en el último de los subperíodos.

Así, los resultados obtenidos contradicen los de otros trabajos que muestran como las mayores ganancias de *PTF* de las regiones más pobres han favorecido la convergencia en productividad del trabajo. Por el contrario, los resultados obtenidos en este trabajo muestran como son las regiones ricas (con mayor productividad del trabajo) las que han experimentado mayores crecimiento de la *PTF* (sobre todo a través de un mayor progreso técnico), actuando en consecuencia como mecanismo de divergencia. En conclusión, lejos de haberse producido un mecanismo de «contagio» a través de la transferencia tecnológica, el principal mecanismo de convergencia durante el período analizado ha sido el mayor ritmo de acumulación de capital de las regiones pobres.

Finalmente, el análisis de los determinantes de las diferencias de eficiencia encontradas entre regiones muestra cómo las regiones con mayor capital humano e infraestructuras públicas logran una mayor eficiencia en el uso de los *inputs* privados y las regiones más agrícolas presentan menores niveles de eficiencia. A este respecto los resultados indican que la política educativa habría contribuido a una mayor convergencia regional a través del efecto de la progresiva igualación de los niveles educativos de los ocupados sobre la eficiencia. Por el contrario, la política de inversión pública no parece haber jugado un papel relevante.

Apéndice técnico A.1

Para ilustrar el cálculo del índice de Malmquist²⁵, supóngase que la función de transformación que describe la tecnología en cada período t es:

$$F^t = \{(x^t, y^t) : x^t \text{ puede producir } y^t\} \quad t = 1, \dots, T \quad [\text{A.1}]$$

donde $y^t = (y^t_1, \dots, y^t_N) \in R^+_N$ es el vector de *outputs* $x^t = (x^t_1, \dots, x^t_M) \in R^+_M$ y denota el vector de *inputs* correspondientes ambos al período t .

Siguiendo a Shephard (1970) o Caves y otros (1982), la tecnología de cada período t puede ser representada alternativamente a través de la «función distancia» de *output* (D^t_0):

$$D^t_0(x^t, y^t) = \inf\{\vartheta^{t,t} : (x^t, y^t/\vartheta^{t,t}) \in F^t\} = [\sup\{\vartheta^{t,t} : (x^t, \vartheta^{t,t}y^t) \in F^t\}]^{-1} \quad [\text{A.2}]$$

Dicha función se define como la recíproca de la máxima expansión a la es preciso someter el vector de *outputs* del período t (y^t), dado el nivel de *inputs* (x^t), para que dicha observación (x^t, y^t) se encuentre en la frontera del período t . Esta función caracteriza completamente la tecnología de tal forma que $D^t_0(x^t, y^t) \leq 1$ si y sólo si $(x^t, y^t) \in F^t$. Además, $D^t_0(x^t, y^t) = 1$ si y sólo si la observación (x^t, y^t) se

25. Véase Malmquist (1953).

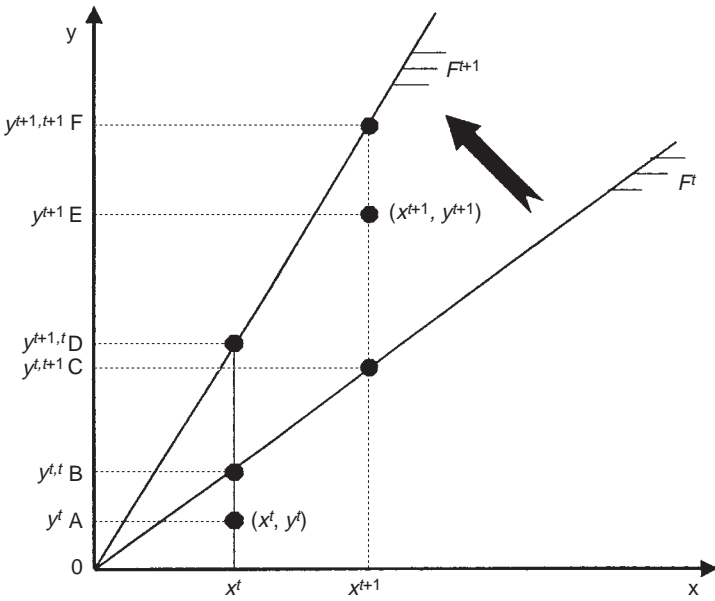


Figura A.1. Índice de Malmquist de productividad basado en el output.

encuentra en los límites de la frontera, lo cual ocurre cuando la observación es eficiente en el sentido de Farrell (1957). En la figura A.1 se ilustran los conceptos anteriores para una situación con un solo *output* y un solo *input*. La observación (x^t, y^t) se encuentra situada por debajo de la tecnología del período t , lo cual significa que no es tecnológicamente eficiente. La función distancia se calcularía como la inversa del mayor incremento en el *output*, dado el *input*, de tal forma que el *output* expandido esté en la frontera tecnológica. En la figura, el *output* máximo estaría representado por $y^{t,t} = y^t / \vartheta^{t,t}$. El valor de la función distancia de la observación en t , respecto a la tecnología en t , $\vartheta^{t,t}$, vendría representado por $OA/OB = y^t / y^{t,t} = \vartheta^{t,t}$. La medida de eficiencia técnica de Farrell orientada en *output* mide cuanto podría aumentarse el *output*, dados los *inputs*. En la figura se observa que la medida de eficiencia técnica de Farrell para la observación es (x^t, y^t) es $OB/OA = y^{t,t} / y^t = 1 / \vartheta^{t,t}$.

Nótese que hasta el momento se ha definido la función distancia para un solo período. Concretamente se han comparado observaciones de un período con la tecnología del mismo período. Para definir el índice de Malmquist es preciso definir funciones distancia con respecto a tecnologías de períodos diferentes.

$$D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1}) = \inf \{ \vartheta^{t,t+1} : (x^{t+1}, y^{t+1} / \vartheta^{t,t+1}) \in F^t \} \tag{A.3}$$

En la expresión anterior, la función distancia, $D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})$ mide el máximo incremento proporcional en los *outputs*, dados los *inputs*, para hacer que la observación del período $t+1$ (x^{t+1}, y^{t+1}), sea factible en el período t . En la situación representada en la figura la observación (x^{t+1}, y^{t+1}) está fuera del conjunto factible representado por la tecnología en t , por lo que el valor de la función distancia sería $OE/OC = y^{t+1}/y^{t,t+1} = \vartheta^{t,t+1}$. De forma similar, es posible definir la función distancia de una observación en t (x^t, y^t) para hacerla factible en relación con una tecnología vigente en $t+1$, $D_0^{t+1}(x^t, y^t)$. Nótese que cuando se está comparando observaciones de un período con tecnologías de períodos diferentes, la función distancia puede ser mayor que la unidad. En particular $D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})$ y $D_0^{t+1}(x^t, y^t)$ pueden ser mayores a la unidad si ha existido progreso técnico y regreso técnico respectivamente.²⁶

Basándose en los conceptos anteriores, el índice de Malmquist de productividad basado en los *outputs* para analizar el cambio productivo entre el período t y $t+1$, tomando la tecnología del período t como referencia, se define como²⁷:

$$M_0^t(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \quad [\text{A.4}]$$

Un $M_0 > 1$ indica que la productividad del período $t+1$ es superior a la del período t , puesto que la expansión necesaria en los *outputs* del período $t+1$ para que la observación sea factible en t es inferior a la aplicable a los *outputs* del período t . Por el contrario, un $M_0 < 1$ indica que la productividad ha descendido entre los períodos t y $t+1$.

Alternativamente es posible definir el índice de Malmquist tomando la tecnología del período $t+1$ ²⁸:

$$M_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \quad [\text{A.5}]$$

En todas las definiciones anteriores se han considerado únicamente dos períodos ($t, t+1$), y se han definido tomando como referencia la tecnología del período t o $t+1$. Sin embargo, cuando se desea analizar el cambio productivo de una serie

26. Nótese que en la situación representada en la figura, $D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1}) > 1$, indicando que ha habido progreso técnico.

27. Véase Caves y otros (1982).

28. En este caso la interpretación es similar. Un $M_0 > 1$ indica que la productividad del período $t+1$ es superior a la del período t , puesto que la expansión necesaria en los *outputs* del período $t+1$ que la observación sea factible en $t+1$ es inferior a la aplicable a los *outputs* del período t .

temporal más larga el uso de una tecnología fija puede causar problemas conforme nos alejamos del año base. Por otra parte (Moorsteen, 1961), la elección del año base no es neutral en los resultados. Para tratar de resolver estos problemas existen dos alternativas (Lovell, 1993). La primera consiste en calcular dos índices M_0^t y M_0^{t+1} basados en pares de años consecutivos que consideren como base la tecnología de los dos períodos t y $t+1$ y calcular la media geométrica de ambos, permitiendo de esta forma que cambie la tecnología de referencia, minimizando los problemas causados por el cambio.

Otro proceder para resolver los citados problemas consiste en considerar dos fronteras de referencia correspondientes al año inicial y al final y tomar la media geométrica de los dos índices de Malmquist.

En este trabajo, dado que la serie temporal utilizada es muy larga (27 años), por las razones expuestas utilizaremos la primera de las alternativas, que puede formularse como:

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[\left(\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \right) \left(\frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad [A.6]$$

Reescribiendo la expresión anterior es posible descomponer el índice de Malmquist de productividad en el efecto *catching-up* o cambio en la eficiencia²⁹ y el cambio técnico o desplazamiento de la frontera:

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \left[\left(\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \left(\frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad [A.7]$$

El efecto *catching-up* entre los períodos t y $t+1$ está representado por el primer ratio, que será superior a la unidad si ha habido incremento en la eficiencia. Similarmente, la media geométrica de los dos ratios de dentro de los corchetes mide el cambio o desplazamiento de la tecnología entre los períodos t y $t+1$.

La anterior descomposición puede ser de nuevo ilustrada utilizando la notación de la figura A.1.

$$\begin{aligned} M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) &= \frac{OE/OF}{OA/OB} \left[\left(\frac{OE/OC}{OE/OF} \right) \left(\frac{OA/OB}{OA/OD} \right) \right]^{\frac{1}{2}} = \\ &= \frac{OE/OF}{OA/OB} \left(\frac{OF}{OC} \cdot \frac{OD}{OB} \right)^{\frac{1}{2}} \end{aligned} \quad [A.8]$$

29. Este concepto de *catching-up* es distinto del utilizado por Abramovitz (1986 y 1994) y otros autores para quienes la noción de *catching-up* se basa en la existencia de una correlación negativa entre el crecimiento de la PTF y su nivel inicial. En el contexto de funciones frontera, el concepto de *catching-up* hace referencia a las mejoras de eficiencia o acercamiento a la frontera.

Si el individuo no ha variado su eficiencia entre t y $t+1$ el primer término será igual a 1 y el cambio productivo experimentado entre los dos períodos (M_0) vendrá explicado únicamente por el movimiento de la frontera. Por el contrario, si el segundo término es 1 (la frontera no se ha desplazado), los cambios de productividad estimados por M_0 vendrán explicados únicamente por los cambios en la eficiencia de las empresas en ambos períodos (*catching-up*). En los demás casos, los cambios productivos reflejados en M_0 serán una mezcla de cambios en la eficiencia y desplazamientos de la frontera.

El índice de Malmquist puede ser calculado de varias formas (Caves y otros, 1982). En este trabajo, como se ha dicho anteriormente, calculamos el índice de Malmquist utilizando una técnica no paramétrica de programación lineal.

Supongamos que en cada período t existen $k=1, \dots, K$ regiones que utilizan $n=1, \dots, N$ inputs (x_{nk}^t) para producir $m=1, \dots, M$ outputs (y_{mk}^t). El calculo del índice de Malmquist para una región j requiere calcular cuatro tipos de función distancia: $D_0^t(x_j^t, y_j^t)$, $D_0^{t+1}(x_j^{t+1}, y_j^{t+1})$, $D_0^t(x_j^{t+1}, y_j^{t+1})$ y $D_0^{t+1}(x_j^t, y_j^t)$.

Haciendo uso de la propiedad de que la distancia de *output* es igual a la recíproca de la medida de eficiencia técnica orientada en *outputs* de Farrell (Färe y Lovell, 1978) tenemos que para $D_0^t(x_j^t, y_j^t)$:

$$\begin{aligned}
 [D_0^t(x_j^t, y_j^t)]^{-1} &= \text{Max } \vartheta_j^{t,t} \\
 \text{s.t. } \sum_{k=1}^K \lambda_k^t y_{mk}^t &\geq y_{mj}^t \vartheta_j^{t,t} \quad m = 1, \dots, M \\
 \sum_{k=1}^K \lambda_k^t x_{nk}^t &\leq y_{nj}^t \quad n = 1, \dots, N \\
 \lambda_k^t &\geq 0 \quad k = 1, \dots, K
 \end{aligned}
 \tag{A.9}$$

Nótese que $\vartheta_j^{t,t}$ es el incremento potencial en los *outputs* que la region j podría realizar en el período t manteniendo sus niveles de *inputs*. Representa, por tanto, la eficiencia técnica total en t de la región j . Si $\vartheta_j^{t,t} = 1$ significa que no es posible encontrar otra región (o combinación lineal de regiones) que utilizando los mismos niveles de *inputs* obtenga más *outputs*. Por el contrario, si $\vartheta_j^{t,t} > 1$ implica que la región podría incrementar sus *outputs* en $(\vartheta_j^{t,t} - 1)\%$, ya que existen otras regiones (o combinaciones lineales de regiones) que así lo hacen.

La generalización del problema al caso de rendimientos variables a escala se logra añadiendo la restricción $\sum_{k=1}^K \lambda_k^t = 1$ (Banker y otros, 1984). En este caso, la medida de eficiencia obtenida ($\Psi_j^{t,t}$) se denomina eficiencia técnica pura. La

comparación entre los dos indicadores de eficiencia permite obtener información sobre la existencia de ineficiencias de escala. Así, la ratio $\vartheta_j^{t,t} / \Psi_j^{t,t}$ representa la proporción de la ineficiencia técnica total ($\vartheta_j^{t,t}$) que es debida a que la región opera bajo un tamaño subóptimo. Si este ratio es igual a la unidad, la región no presentaría ineficiencias de escala. En los demás casos la ratio será mayor a la unidad, indicando que la región presenta ineficiencias de escala debido a que opera bajo rendimientos crecientes o decrecientes.

El cálculo de $D_0^{t+1}(x_j^{t+1}, y_j^{t+1})$ se obtiene de forma similar pero substituyendo t por $t+1$. Por último, el cálculo de la primera de las distancias referidas a dos momentos diferentes de tiempo $D_0^t(x_j^{t+1}, y_j^{t+1})$ se realiza comparando al individuo en $t+1$ con la tecnología de t obtenida a partir de individuos o combinaciones lineales de individuos de t .³⁰ La segunda, $D_0^{t+1}(x_j^t, y_j^t)$, se realiza de la misma forma pero substituyendo t por $t+1$ y $t+1$ por t .

Apéndice técnico A.2

Podemos evaluar la contribución de los *inputs* al crecimiento entre t y $t+1$ para la tecnología vigente en cada uno de esos periodos, y obtener una estimación apropiada mediante una media geométrica de ambas. Siguiendo la representación de la figura A.1:

$$\left(\frac{y^{t,t+1}}{y^{t,t}} \frac{y^{t+1,t+1}}{y^{t+1,t}} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{OC}{OB} \frac{OF}{OD} \right)^{\frac{1}{2}} \tag{A.10}$$

Así, el crecimiento (y^{t+1}/y^t) puede descomponerse de modo multiplicativo entre el crecimiento de la PTF (índice de Malmquist) y la contribución de la acumulación de *inputs*:

$$\frac{y^{t+1}}{y^t} = M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) \left(\frac{y^{t,t+1}}{y^{t,t}} \frac{y^{t+1,t+1}}{y^{t+1,t}} \right)^{\frac{1}{2}} = \frac{OE}{OA} \tag{A.11}$$

Del mismo modo el crecimiento de la productividad del trabajo se descompone de modo multiplicativo entre el índice de Malmquist y la contribución de la acumulación de *inputs* por trabajador.

30. Nótese que la observación (x^{t+1}, y^{t+1}) es comparada con la tecnología de t , formada por el conjunto de observaciones existentes en t , por lo que pudiera suceder que la observación no fuera factible, dada la tecnología vigente en t (F^t) y la solución fuera mayor que la unidad.

Referencias bibliográficas

- ABRAMOVITZ, M. (1986). «Catching Up, Forging Ahead, and Falling Behind». *Journal of Economic History*, 46, 385-406.
- (1990). «The Catch-up Factor in Postwar Economic Growth». *Economic Enquiry* 28(1), 1-18.
- (1994). «Catch-up and Convergence in the Postwar Growth Boom and After». En BAUMOL, William J.; NELSON, Richard R.; WOLFF, Edward N. (eds.). *Convergence of Productivity, Cross-National Studies and Historical Evidence*, p. 86-125. Oxford University Press.
- BANKER, R.D.; CHARNES, A.; COOPER, W.W. (1984). «Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis». *Management Science*, 30 (9), 1078-1092.
- BARRO, R.J.; LEE, J.W (1994). «Sources of Economic Growth». *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 40, 1-46.
- BARRO, R.J.; SALA-I-MARTIN, X. (1991). «Convergence across States and Regions». *Brookings Papers on Economic Activity*, 1, 107-182.
- (1992). «Convergence». *Journal of Political Economy*, 100 (2), 223-251.
- BARRO, R.J.; SALA-I-MARTIN, N. y X. (1995). *Economic Growth*. Nueva York: McGraw-Hill.
- BERNARD, A.B.; JONES, C.I. (1996a). «Technology and Convergence». *The Economic Journal*, 106, 1037-1044.
- (1996b). «Productivity Across Industries and Countries: Time Series Theory and Evidence». *The Review of Economics and Statistics*, p.135-146.
- CAVES, D.W.; CHRISTENSEN, L.R.; DIEWERT, W.E. (1982). «The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output and Productivity». *Econometrica*, 50, 1393-1414.
- DE LA FUENTE, A. (1996). «Economía regional desde una perspectiva neoclásica. De convergencia y otras historias». *Revista de Economía Aplicada*, vol. 4(10), 5-63.
- DENISON, E.F. (1972). «Classification of Sources of Growth». *Review of Income and Wealth*, 18, 1-25.
- DOLADO, J.; GONZÁLEZ-PÁRAMO, J.M.; ROLDÁN, J.M. (1994). «Convergencia entre las provincias españolas». *Moneda y Crédito*, 198, 91-119.
- DOLLAR, D.; WOLFF, E.N. (1994). «Capital Intensity and TFP Convergence by Industry in Manufacturing, 1963-1985». En BAUMOL, W.J.; NELSON, R.R.; WOLFF, E.N. (eds.). *Convergence of Productivity, Cross-National Studies and Historical Evidence*, p. 197-224. Oxford University Press.
- DOMAZLICKY; WEBER (1997). «TFP in the Contiguous US, 1977-86». *Journal of Regional Science*, 37(2), 213-233.
- DOWRICK, S.; NGUYEN, D. (1989). «OECD Comparative Economic Growth 1950-1985: Catch-up and Convergence». *American Economic Review*, 79(5), 1010-1030 (December).
- FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; MORRIS, M.; ZHANG, Z. (1994). «Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency in Industrialized Countries». *American Economic Review*, 84(1), 66-82.

- FÄRE, R.; LOVELL, C.A.K. (1978). «Measuring the Technical Efficiency of Production». *Journal of Economic Theory*, 19, 150-162.
- FARRELL, M. (1957). «The Measurement of Productive Efficiency». *Journal of the Royal Statistics Society*, 120(3), 253-282 (Series A, General).
- FECHER, F.; PERELMAN, S. (1992). «Productivity Growth and Technical Efficiency in OECD Industrial Activities». En CAVES, Richard (ed.). *Industrial Efficiency in Six Nations*, p. 459-488. MIT Press, Cambridge Massachusetts.
- FUNDACIÓN BBV/IVIE (1997). *El stock de capital en la economía española*. MAS, M.; PÉREZ, F.; URIEL, E. (dirs.), 3a edición revisada, Bilbao.
- GONG, B.H.; SICKLES, R.C (1992). «Finite Sample Evidence on the Performance of Stochastic Frontiers and Data Envelopment Analysis Using Panel Data». *Journal of Econometrics*, 51, 259-284.
- GROSSKOPF, S. (1993). «Efficiency and Productivity». En FRIED, H.O.; LOVELL, C.A.K. ; SCHMIDT, S.S. (eds.). *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, p. 160-194. Oxford: Oxford University Press.
- GUMBAU, M.; MAUDOS, J. (1996). «Eficiencia productiva sectorial en la regiones españolas: una aproximación fronteriza». *Revista Española de Economía*, 13(2), 239-260.
- LOVELL, C.A.K. (1993). «Production Frontiers and Productive Efficiency. En FRIED, H.O.; LOVELL, C.A.K. ; SCHMIDT, S.S. (eds.). *The Measurement of Productive Efficiency: techniques and applications*, p. 3-67. Oxford: Oxford University Press.
- MALMQUIST, S. (1953). «Index Numbers and Indifference Surfaces». *Trabajos de Estadística*, 4, 209-242.
- MAS, M.; MAUDOS, J.; PÉREZ, F.; URIEL, E. (1994). «Disparidades regionales y convergencia en las CC.AA». *Revista de Economía Aplicada*, vol. II (4), 129-148.
- (1995a). «Growth and Convergence in the Spanish Provinces». En AMSTRONG; VICKERMAN (eds.). *Convergence and Divergence among European regions*. Pin Ed., cap. 13, p. 67-88.
- (1995b). «Public capital and Convergence in the Spanish Regions». *Entrepreneurship and Regional Development*, (7)4, 309-327.
- (1996). «Public Capital and Productivity in the Spanish Regions. 1964-91». *Regional Studies*, 30(7), 641-49.
- (1998). «Public Capital, Productive Efficiency and Convergence in the Spanish Regions. 1964-93». *The Review of Income and Wealth*, vol. 40 (3), septiembre.
- MAS, M.; PÉREZ, F.; URIEL, E.; SERRANO, L. (1995). *Capital humano, series históricas, 1964-1992*. Valencia: Fundación Bancaja.
- MAUDOS, J.; PASTOR, J.M.; SERRANO, L. (1999). «Convergence in OECD Countries: Technical Change, Efficiency and Productivity». *Applied Economics*, en prensa.
- MEEUSEN, W.; VAN DEN BROECK, J. (1977). «Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Function with Composed Error». *International Economic Review*, 18, 435-444.
- MOORSTEEN, R.H. (1961). «On the Measuring Productive Potential and Relative Efficiency». *Quarterly Journal of Economics*, 75,451-467.
- PERELMAN, S. (1995). «R & D, Technological Progress and Efficiency Change in Industrial Activities». *The Review of Income and Wealth*, 41(3), 349-366.
- PÉREZ, F.; GOERLICH, F.J.; MAS, M. (1996). *Capitalización y crecimiento en España y sus regiones 1955-95*. Bilbao: Fundación BBV.

- RAYMOND, J.L.; GARCÍA, B. (1994). «Las disparidades en el PIBpc entre las CC.AA. y la hipótesis de convergencia». *Papeles de Economía Española*, 59, 37-58.
- (1996). «Distribución regional de la renta y movimientos migratorios». *Papeles de Economía Española*, 67, 185-201.
- SERRANO, L. (1997). «Productividad y capital humano». *Moneda y Crédito*, 205, 79-101.
- (1998). «Capital humano y convergencia regional». Documento de trabajo, WP-EC Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas (IVIE), p. 98-112.
- SHEPHARD, R.W. (1970). *Theory of Cost and Production Function*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- SOLOW, R.W. (1957). «Technical Change and the Aggregate Production Function». *Review of Economics and Statistics*, August, 39(3), 312-320.
- TASKIN, F.; ZAIM, O. (1997). «Catching-up and Innovation in high- and low-income Countries». *Economics Letters*, 54, 93-100.