

LA PRODUCTIVIDAD DE LAS INFRAESTRUCTURAS EN ESPAÑA

Antonio ÁLVAREZ PINILLA
Luis OREA SÁNCHEZ
Jonás FERNÁNDEZ ÁLVAREZ (*)

Universidad de Oviedo

Resumen

En el presente artículo se lleva a cabo una revisión de los trabajos realizados hasta la fecha en España y se realiza un análisis empírico sobre la productividad del capital público usando datos de las comunidades autónomas durante el período 1980-95. En la función de producción agregada se incluye una serie de variables relevantes, como el capital humano o la especialización productiva regional, cuya influencia en la producción está bien documentada, pero que, salvo en contadas excepciones, no se habían considerado conjuntamente con el capital público. Por último, se analiza el denominado efecto desbordamiento del capital público, aunque, a diferencia de trabajos anteriores, se estudia mirando las productividades marginales en vez de las elasticidades.

Palabras clave: productividad, infraestructuras, efecto desbordamiento.

Abstract

In this article we review the studies carried out to date in Spain and we conduct an empirical analysis in relation to the productivity of public capital using data of the autonomous communities over the period 1980-95. In the aggregate production function we include a series of significant variables, such as human capital or regional productive specialisation, whose influence on production is well documented, but which, save for the occasional exception, had not been considered in conjunction with public capital. Lastly, we analyse the so-called spillover effect of public capital, although, unlike earlier studies, it is examined from the standpoint of marginal productivities instead of elasticities.

Key words: productivity, infrastructure, spillover effect.

JEL classification: E23, H54, O40.

I. INTRODUCCIÓN

La investigación sobre la productividad del capital público se remonta a los años ochenta, cuando los primeros trabajos empíricos sobre el tema (Ratner, 1983; Aschauer, 1989) se plantearon responder la siguiente pregunta: ¿es productivo el capital público? Estos autores encontraron una relación positiva entre el *stock* de capital público y el crecimiento económico en Estados Unidos a partir de la estimación de una función de producción agregada con el capital público como variable explicativa. Posteriormente, numerosos estudios han tratado de responder a otros interrogantes, como ¿son igualmente productivos el capital público y el capital privado?, ¿influye el capital público en la productividad del capital privado?, ¿qué tipo de capital público es el más productivo?, o ¿qué industrias son las que mejor se aprovechan de las inversiones en infraestructuras públicas? (1).

En el trabajo más influyente en este campo, Aschauer (1989) estimó una función de producción agregada Cobb-Douglas, en la que, además de trabajo y capital privado, se incluía el capital público como un *input* adicional. La razón de la popularidad del artículo de Aschauer se debe a que relacionó su resultado con el descenso observado en el crecimiento de la productividad en Estados Unidos durante la década de los setenta. La elevada productividad encontrada para el capital público estimuló un elevado número de trabajos sobre la influencia del capital público en el crecimiento económico. Las diferencias me-

todológicas entre los distintos trabajos, así como los distintos resultados obtenidos, han sido resumidos en varios *surveys*, entre los que se pueden destacar los de Gramlich (1994) y De la Fuente (1996 y 2000).

En España, la existencia de varias fuentes estadísticas ha favorecido la aparición de un elevado número de trabajos sobre la productividad del capital público. La importancia de este tipo de trabajos es evidente, ya que el tamaño del coeficiente de capital público es un indicador de la efectividad del papel del gasto público como instrumento de política regional.

En el presente artículo se lleva a cabo una revisión de los trabajos realizados hasta la fecha en España y se realiza un análisis empírico sobre la productividad del capital público usando datos de las comunidades autónomas durante el período 1980-95. En la función de producción agregada se incluye una serie de variables relevantes, como el capital humano o la especialización productiva regional, cuya influencia en la producción está bien documentada, pero que, salvo en contadas excepciones, no se habían considerado conjuntamente con el capital público. Por último, se analiza el denominado efecto desbordamiento del capital público, aunque, a diferencia de trabajos anteriores, se estudia mirando las productividades marginales en vez de las elasticidades.

En el apartado II se revisa la literatura empírica española sobre la productividad del capital público en Es-

CUADRO N.º 1

TRABAJOS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DEL CAPITAL PÚBLICO EN ESPAÑA

Trabajo	Años	Sector (a)	Variables Independientes (b)	Cambio Técnico (c)	Forma Func.(d)	RCE	Modelo Empírico (e)	Método Estim. (f)	Elasticidades			
									K	L	G	H
Mas, Maudos, Pérez y Uriel (1993).....	1980-89	I	K, L, GP	N(t)	CD	—	EA	MCG	0,43	0,35	0,06	—
Mas, Maudos, Pérez y Uriel (1994).....	1980-89	A	K, L, GP	N(t)	CD	SI	EF	MCO	0,43	0,37	0,19	—
García-Fontes y Serra (1994).....	1980-88	A	K, L, GP	N(et)	CD	—	EF(R)	MCO	0,49	0,46	0,06	—
Mas, Maudos, Pérez y Uriel (1996).....	1964-91	A(-E,C)	K, L, GP	N(t)	CD	—	EF	MCO	0,42	0,56	0,07	—
Argimón y González-Páramo (1997).....	1964-91	A	K, L, G	—	CD	SI	EF	MCO	0,69	0,12	0,19	—
Dabán y Murgui (1997).....	1980-91	A	L,K*CU,GP/S,H	N(t)	CD	—	EF	MCO	0,06	0,43	0,05	0,10
Moreno, Artís, López-Bazo y Suriñach (1997).....	1964-91	A	K, L, GP,GS	—	CD	SI	EF	MCO	0,51	0,45	0,05	—
Pedraja, Ramajo y Salinas (1999).....	1980-92	I	K, L, GP	—	CD	SI	EF	MCO	0,16	0,64	0,24	—
Delgado y Álvarez (2000).....	1985-95	A	K, L, I	—	CD	—	EF	MCO	0,29	0,40	0,20	—
Freire y Alonso (2002).....	1964-93	A	K, L, G,H,S	N(et)	CD	SI	EF(R)	MCO	0,30	0,61	0,12	0,17
Cantos, Gumbau-Albert y Maudos (2002)	1965-95	A	K, L, IT	N(et)	CD	—	EF	VI	0,34	0,32	0,04	—

Nota:

(a) A (agregado), I (industrial), E (energía), C (construcción).

(b) L (trabajo), K (cap. privado), G (cap. público), GP (cap. público productivo), GS (cap. público social), CU (tasa de utilización de la capacidad), I (ind. de infraestructuras), H (cap. humano), S (superficie), IT (infraestructuras de transporte).

(c) N (neutral), t (tendencia), et (efectos temporales).

(d) CD (Cobb-Douglas).

(e) EA (efectos aleatorios), EF (efectos fijos), R (*dummies* para algunas regiones sólo).

(f) MCG (mínimos cuadrados generalizados), MCO (mínimos cuadrados ordinarios), VI (Variables instrumentales).

paña; en el III se presenta el modelo empírico general y en el IV se exponen los resultados de la estimación econométrica de varios casos particulares del modelo general presentado en el apartado anterior. Por último, en el apartado V se destacan las conclusiones más relevantes.

II. LA PRODUCTIVIDAD DEL CAPITAL PÚBLICO. UNA REVISIÓN

En este apartado se revisan los trabajos realizados únicamente con datos españoles. Esta literatura puede dividirse en dos grandes grupos: los estudios que utilizan series temporales de agregados nacionales y los que utilizan datos de panel de las comunidades autónomas (CC.AA.). Las características y los principales resultados de los estudios con datos de las CC.AA. que emplean una aproximación primaria se resumen de forma esquemática en el cuadro n.º 1 (2). Para facilitar la comparación con los resultados obtenidos en este trabajo, se excluyen algunos trabajos recientes que han estudiado la productividad del capital público usando funciones de costes (ver, por ejemplo, Boscá *et al.*, 1999; Avilés *et al.*, 2001; o Moreno *et al.*, 2002).

En el cuadro n.º 1 puede observarse que los valores encontrados para la elasticidad del *output* con respecto al capital público varían entre 0,24 y 0,02 (aunque también se obtienen algunos valores no estadísticamente distintos de cero). Esta gran diversidad en los resultados ha generado un amplio debate acerca de cuál es el ver-

dadero efecto del capital público sobre la producción. Dado que estos trabajos adoptan una misma metodología (enfoque primal, estimaciones en niveles, consideración de efectos individuales), la dispersión en los resultados se puede deber a otros factores, entre los que destacan la definición del capital público y la fuente de datos utilizada (3).

Con respecto a la definición de capital público utilizada, esta variable no incluye los mismos conceptos en todos los trabajos revisados. En concreto, a veces se excluye el denominado capital público *social*, que comprendería la educación y la sanidad. El resto del capital, denominado capital público *productivo* (*core infrastructure*), recogería autopistas y carreteras, canalizaciones de agua, equipamientos de la red eléctrica, etcétera. La consideración del capital social conjunta o separadamente del capital productivo es determinante para el estudio de la productividad del capital público, puesto que los resultados obtenidos tanto en España como en otros países indican que el capital público en infraestructuras es más productivo que el capital público social.

Con respecto a la fuente de datos, en España existen tres fuentes estadísticas distintas para el capital público, desagregado por comunidades autónomas: 1) la elaborada por el Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas (IVIE) por encargo de la Fundación BBVA (Fundación BBVA, 1998); 2) la base BD. MORES, elaborada por la Dirección General de Análisis y Programación Presupues-

taria, dependiente del Ministerio de Hacienda, y 3) un índice de infraestructuras elaborado por Delgado y Álvarez (2000). Las dos primeras fuentes proporcionan, utilizando el método del inventario permanente, una medida *monetaria* del *stock* de capital público. Por el contrario, el índice de Delgado y Álvarez mide en términos físicos la dotación de infraestructuras de las CC.AA. a partir del número de kilómetros de autopistas y carreteras, kilómetros de líneas eléctricas de alta y baja tensión, dimensión de puertos, aeropuertos y ferrocarriles, número de líneas telefónicas, etc., ponderando cada tipo de capital por la superficie o la población (4).

III. EL MODELO EMPÍRICO

El modelo básico que se estima en el presente trabajo se basa en la especificación de Aschauer (1989), que consiste en una función de producción Cobb-Douglas ampliada para incluir el capital público. Es decir:

$$Y = F(L, K, G) = AL^\alpha K^\beta G^\gamma \quad [1]$$

donde Y es el *output* agregado, A es un parámetro que recoge la eficiencia tecnológica, K es el *stock* de capital privado, L es el trabajo y G es el *stock* de capital público. Explotando la estructura de panel de los datos, este modelo puede escribirse como sigue:

$$\ln Y_{it} = \alpha_i + \alpha \ln K_{it} + \beta \ln L_{it} + \gamma \ln G_{it} \quad [2]$$

donde el subíndice i indica la comunidad autónoma, el subíndice t indica el año y los parámetros α_i son efectos individuales para cada comunidad.

Para la estimación del modelo empírico se dispone de datos de panel para las 17 CC.AA. españolas para el período 1980-1995. El nivel de producción se ha medido usando el valor añadido bruto (VAB) a precios de mercado en millones de pesetas de 1986, procediendo los datos de las series de Cordero y Gayoso (1996). El capital privado (K) proviene del trabajo del IVE *El stock de capital en la economía española y su distribución territorial*, medido en millones de pesetas de 1986, al que se resta el capital residencial para utilizar sólo el capital privado productivo. El nivel de empleo (L) procede del trabajo del IVE *Capital humano, series históricas 1964-2001*.

Dado que la serie del IVE y la de la BD. MORES proporcionan resultados parecidos, en este trabajo se han utilizado la serie elaborada por el IVE (en millones de pese-

tas de 1986) y el índice de infraestructuras de Delgado y Álvarez (2000). A la serie de capital público del IVE se le ha restado el capital público sanitario y educativo con el fin de lograr una definición de capital público productivo relativamente comparable con el índice de Delgado y Álvarez (5).

En el cuadro n.º 2 se comparan las dos series, clasificadas por comunidades autónomas. En concreto, se presentan la media en la dotación de capital público para el período 1980-1995, la posición relativa de cada región y la media de la tasa de variación anual del capital. Se observa que las diferencias de estas dos son bastante amplias, lo que probablemente se deba a que la serie de Delgado y Álvarez se ha construido normalizando por población y superficie (6).

En el cuadro n.º 3 se presentan los coeficientes estimados de la ecuación [2] usando el estimador intra-grupos (7). El modelo 1 corresponde a una especificación sin cambio técnico, mientras que en los otros dos modelos se añade el cambio técnico neutral, bien con efectos temporales (modelo 2), bien con una tendencia lineal y cuadrática (modelo 3). Los tres modelos se han estimado con las dos variables de capital público: la del IVE y la de Delgado y Álvarez.

Como puede verse, los resultados son muy sensibles a la especificación empleada. En primer lugar, cuando se controla por el cambio técnico, las elasticidades del capital público y privado se reducen drásticamente, mientras que la elasticidad del trabajo experimenta un aumento. En segundo lugar, la elasticidad del trabajo sólo es mayor que la del capital en los modelos con cambio técnico (8). Por último, el coeficiente del capital público es siempre significativo usando la base de datos de Delgado y Álvarez, mientras que usando la del IVE sólo es significativo cuando no se incluye el cambio técnico. La inestabilidad que se aprecia cuando se introduce cambio técnico, especialmente de los coeficientes del capital privado y público, se debe a que existe una alta correlación entre los dos tipos de capital y el tiempo (superior a 0,9). Esta elevada correlación indica que, si bien se puede conocer el efecto conjunto que dichas variables tienen sobre la producción, va a ser casi imposible separar empíricamente el efecto del cambio técnico y del capital (privado y público) (9).

Una aparente solución al problema consiste en imponer rendimientos constantes a escala (*RCE*). Esta estrategia permite separar el cambio técnico del efecto del capital privado y público. En el cuadro n.º 4 se presentan los resultados cuando se imponen rendimientos constantes a escala. Como es lógico, los cambios que se producen al introducir esta restricción son importantes en

CUADRO N.º 2

COMPARACIÓN DE LAS DISTINTAS SERIES DE CAPITAL PÚBLICO

	DELGADO Y ÁLVAREZ			IVIE		
	Media	Ranking	Porcentaje de variación anual	Media	Ranking	Porcentaje de variación anual
Andalucía.....	30,75	12	3,99	1548	1	5,76
Aragón.....	24,69	15	3,39	490	9	1,88
Asturias.....	45,13	9	2,53	342	11	4,38
Baleares.....	46,94	8	2,77	133	17	4,45
Canarias.....	50,94	7	3,32	357	10	3,53
Cantabria.....	51,31	6	4,93	142	16	6,45
Castilla - La Mancha.....	21,25	16	3,41	574	7	5,11
Castilla y León.....	28,63	13	2,16	840	4	3,31
Cataluña.....	76,88	3	3,07	1381	2	3,66
Extremadura.....	15,00	17	4,55	286	12	5,31
Galicia.....	32,69	11	3,41	564	8	4,86
La Rioja.....	54,38	4	2,76	141	15	-0,05
Madrid.....	127,94	1	4,30	807	5	4,05
Murcia.....	25,69	14	5,77	212	13	6,65
Navarra.....	36,44	10	5,84	203	14	2,68
País Vasco.....	109,44	2	2,70	638	6	3,40
Comunidad Valenciana.....	53,56	5	4,11	868	3	4,74

CUADRO N.º 3

ELASTICIDADES DE PRODUCCIÓN

	IVIE			DELGADO Y ÁLVAREZ		
	Modelo 1 (a)	Modelo 2 (b)	Modelo 3 (c)	Modelo 1 (a)	Modelo 2 (b)	Modelo 3 (c)
K.....	0,49 (9,1)	0,11 (2,5)	0,07 (1,5)	0,59 (13,5)	0,11 (2,9)	0,07 (1,6)
L.....	0,27 (5,0)	0,43 (7,0)	0,50 (10,4)	0,26 (5,2)	0,40 (7,3)	0,50 (11,0)
G.....	0,21 (7,4)	0,007 (0,2)	0,0001 (0,1)	0,20 (4,7)	0,11 (3,1)	0,07 (2,5)
t.....			0,02 (12,1)			0,02 (12,5)
t ²			-0,0003 (2,6)			-0,0005 (3,1)
R ²	0,997	0,998	0,998	0,996	0,998	0,998

Notas:

Estadístico t entre paréntesis.

(a) Sin cambio técnico.

(b) Cambio técnico recogido con *dummies* temporales.

(c) Cambio técnico recogido con una tendencia.

los modelos donde se rechaza la hipótesis de *RCE*. Éste es el caso de las ecuaciones con cambio técnico (modelos 2 y 3), donde los coeficientes de los tres *inputs* suben de forma importante al imponer *RCE*, ya que se les fuerza a sumar 1, mientras que en los modelos no restringidos su suma es inferior a 0,65. De este modo, se consigue que el coeficiente del capital público del IVIE pase de ser no significativo a ser significativo (10). Por el contrario, en la ecuación sin cambio técnico (modelo

1) el efecto es mínimo, excepto con el índice de infraestructuras, en el que se reduce el valor de la elasticidad del trabajo.

La validez de esta estrategia depende, obviamente, de la existencia de rendimientos constantes a escala. Como se puede ver en el cuadro n.º 3, la única especificación en la que no es posible rechazar la hipótesis de rendimientos constantes a escala es la que no tiene cambio

CUADRO N.º 4

ELASTICIDADES DE PRODUCCIÓN CON RCE

	IVIE			DELGADO Y ÁLVAREZ		
	Modelo 1 (a)	Modelo 2 (b)	Modelo 3 (c)	Modelo 1 (a)	Modelo 2 (b)	Modelo 3 (c)
K.....	0,49 (11,3)	0,26 (5,0)	0,28 (6,6)	0,61 (14,6)	0,21 (4,1)	0,21 (4,9)
L.....	0,29 (10,6)	0,63 (9,7)	0,60 (13,0)	0,20 (7,4)	0,58 (10,6)	0,61 (14,1)
G.....	0,22 (8,3)	0,11 (4,3)	0,12 (5,1)	0,19 (5,8)	0,21 (7,7)	0,18 (7,6)
t			0,02 (11,5)			0,02 (13,5)
t^2			-0,0007 (6,4)			-0,0008 (7,2)
<i>FRCE</i>	0,048	63,03	72,77	1,512	39,39	52,85
R^2	0,997	0,998	0,998	0,996	0,998	0,998

Notas:

Estadístico t entre paréntesis.

(a) Sin cambio técnico.

(b) Cambio técnico recogido con *dummies* temporales.

(c) Cambio técnico recogido con una tendencia.

técnico. No obstante, en este modelo probablemente los coeficientes estimados estén capturando, al menos parcialmente, el efecto del cambio tecnológico a través de su correlación con los dos tipos de capital. Por otra parte, puesto que parece razonable suponer la existencia de cambio técnico, los resultados de los modelos 2 y 3 parecen indicar (con la debida cautela debido a la mencionada correlación) que la tecnología subyacente no se caracteriza por tener RCE. Por lo tanto, la imposición de rendimientos constantes a escala sería incorrecta y se estarían «inflando» los coeficientes del capital, especialmente del privado.

El problema al que se enfrenta el investigador es de difícil solución. Cuando se controla por el cambio técnico, las elasticidades del capital público y privado se reducen drásticamente, llevando incluso al capital público a ser no productivo (11). Por otra parte, la imposición de rendimientos a escala constantes podría sesgar al alza los coeficientes del capital privado y público, siendo éste último el principal objeto de estudio del presente trabajo. Por ello, se ha optado por prescindir del cambio técnico, por lo que su efecto se repartirá entre los coeficientes de los *inputs* en función de su correlación con la tendencia.

Además del problema de identificación del cambio técnico, es preciso abordar otros problemas de especificación. Así, debe controlarse el efecto del ciclo económico, por lo que, siguiendo a Ratner (1983) y Aschauer (1989), se va a corregir el *stock* de capital privado por la tasa de utilización de la capacidad productiva (*CU*).

Asimismo, hay que tener en cuenta que la productividad del capital público no es independiente de las características de los territorios. Los servicios que ofrece el capital público dependen de la superficie, la densidad de población, la orografía, el clima o la estructura de la actividad productiva. Por lo tanto, para evaluar correctamente el papel que juega el capital público es preciso controlar por esa *heterogeneidad* espacial. Dado que la mayor parte de ésta es *invariante* en el tiempo (superficie, orografía,...) su influencia se suele recoger en los efectos individuales (12). Por su parte, otras características regionales variantes en el tiempo se pueden modelizar añadiendo variables de control. Así, por ejemplo, numerosos trabajos han puesto de manifiesto la importancia de la dotación de capital humano como fuente del crecimiento económico. Con el objeto de controlar por diferencias de capital humano entre regiones, se incluye en la función de producción, como un factor explicativo adicional, un índice de capital humano (*H*), definido como el porcentaje de ocupados con al menos estudios medios, procedente del trabajo del IVIE *Capital humano, series históricas 1964-2001* (13).

Por otra parte, la agregación del *output* no permite modelizar las diferencias existentes en la estructura productiva de las comunidades autónomas. Por tanto, se propone usar un índice de especialización productiva (*IE*) que, basándose en un índice de Herfindahl, se define como el sumatorio de las diferencias al cuadrado del peso relativo del valor añadido bruto en cada sector en una región, respecto al peso del valor añadido bruto de ese mismo sector sobre el total nacional. Esto es:

$$IE_i = \sum_{j=1}^5 \left(\frac{VAB_{ji}}{VAB_i} - \frac{VAB_{jN}}{VAB_N} \right)^2 \quad [3]$$

donde j es un subíndice de sector (agricultura, industria, energía, construcción y servicios); i representa la comunidad autónoma, y N indica que el valor se refiere a toda España.

Por otra parte, el capital público instalado en una región produce externalidades positivas a las empresas instaladas en otras regiones. Este efecto desbordamiento parece explicar el hecho de que el nivel de desagregación geográfica influya negativamente en el valor de las elasticidades estimadas. Así, las estimaciones con datos agregados a escala nacional se sitúan entre 0,2 y 0,6, mientras que cuando se usan datos regionales los coeficientes se reducen sensiblemente (Munnell, 1990; García-Milá y McGuire, 1992). En este sentido, Goerlich y Mas (1998), usando datos de las provincias españolas, encuentran una elasticidad para el capital público (0,02) mucho más baja que otros trabajos similares que usan datos de CC.AA. (ver cuadro n.º 1).

Una práctica habitual para modelizar este efecto desbordamiento consiste en añadir al capital público de la región el de las regiones colindantes. En este caso, la variable de capital público ampliada para la región i se construye como:

$$GA_i = G_i + \sum_{r=1}^{N_r} G_r \quad [4]$$

donde GA indica el stock de capital público de una región incluyendo el de las adyacentes, G_r es el capital público de una región adyacente y N_r es el número de regiones adyacentes. Esta modelización del efecto desbordamiento ha sido aplicada para el caso español en Mas *et al.* (1994, 1996).

Sin embargo, la simple adición del stock de las regiones limítrofes al de la propia región puede ser problemática, ya que las regiones colindantes reciben el mismo tratamiento que la propia. De hecho, esta forma de construir GA impone que la productividad marginal de una unidad adicional de capital público en la región considerada es la misma que la de una unidad en las adyacentes.

$$\frac{\partial Y_i}{\partial G_i} = \gamma \frac{Y_i}{GA_i} = \frac{\partial Y_i}{\partial G_r} \quad [5]$$

Por otra parte, la ecuación [4] ignora el efecto que potencialmente puede tener el stock de capital de otras regiones no adyacentes, pero que, por su cercanía o por las relaciones comerciales que mantienen con la propia región, deberían tenerse en cuenta. Por lo tanto, parece más apropiado realizar algún tipo de ponderación a la hora de tener en cuenta el stock de capital de otras regiones, sean adyacentes o no. En concreto, se propone usar dos tipos de ponderaciones: por la distancia y por los flujos comerciales entre las comunidades autónomas.

Para considerar la influencia negativa de la separación geográfica, las ponderaciones empleadas están inversamente relacionadas con la distancia que separa las capitales de las distintas comunidades autónomas. En este caso, la variable ampliada de capital público para la región i se construye como sigue:

$$GD_i = G_i + \sum_{r=1}^{N-1} \exp(-D_{ir}) \cdot G_r \quad [6]$$

donde D_{ir} es la distancia entre la región r y la región analizada i , y N es el número total de regiones (14). Esta medida supone que el efecto desbordamiento del capital público decrece con la distancia.

Finalmente, se supone que el efecto desbordamiento se transmite a través de los flujos comerciales que mantienen entre sí las distintas regiones, de tal forma que la ponderación recibida por las regiones debe estar directamente relacionada con la magnitud de los flujos interregionales. Utilizando información sobre el tráfico interregional de mercancías por carretera (15), la variable de capital público con efecto desbordamiento se ha construido de la forma siguiente:

$$GT_i = G_i + \sum_{r=1}^{N-1} \left(\frac{TMC_{ir}}{TMC_i} \right) \cdot G_r \quad [7]$$

donde TMC_i es el tráfico de mercancías por carretera dentro de la región i , y TMC_{ir} es el tráfico entre dicha región y la región r . Gil *et al.* (1997) utilizan este tipo de ponderaciones para modelizar el efecto desbordamiento.

IV. ESTIMACIÓN Y RESULTADOS

En el modelo empírico final se usa el stock de capital privado efectivo ($K \times CU$), el trabajo, el stock de capital público y se incluyen el índice de capital humano (H) y el índice de especialización productiva (IE) descritos anteriormente. Por tanto, el modelo a estimar en la

CUADRO N.º 5

ESTIMACIONES DEL MODELO COMPLETO

	SIN EFECTO DESBORDAMIENTO		CON EFECTO DESBORDAMIENTO (DATOS IVIE)		
	Modelo 4A (a)	Modelo 4B (b)	Modelo 5 (c)	Modelo 6 (d)	Modelo 7 (e)
$K \times CU$	0,181 (4,4)	0,118 (2,9)	0,145 (3,4)	0,08 (1,9)	0,141 (3,2)
L	0,479 (9,7)	0,513 (11,0)	0,476 (9,7)	0,502 (10,9)	0,488 (10,0)
H	0,234 (12,7)	0,248 (17,2)	0,213 (10,4)	0,182 (9,2)	0,218 (10,8)
IE	0,024 (3,0)	0,025 (3,4)	0,024 (3,1)	0,031 (4,1)	0,023 (3,0)
G	0,087 (3,6)	0,143 (6,1)			
GA			0,145 (4,3)		
GD				0,221 (6,6)	
GT					0,133 (4,0)
R^2	0,999	0,998	0,999	0,999	0,999

Notas:

Estadístico t entre paréntesis.

(a) Capital público del IVIE.

(b) Capital público de Delgado y Álvarez.

(c) Capital público únicamente de las regiones colindantes.

(d) Capital público ponderado «inversamente» por la distancia.

(e) Capital público ponderado por los flujos comerciales.

aplicación empírica es la siguiente función de producción Cobb-Douglas:

$$\ln Y_{it} = \alpha_i + \alpha \ln(K \cdot CU)_{it} + \beta \ln L_{it} + \theta \ln H_{it} + \delta \ln IE_{it} + \gamma \ln Z_{it} + \varepsilon_{it} \quad [8]$$

donde Z es igual a G , si no se considera el efecto desbordamiento, e igual a GA , GD o GT cuando éste se modeliza con las variables definidas anteriormente. Se supone que la perturbación aleatoria se distribuye con media cero y varianza constante (16).

En el cuadro n.º 5 se presentan los resultados de estimar la función de producción [8] usando distintas especificaciones del capital público. Los modelos fueron estimados usando el estimador intragrupos (17). El modelo 4 no considera el efecto desbordamiento, mientras que los otros tres construyen el *stock* de capital público de cada región sumando: a) el capital público de las regiones adyacentes; b) el capital público del resto de las regiones ponderado inversamente por la distancia, y c) el capital público del resto de las regiones ponderado por los flujos de comercio interregionales. Todos los modelos se estiman excluyendo las comunidades insulares y utilizando la serie de capital público del IVIE, a

excepción del modelo 4, en el que se presenta también la estimación con la serie de Delgado y Álvarez.

Hay que destacar que todos los coeficientes son estadísticamente significativos. Asimismo, es preciso resaltar que las series del IVIE y de Delgado y Álvarez no producen estimaciones muy distintas entre sí, razón por la cual el análisis del efecto desbordamiento que se presenta en los párrafos siguientes se realiza únicamente con los datos del IVIE. Varios resultados son comunes a todos los modelos. En primer lugar, los coeficientes son relativamente estables, sobre todo los de trabajo, capital humano e índice de especialización. En segundo lugar, destaca el tamaño y el signo positivo del coeficiente de capital humano, lo cual indica que la productividad de los trabajadores más cualificados (o con más estudios) es significativamente superior a la de los trabajadores menos cualificados. En tercer lugar, las elasticidades estimadas del capital privado y del trabajo son razonables dada la participación observada de ambos factores productivos en la renta nacional.

Respecto al índice de especialización, la significatividad del parámetro que acompaña a dicha variable parece indicar la existencia de heterogeneidad interregional variante en el tiempo. En concreto, el valor positivo

CUADRO N.º 6

PRODUCTIVIDAD MARGINAL DE LAS INFRAESTRUCTURAS

	Modelo 4A (a)	Modelo 5 (b)	Modelo 6 (c)	Modelo 7 (d)
Andalucía	0,262	0,255	0,628	0,222
Aragón	0,199	0,036	0,308	0,164
Asturias	0,236	0,071	0,460	0,083
Cantabria	0,293	0,034	0,185	0,054
Castilla-La Mancha.....	0,194	0,032	0,290	0,089
Castilla y León	0,212	0,062	0,467	0,142
Cataluña.....	0,392	0,326	0,921	0,353
Extremadura	0,190	0,028	0,308	0,050
Galicia	0,307	0,162	0,706	0,145
La Rioja	0,186	0,019	0,126	0,029
Madrid	0,540	0,324	1,133	0,335
Murcia.....	0,357	0,038	0,401	0,061
Navarra.....	0,235	0,053	0,249	0,035
País Vasco	0,317	0,113	0,628	0,170
Comunidad Valenciana	0,336	0,136	0,691	0,258

Notas:

(a) Capital público del IVIE.

(b) Capital público únicamente de las regiones colindantes.

(c) Capital público ponderado «inversamente» por la distancia.

(d) Capital público ponderado por los flujos comerciales.

estimado indica que, *ceteris paribus*, a mayor especialización mayor productividad. Este resultado constituye una evidencia en favor de la existencia de economías externas intrasectoriales o, más concretamente, de la mayor importancia de tales economías respecto a las intersectoriales.

Asimismo, en todos los modelos con efecto desbordamiento se aprecia que el coeficiente del capital público es superior al que se obtiene cuando se ignora el capital de otras regiones. Este resultado se suele interpretar en la literatura como una confirmación de que el capital público genera externalidades espaciales. La magnitud estimada del efecto desbordamiento varía notablemente según la forma que se haya empleado para ampliar la variable de capital público con el *stock* de capital de otras regiones. Así, por ejemplo, el coeficiente estimado para el capital público ponderando el capital de otras regiones inversamente por la distancia es prácticamente el doble que el obtenido cuando únicamente se tiene en cuenta el capital público de las regiones colindantes. Este resultado parece indicar que la práctica habitual de agregar al capital público de cada región el capital público únicamente de las regiones colindantes tiende a *subestimar* la importancia de los efectos externos interregionales, y, por consiguiente, el efecto que globalmente tiene el capital público sobre la producción de todas las comunidades (18).

Sin embargo, la evidencia obtenida a favor de la existencia de efectos desbordamiento en términos de dife-

rencias entre elasticidades no implica necesariamente un aumento de la productividad marginal local del capital público. En efecto, a partir de las estimaciones de la función de producción [8], la contribución de una unidad adicional de capital público en la región *i* a la producción de dicha región se puede calcular de la siguiente forma:

$$PMaG_{it} = \gamma \frac{Y_{it}}{Z_{it}} \quad [9]$$

Dado un valor estimado para el parámetro del capital público (γ), la productividad calculada utilizando la expresión [9] tomará un valor diferente para cada región dependiendo del producto medio del capital público (Y_i/Z_i). En el cuadro n.º 6 se presenta la productividad marginal del capital público de cada una de las CC. AA. obtenida con las cuatro especificaciones del capital público. Las productividades más elevadas corresponden en los cuatro modelos a Madrid y Cataluña, mientras que la comunidad autónoma con menor productividad es La Rioja. En general, los resultados del cuadro n.º 6 parecen indicar que las infraestructuras son más productivas en regiones más desarrolladas que en regiones con un menor grado de desarrollo.

Por otra parte, la productividad marginal del capital público aumenta cuando se utiliza la distancia como forma de ponderar el capital público de otras regiones (modelo 6), pero disminuye cuando sólo se considera el capital público de las regiones adyacentes (modelo 5) o se

CUADRO N.º 7

DESCOMPOSICIÓN DE LA RATIO ENTRE LAS PRODUCTIVIDADES MARGINALES DE LAS INFRAESTRUCTURAS

	PMaG (CON ED) / PMaG (SIN ED)			EFECTO DESPLAZAMIENTO			EFECTO DE ESCALA		
	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7
Andalucía	0,97	2,40	0,85	1,65	2,53	1,52	0,59	0,95	0,56
Aragón	0,18	1,55	0,82	1,65	2,53	1,52	0,11	0,61	0,54
Asturias	0,30	1,95	0,35	1,65	2,53	1,52	0,18	0,77	0,23
Cantabria	0,12	0,64	0,19	1,65	2,53	1,52	0,07	0,25	0,12
Castilla - La Mancha	0,17	1,50	0,46	1,65	2,53	1,52	0,10	0,59	0,30
Castilla y León	0,29	2,20	0,67	1,65	2,53	1,52	0,18	0,87	0,44
Cataluña	0,83	2,35	0,90	1,65	2,53	1,52	0,50	0,93	0,59
Extremadura	0,15	1,62	0,27	1,65	2,53	1,52	0,09	0,64	0,18
Galicia	0,53	2,30	0,48	1,65	2,53	1,52	0,32	0,91	0,31
La Rioja	0,10	0,68	0,16	1,65	2,53	1,52	0,06	0,27	0,10
Madrid	0,60	2,10	0,62	1,65	2,53	1,52	0,36	0,83	0,41
Murcia	0,11	1,13	0,17	1,65	2,53	1,52	0,07	0,45	0,12
Navarra	0,23	1,06	0,15	1,65	2,53	1,52	0,14	0,42	0,10
País Vasco	0,35	1,98	0,53	1,65	2,53	1,52	0,21	0,78	0,35
Comunidad Valenciana	0,41	2,06	0,77	1,65	2,53	1,52	0,25	0,82	0,51

utiliza como ponderación el flujo de mercancías por carretera (modelo 7). Por tanto, si se usan las productividades marginales en vez de las elasticidades, el efecto desbordamiento deja de ser siempre positivo. ¿Qué se puede deber que disminuya la productividad a pesar de que el γ estimado aumenta?

La razón se encuentra en que las diferencias de productividad se deben tanto a un efecto desplazamiento (de signo positivo, ya que el aumento en γ tiende a aumentar la productividad) como a un efecto de escala (de signo negativo, dado que la relación producción-capital público se reduce al añadir capital de otras regiones). Gráficamente, el primer efecto sería equivalente a un desplazamiento hacia arriba de la curva de producto marginal, mientras que el efecto de escala sería equivalente a un movimiento a lo largo de la misma. Ambos efectos pueden expresarse en términos matemáticos de la forma siguiente:

$$\frac{P\hat{M}aG_{it}}{P\tilde{M}aG_{it}} = \frac{\hat{\gamma} \frac{Y_i}{Z_i}}{\tilde{\gamma} \frac{Y_i}{G_i}} = \underbrace{\frac{\hat{\gamma}/\tilde{\gamma}}{\text{efecto desplazamiento}}}_{\text{efecto desplazamiento}} \cdot \underbrace{\frac{G_i/Z_i}{\text{efecto de escala}}}_{\text{efecto de escala}} \quad [10]$$

donde « $\hat{\gamma}$ » y « $\tilde{\gamma}$ » hacen referencia respectivamente a valores estimados en modelos con y sin efecto desbordamiento. Mientras que el efecto desplazamiento toma valores mayores que la unidad, el efecto de escala será siempre menor que uno. De acuerdo con la expresión [10], la productividad del capital público estimada en un modelo con efecto desbordamiento puede disminuir

(véase modelos 5 y 7) cuando el efecto de escala esté más alejado de la unidad que el efecto desplazamiento.

En el cuadro n.º 7 se descompone la ratio entre productividades marginales en sus efectos desplazamiento y de escala para cada una de las CC.AA. El efecto de escala en el modelo 6 triplica o duplica en general al obtenido utilizando los modelos 5 y 7 respectivamente. Esto se debe a que la dotación de capital público que se añade ponderando por la distancia es muy superior que la que aportan las regiones adyacentes o las regiones con las que mantiene relaciones comerciales. Por otra parte, el efecto de escala varía notablemente de unas regiones a otras. Así, en cualquiera de los modelos, el menor efecto de escala se obtiene para las regiones más desarrolladas (Madrid, Cataluña o Valencia). Sin embargo, el efecto de escala, especialmente en el modelo 6, es también bastante reducido en regiones con un menor nivel de desarrollo, como son Andalucía o Galicia.

V. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se estima, utilizando datos de las comunidades autónomas durante el período 1980-1995, una función de producción Cobb-Douglas agregada en la que se incluye una serie de variables, como el capital humano o la especialización productiva regional, cuya influencia en la producción está bien documentada, pero que, salvo en contadas excepciones, no se habían considerado conjuntamente con el capital público. El análisis empírico pone de manifiesto la existencia de importantes problemas econométricos y/o

de especificación. Mientras que algunos pueden ser abordados con mayor o menor éxito (por ejemplo, la heterogeneidad interterritorial, las diferencias en la cualificación del trabajo o los efectos desbordamiento), otros problemas son de más difícil solución (la identificación del cambio técnico o la posible endogeneidad del capital público).

En general, los índices del IVE y de Delgado y Álvarez no producen estimaciones muy distintas entre sí. Así, la elasticidad estimada para el capital público productivo se sitúa entre 0,08 y 0,14. Por otra parte, los resultados parecen indicar que las infraestructuras son más productivas en regiones más desarrolladas que en regiones con un menor grado de desarrollo. Cuando se considera el efecto desbordamiento del capital público, su elasticidad aumenta, pero los resultados son muy sensibles a la forma en la que se modeliza dicho efecto. En este sentido, si el efecto desbordamiento se estudia mirando la productividad marginal del capital público en vez de la elasticidad de producción, en algunos casos se encuentra que, si bien el capital público localizado en una determinada región genera externalidades positivas sobre otras regiones, su productividad marginal en la propia región disminuye.

Por último, una reflexión sobre la especificación del capital público. En todos los modelos señalados, el capital público entra de forma simétrica al resto de los *inputs*, en el sentido de que se introduce en la función de producción como un *input* más. Sin embargo, algunos tipos de capital público (y, especialmente, la mayoría de las infraestructuras) tienen una interesante característica: su *especificidad*. Por ejemplo, una autopista entre Oviedo y León o un tren AVE entre Madrid y Sevilla no pueden construirse dos veces. Ciertamente, el Estado puede hacer otras vías de comunicación en esas provincias, pero su productividad será probablemente menor. Esta característica proviene de la naturaleza de red de algunas de las infraestructuras, y no debería confundirse con la ley de los rendimientos marginales decrecientes. Esto no sucede con el capital privado, puesto que siempre es posible poner una nueva empresa igual a la existente. Este problema de la especificidad del capital público creemos que no está resuelto en la literatura, por lo que pensamos que ésta debe ser una línea de investigación futura importante. En este sentido, Gramlich (1994) opina que «decir simplemente que el capital ha sido productivo en el pasado ... no significa que futuras inversiones serán también productivas. Puede ser muy beneficioso construir una red de autopistas y no serlo el expandir esa red».

NOTAS

(*) Este trabajo se ha beneficiado de los comentarios de Carlos Arias, Ángel De la Fuente y Enrique López-Bazo. Asimismo, agradecemos a M^o Jesús Delgado, Javier García y Manuel Hernández su ayuda en la recopilación de fuentes estadísticas.

(1) El análisis de la productividad no agota esta literatura. Otras líneas de investigación se centran en la dotación óptima de capital público (GONZÁLEZ-PÁRAMO, 1995) o en el efecto del capital público sobre las disparidades regionales de renta (DE LA FUENTE y VIVES, 1995).

(2) Es importante aclarar que el cuadro no resume todo el contenido empírico de estos trabajos, ya que todos estiman varios modelos usando diferentes especificaciones, medidas del capital público o métodos de estimación. Por tanto, se han seleccionado los resultados más comparables entre sí.

(3) Como se señala en el siguiente apartado, otros factores que pueden influir en la disparidad de resultados son las variables de control incluidas, la especificación del modelo, la calidad del factor trabajo, la medición de los efectos externos del capital público, el período muestral, etcétera.

(4) Un argumento a favor del *stock* en unidades físicas es que, de este modo se corrige el posible inconveniente de que una carretera construida en un terreno montañoso sea más cara que una similar construida en una zona llana, por lo que los datos de capital en términos monetarios reflejarían que existe una mayor dotación de carreteras en la zona montañoso, cuando en realidad no es así. Sin embargo, también se puede argumentar que el efecto sobre la producción de una misma cantidad física de kilómetros de autopista puede ser mayor en una región montañoso que en una llana.

(5) Algunos trabajos (GARCÍA-MILÁ *et al.*, 1996) dividen el capital público productivo en varias partidas para estudiar la productividad de sus distintos componentes.

(6) De hecho, si se divide la serie de capital público productivo del IVE por el producto de la población y la superficie, los *ranking* son mucho más parecidos.

(7) Este estimador consiste en estimar por mínimos cuadrados sobre una transformación de las variables a las que se les ha restado su media individual.

(8) DE LA FUENTE (1996) señala que, en condiciones de competencia perfecta y rendimientos constantes a escala, sería de esperar que la elasticidad del trabajo esté entre 0,6 y 0,7, y la del capital entre 0,3 y 0,4.

(9) Aunque la correlación temporal existente entre los dos tipos de capital es también muy alta, no impide la identificación del efecto del capital privado y público, puesto que se dispone de información transversal relevante.

(10) En el cuadro n.º 1 se puede observar que los trabajos que han estimado una elasticidad del capital público superior a 0,10 han impuesto RCE (a excepción del de DELGADO y ÁLVAREZ, que usa una definición de capital público distinta).

(11) Este resultado no parece muy sensato, dado que, como señala DE LA FUENTE (1996), «parece bastante descabellado suponer que el producto nacional sería el mismo en España sin carreteras, puentes, pueros ni embalses».

(12) Algunos trabajos (DABÁN y MURGUI, 1997; FREIRE y ALONSO, 2002), incluyen la superficie como una variable explicativa adicional. En concreto, DABÁN y MURGUI (1997) dividen el *stock* de capital público por la superficie de la región, argumentando que «es lógico esperar que el impacto del capital público productivo esté condicionado por la extensión del territorio en el que debe dar servicio». Sin embargo, en un modelo de efectos fijos, dividir por la superficie no tiene consecuencias sobre la productividad estimada del capital, puesto que la superficie es invariante en el tiempo y su efecto queda recogido en el efecto fijo.

(13) Otros trabajos que incluyen un índice de capital humano en la función de producción son los de GARCÍA-MILÁ y MCGUIRE (1992), DABÁN y MURGUI (1997) y GOROSTIAGA (1999).

(14) La distancia entre dos regiones se expresa en términos relativos a la distancia media de todas las regiones respecto a Madrid.

(15) Dado que la Encuesta Nacional del Transporte de Mercancías por Carretera (MTTC, 1989) no existe para todos los años, se ha usado la media de los años 1986 y 1995.

(16) No se incluyen modelos con cambio técnico neutral porque, como ocurría en el cuadro n.º 4, la mayoría de los coeficientes dejaban de ser significativos al incluir una tendencia o efectos temporales.

(17) En este trabajo no se han considerado dos posibles problemas de estimación. El primero es la endogeneidad del capital público. Algunos trabajos sugieren que la dirección de causalidad puede ir del *output* hacia el capital público, en el sentido de que la inversión en capital depende del nivel de actividad. Sin embargo, también es posible que el capital público se utilice como herramienta redistributiva de la renta, por lo que, en este caso, las zonas con menor actividad (renta) registrarían mayores aumentos en su dotación de capital público. El segundo es la no estacionariedad de las series temporales. Algunos autores señalan que los resultados obtenidos en este tipo de estudios pueden ser espurios, en el sentido de que se deben a la tendencia común que tienen las variables. Por tanto, dado que las series no son estacionarias, los modelos se deben estimar en primeras diferencias para eliminar el efecto de la tendencia de las variables. En este caso se suele obtener un efecto del capital público muy pequeño y a veces negativo. Ver MUNNELL (1992) para un comentario sobre ambos problemas.

(18) Por otra parte, la variable *GD* es, por construcción, más homogénea entre regiones que otras variables de capital público ampliadas, lo cual hace que su variabilidad se parezca mucho más a una tendencia (común). Esto puede hacer que recoja en el modelo el efecto del cambio técnico neutral, lo que explicaría también su alto valor.

BIBLIOGRAFÍA

ARGIMÓN, I., y GONZÁLEZ-PARAMO, J. M. (1997), «Efectos de la inversión en infraestructuras sobre la productividad y la renta de las CC.AA.», en E. PÉREZ TOURINO (Director), *Infraestructuras y desarrollo regional: efectos económicos de la autopista del Atlántico*, Civitas.

ASCHAUER, D.A. (1989), «Is public expenditure productive?», *Journal of Monetary Economics*, 23(2): 177-200.

AVILÉS, A.; GÓMEZ, R., y SÁNCHEZ, J. (2001), «The effects of public infrastructure on the cost structure of Spanish industries», *Spanish Economic Review*, 3: 131-150.

BOSCÁ, J. E.; DABÁN, T., y ESCRIBÁ, J. (1999), «Capital privado e infraestructuras en la producción industrial regional», *Revista de Economía Aplicada*, vol. VII, 21: 61-94.

CANTOS, P.; GUMBAU-ALBERT, M., y MAUDOS, J. (2002), «Transport infrastructure and regional growth: Evidence of the Spanish case», *WP-EC 2002-27*, IVE.

CORDERO, G., y GAYOSO, A. (1996), *El comportamiento de las economías regionales en tres ciclos de la economía española: primera explotación de una serie (1980-1995) del VAB regional a precios constantes*, Dirección de Análisis y Programación Presupuestaria, Ministerio de Economía y Hacienda, Madrid.

DABÁN, M.T., y MURGUI, M.J. (1997) «Convergencia y rendimientos a escala en las regiones españolas: La base de datos BD.MORES», *Información Comercial Española*, 762: 66-86.

DE LA FUENTE, A. (1996), «Infraestructuras y productividad: Un panorama de la evidencia empírica», *Información Comercial Española*, 757: 25-41.

— (2000), «Infrastructure and productivity: A survey», *Instituto de Análisis Económico*, Barcelona (mimeo).

DE LA FUENTE, A., y VIVES, X. (1995), «Infrastructure and education as instruments of regional policy: evidence from Spain», *Economic Policy*, 20: 13-51.

DELGADO, M. J., y ÁLVAREZ, I. (2000), «Las infraestructuras productivas en España: Estimación del stock en unidades físicas y análisis de su impacto en la producción privada regional», *Revista Asturiana de Economía*, 19: 155-180.

DRAPER, M., y HERCE, J. A. (1994), «Infraestructuras y crecimiento: Un panorama», *Revista de Economía Aplicada*, vol. II (6): 129-168.

FREIRE, M.J., y ALONSO, J. (2002), «Infraestructuras públicas y desarrollo económico de Galicia», en A. DE LA FUENTE, M.J. FREIRE y J. ALONSO, *Infraestructuras y desarrollo regional*, Doc. de Economía 15, Fundación CaixaGalicia.

FUNDACIÓN BBVA (1998), *El stock de capital en la economía española y su distribución territorial*, Bilbao.

GARCÍA-FONTES, W., y SERRA, D. (1994), «Capital público, infraestructuras y crecimiento», en J.M. ESTEBAN y X. VIVES, *Crecimiento y convergencia regional en España y Europa*, vol. II. Instituto de Análisis Económico (CSIC).

GARCÍA-MILÁ, T., y MCGUIRE, T. (1992), «The contribution of public provided inputs to state's economies», *Regional Science and Urban Economics*, 22(2): 229-241.

GARCÍA-MILÁ, T.; MCGUIRE, T., y PORTER, R.H. (1996), «The effect of public capital in state-level production functions», *Review of Economics and Statistics*, 78(1): 177-180.

GIL, C.; PASCUAL, P., y RAPÚN, M. (1997), «Evaluación del impacto de las infraestructuras en los costes de las regiones españolas», *Cuadernos Aragoneses de Economía*, 7(2): 361-381.

GONZÁLEZ-PARAMO, J. M. (1995), «Infraestructuras, productividad y bienestar», *Investigaciones Económicas*, vol. XIX (1): 155-168.

GOERLICH, F.J., y MAS, M. (1998), *La evolución económica de las provincias españolas (1955-1998)*, vol. I, Fundación BBVA.

GOROSTIAGA, A. (1999), «¿Cómo afectan el capital público y el capital humano al crecimiento? Un análisis para las regiones españolas en el marco neoclásico», *Investigaciones Económicas*, vol. XXIII (1): 95-114.

GRAMLICH, E.M. (1994), «Infrastructure investment: A review essay», *Journal of Economic Literature*, 32: 1176-1196.

MAS, M.; MAUDOS, J.; PÉREZ, F., y URIEL, E. (1993), «Competitividad, productividad industrial y dotaciones de capital público», *PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA*, 56: 144-160.

— (1994), «Capital público y productividad en las regiones españolas», *Moneda y Crédito*, 198: 163-206.

— (1996), «Infrastructures and productivity in the Spanish regions», *Regional Studies*, vol. 30 (7): 641-649

MAS, M.; PÉREZ, F.; SERRANO, L.; SOLER, A., y URIEL, E. (2000), *Capital humano, series históricas 1964-2001*, BanCaja, Valencia.

MINISTERIO DE TRANSPORTES, TURISMO Y COMUNICACIONES –MTTC– (1989), *III Encuesta Nacional del Transporte de mercancías por carretera*, Centro de Publicaciones, Madrid.

MORENO, R.; ARTIS, M.; LÓPEZ-BAZO, E., y SURINACH, J. (1997), «Evidence on the complex link between infrastructures and regional development», *International Journal of Development Planning Literature*, 20: 81-108.

MORENO, R.; LÓPEZ-BAZO, E., y ARTIS, M. (2002), «Public infrastructure and the performance of manufacturing industries: short and long-run effects», *Regional Science and Urban Economics*, 32: 97-121.

MUNNELL, A. (1990), «How does public infrastructure affect regional economic performance?», *New England Economic Review*, septiembre/octubre: 11-32.

— (1992), «Infrastructure investment and productivity growth», *Journal of Economic Perspectives*, 6(4): 189-198.

PEDRAJA, F.; RAMAJO, J., y SALINAS, J. (1999), «Eficiencia productiva del sector industrial español: un análisis espacial y sectorial», *PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA*, 80: 51-67.

PÉREZ, F., y SERRANO, L. (1998), *Capital humano, crecimiento económico y desarrollo regional en España (1964-1997)*, Ed. Fundación BanCaja, 1-224.

RATNER, J. (1983), «Government capital and the production function for us private output», *Economics Letters*, 13: 213-217.

SERRANO, L. (1997), «Productividad y capital humano en la economía española», *Moneda y Crédito*, 205: 79-101.

— (1999), «Capital humano, estructura sectorial y crecimiento en las regiones españolas», *Investigaciones Económicas*, vol. XXIII (2): 225-249.