

V ENCUENTRO DE ECONOMÍA PÚBLICA

Valencia, 5,6 Y 7 febrero de 1.998

CAPITAL PÚBLICO, PRODUCTIVIDAD REGIONAL Y EFECTOS DESBORDAMIENTO

Carlos Gil Canaleta, Pedro Pascual Arzoz, Manuel Rapún Gárate

Departamento de Economía

Universidad Pública de Navarra

Resumen

En este trabajo se analiza el impacto de las infraestructuras sobre la actividad productiva de las regiones españolas. Utilizamos el enfoque de la dualidad, estimando, a partir de un panel de datos, funciones de producción, de costes y de beneficios regionales para los tres grandes sectores de la economía en el periodo 1964-1991. Incluimos el capital público como un factor productivo no remunerado, utilizando dos variables distintas con el fin de comprobar si los distintos tipos de capital público afectan de forma desigual a los costes. Los resultados indican que las infraestructuras reducen de forma apreciable los costes y aumentan la productividad total de los factores privados. Finalmente, para el caso de las infraestructuras de transporte, se estudia la existencia de efectos desbordamiento. Las estimaciones sugieren que dichos efectos son relevantes, lo que puede tener importantes implicaciones para la política pública de infraestructuras.

Clasificación JEL: H54, H70, O47, R11

Palabras clave: Infraestructura, teoría de la dualidad, funciones de costes, de producción y de beneficios regionales, modelo de panel, efecto desbordamiento

Dirección de contacto:

Pedro Pascual. Departamento de Economía. UPNA. Campus de Arrosadía s/nº.

Tfno: 948-169361. Fax: 948-169721. e-mail: ppascual@upna.es

1. Introducción

Durante la última década se han realizado numerosos estudios acerca de la incidencia del capital público sobre el desarrollo económico. Sin embargo, la posibilidad de que la dotación de capital público pudiera formar parte de las variables significativas en la función de producción del sector privado ya había sido tenido en cuenta por Arrow y Kurz (1970) o Grossman y Lucas (1974), y contrastado por Mera (1973) para las regiones japonesas y Ratner (1983) para USA. El argumento fundamental en el que se apoya la inclusión del capital público en la función de producción es que este aumenta la productividad de los factores privados, y que ambas formas de capital son complementarias, por lo que el aumento en la inversión pública genera productividades marginales superiores para el capital privado y por tanto incentiva la inversión privada.

Entre los hechos que han motivado el renovado interés de los economistas por el capital público podemos señalar los siguientes. Por un lado, los estudios de Aschauer (1989) y Munnell (1990a,b) estiman funciones de producción en las que la elasticidad del producto con respecto al capital público es sorprendentemente alta. La posibilidad de que el descenso en el ritmo de crecimiento de la productividad de los factores privados, observada desde inicios de los años 70, se debiera en parte a la reducción de las tasas de inversión en capital público parecía ser cierta.

Por otro lado, la creciente preocupación por el desarrollo regional, impulsado por la formación de la Unión Europea y el avance en los procesos de integración que en ella se producen, han generado un importante número de trabajos que analizan la dotación de capital público y su influencia sobre el nivel de desarrollo nacional o regional. Un estudio de gran difusión en el ámbito europeo fue el elaborado por Biehl *et al* (1986).

Sin embargo, el conocido “efecto Aschauer” ha sido puesto en duda, al menos en la magnitud de la elasticidad estimada, por numerosos estudios posteriores. Los problemas econométricos que pueden afectar a estos primeros resultados, como la causación inversa, la posible existencia de variables omitidas correlacionadas con la inversión pública, o la existencia de tendencias en las series estimadas, han hecho que los investigadores se centren en las estimación con datos de panel, tanto para países como para regiones. Los resultados de Holtz-Eakin (1994), Evans y Karras (1994a,b), García-Milá, McGuire y Porter (1993) muestran cómo las estimaciones con efectos fijos o aleatorios que controlan por la presencia de variables regionales o temporales reducen de forma considerable, y en algunos casos anulan, las elasticidades estimadas¹.

Así mismo, se han utilizado métodos alternativos que tratan de evitar los problemas señalados. La teoría de la dualidad proporciona un modo de enfocar el problema de la optimización del productor y

¹ En Gramlich (1994) se realiza una revisión de la mayor parte de la literatura sobre los efectos de las infraestructuras. En De la Fuente (1996) también se lleva a cabo de todos estos trabajos, con una breve explicación de los problemas econométricos que afectan a los primeros resultados.

recoge los canales por los que se transmiten los efectos del capital público. Bajo esta teoría se pueden especificar funciones de costes o su equivalente, funciones de beneficios. Minimizando costes o maximizando beneficios se puede obtener la demanda óptima de *inputs* variables y fijos, entre los que está el *stock* de capital público en infraestructuras.

Las bases teóricas de esta línea de investigación fueron desarrolladas por Diewert (1986), y aplicadas pioneramente para los Estados USA por Deno (1988), utilizando una función de beneficios. Posteriormente, Lynde y Richmond (1992) estimaron una función de costes para el sector empresarial no financiero de USA encontrando evidencia clara del importante papel que juega el capital público en la productividad del sector privado, al tiempo que la productividad marginal del capital público es positiva.

Por su parte, Berndt y Hansson (1992) comparan los resultados obtenidos de la estimación de funciones de producción equivalentes a las de Aschauer (1989a) y Munnell (1990a) con los obtenidos a partir de una función de costes para Suecia, concluyendo que los modelos de funciones de costes permiten obtener resultados más plausibles. Los resultados de Lynde y Richmond (1993), para el sector manufacturero del Reino Unido, también sugieren que las infraestructuras influyen positivamente en los costes y en la producción. Trabajos más recientes, como los de Nadiri y Mamuneas (1994) para USA y Seitz (1993) para Alemania, estiman funciones de costes a nivel nacional para diversos sectores. Los estudios a nivel regional son más escasos, aunque, como señalan Seitz y Licht (1994), buena parte de las infraestructuras tienen una clara dimensión espacial, por lo que la desagregación regional, o incluso metropolitana, puede ser más conveniente para un estudio de este tipo, si bien se producen efectos *spillovers*. Estos últimos autores han estimado una función de costes a nivel regional para Alemania. También Morrison y Schwartz (1996) estiman una función de costes, en este caso para los estados USA. En general, los resultados obtenidos indican que el capital público produce efectos positivos y significativos sobre la reducción de los costes de producción.

El enfoque de la función de costes o de beneficios presenta varias ventajas frente a la estimación de funciones de producción. Por un lado, recoge aportaciones de la teoría del comportamiento de las empresas, ya que parte de la hipótesis de que estas minimizan sus coste productivos o que maximizan sus beneficios, estimando, junto con la ecuación de costes, las demandas de *inputs*. Esta aproximación alternativa permite también el estudio de los efectos sobre el ahorro de costes que la inversión pública puede tener dado un nivel de producción, y sobre la demanda de los *inputs* privados. Además, este enfoque permite soslayar algunos problemas econométricos presentes en las funciones de producción².

Dos son los objetivos de este trabajo. En primer lugar, evaluar de forma aproximada la incidencia de distintos tipos de infraestructura sobre la producción y los costes de las regiones españolas en los sectores agrícola, industrial y de servicios durante el periodo 1964-1991. Utilizaremos para ello los tres enfoques

² Para un análisis de las ventajas e inconvenientes de cada uno de los planteamientos teóricos se puede consultar Berndt (1991).

comentados: función de producción, función de costes, función de beneficios. La sensibilidad de los resultados frente a la especificación elegida nos informará acerca de su robustez. El segundo objetivo es realizar una primera aproximación a la existencia de efectos desbordamiento en determinados tipos de infraestructuras, específicamente las de transporte. La existencia de estos efectos puede ser una de las causas que expliquen el que las elasticidades estimadas a nivel regional suelen ser mucho menores que las nacionales.

El análisis a nivel regional puede ser apropiado porque muchas de las dotaciones de infraestructuras están estrechamente ligadas al territorio. Adicionalmente, el uso de datos regionales permite enriquecer la muestra, y contrastar si las diferencias de desarrollo de las regiones españolas pueden responder a distintas dotaciones de capital público.

El contenido del trabajo se estructura del siguiente modo. En el apartado dos se describen los modelos que estimaremos. En el apartado tres se presentan los datos utilizados. El apartado siguiente se dedica al análisis de los resultados obtenidos. A continuación, se realiza una aproximación a la existencia de efectos desbordamiento. Por último, se destacan las conclusiones más relevantes del estudio.

2. El modelo

La principal característica de las infraestructuras es que son bienes públicos, por lo que el Estado las proporciona gratuitamente o cobrando un precio reducido por su disfrute. Si las infraestructuras afectan a la productividad de los factores privados, dado un nivel factorial una mayor dotación de infraestructuras aumenta la producción sin aumentar el coste, por lo que la productividad de los factores privados aumenta y el coste por unidad de producto se reduce. En nuestro estudio, como es habitual en la mayoría de los trabajos, prescindiremos de la posibilidad del pago de los servicios prestados por las infraestructuras a través de los impuestos³.

2.1. La función de costes

Si el capital público afecta a la productividad de los factores privados, debemos incluirlo en la función de costes:

$$C=C(Y, w, I, t) \quad [1]$$

siendo C la función de costes dos veces diferenciable; Y , el valor de la producción; w , el vector de precios de los *inputs* privados; I , el *stock* de capital público (infraestructuras). El índice temporal t se incluye para recoger el progreso técnico. Tanto en esta como en las siguientes expresiones prescindimos de los subíndices correspondientes al sector, región y tiempo con el fin de simplificar la notación.

³ La mayoría de los trabajos anteriormente mencionados suponen que las infraestructuras son un factor no remunerado. Este no es un supuesto muy realista, puesto que la infraestructura es financiada mediante una variedad de impuestos, pagos de licencias, peajes, etc. Sin embargo, las infraestructuras pueden ser consideradas como un bien público impuro. En este caso, los impuestos sobre la renta o sobre la producción serán preferidos porque internalizarán el uso excesivo o sobreutilización de las infraestructuras, tal como han demostrado Barro y Sala-i-Martin (1992) con un modelo de crecimiento.

Los costes pueden ser calculados a partir de las cantidades de factores privados empleados y de sus precios:

$$C = CI * p_{CI} + L * p_L + K * p_K$$

siendo CI consumos intermedios; L , factor trabajo; K , capital privado; p_C , p_L , y p_K sus precios respectivos.

En nuestro caso, la ausencia de datos sobre la cantidad y los precios de los consumos intermedios a nivel regional nos obliga a utilizar la siguiente función:

$$C = L * p_L + K * p_K \quad [2]$$

Por tanto, nuestra función de costes es en realidad una función de costes primarios, que no dependerá del valor de la producción, sino del valor añadido: $Y = VA$. Este es el planteamiento realizado por Seitz y Licht (1995)⁴.

La función de producción dual de la función de costes puede expresarse como:

$$Y = f(L, K, I, t) \quad [3]$$

El problema de minimización de costes puede ser escrito como:

$$C = C(Y, p_L, p_K, I, t) = \min (L * p_L + K * p_K)$$

sujeto a $Y = f(L, K, I, t)$

El efecto esperado de las infraestructuras en la función de producción implica que $(Y_i / dI) > 0$. Este efecto también puede verificarse en la función de costes, diferenciando [1] con respecto a I :

$$s_I = - \frac{\partial C(Y, p_L, p_K, I, t)}{\partial I} \quad [4]$$

siendo s_I la reducción en los costes que supone el aumento en una unidad del capital público, o “precio o valor sombra del capital público”. Aplicando *el teorema de la envolvente* (ver, por ejemplo, Chamber 1988) obtenemos la relación existente entre la productividad marginal y el precio sombra:

$$\frac{\partial Y}{\partial I} = \frac{s_I}{\partial C(Y, p_L, p_K, I, t) / \partial Y} \quad [5]$$

De esta forma esperamos que, si el precio sombra del capital público es positivo, las empresas situadas en regiones con mejores dotaciones de infraestructuras tengan una ventaja comparativa en costes

⁴ Morrison y Schwartz (1996) realizan una simplificación similar, incluyendo los productos energéticos pero excluyendo el resto de los consumos intermedios. Los motivos que aluden son dos. En primer lugar, las dificultades para elaborar índices de cantidades y de precios para los estados USA. Las autoras consideran que aunque algunos beneficios de las infraestructuras pueden repercutir en ahorro de consumos intermedios, los datos de los que disponen difícilmente podrían capturar ese efecto. En segundo lugar, señalan que sus intentos de incluir otros consumos intermedios provocan estimaciones mucho más sensibles a la especificación y a la parametrización del modelo.

respecto a las localizadas en las peor dotadas. De esta forma la variable I pueden ser utilizada como un instrumento de la política regional.

Aplicando el *Lema de Shephard* (Chambers, 1988) a la ecuación de costes [1] obtenemos las ecuaciones de demanda de los factores privados. Estas ecuaciones se obtienen bajo el supuesto de que las empresas demandan una combinación de factores capital y trabajo, que minimiza sus costes para cada nivel de precios y *stock* de capital público:

$$L^* = \frac{\mathcal{J}C}{\mathcal{J}p_L}, K^* = \frac{\mathcal{J}C}{\mathcal{J}p_K} \quad [6]$$

Las funciones de demanda dependen por tanto de las mismas variables que la función de costes. La tecnología disponible, el nivel de *output*, el capital público y los precios de los factores determinan la cantidad contratada de cada factor privado. El capital público puede afectar a la estructura de costes de los distintos sectores de dos formas. En primer lugar, una mayor cantidad o calidad de infraestructuras puede reducir los costes por unidad de producto. En segundo lugar, las empresas alterarán sus demandas de factores privados en función de si el capital público es complementario o sustitutivo de los factores privados. Si derivamos las funciones de demanda de los factores privados con respecto a los distintos tipos de capital publico podemos conocer la naturaleza de estas relaciones:

$$e_{L,I} = \frac{\mathcal{J}L^*}{\mathcal{J}I} = \frac{\mathcal{J}^2 C(Y, p_L, p_K, I, t)}{\mathcal{J}p_L \mathcal{J}I}, e_{K,I} = \frac{\mathcal{J}K^*}{\mathcal{J}I} = \frac{\mathcal{J}^2 C(Y, p_L, p_K, I, t)}{\mathcal{J}p_K \mathcal{J}I} \quad [7]$$

Multiplicando por los cocientes I/L e I/K respectivamente obtenemos las correspondientes elasticidades:

$$h_{L,I} = \frac{\mathcal{J}L^*}{\mathcal{J}I} * \frac{I}{L} = e_{L,I} \frac{I}{L}, h_{K,I} = \frac{\mathcal{J}K^*}{\mathcal{J}I} * \frac{I}{K} = e_{K,I} \frac{I}{K} \quad [8]$$

2.2. La función de beneficios

La función de beneficios puede expresarse de la siguiente forma:

$$B = f(L, K, I, t) - C = f(L, K, I, t) - (L * p_L + K * p_K) \quad [9]$$

y para maximizar los beneficios deben cumplirse las siguientes restricciones:

$$\begin{aligned} \frac{\mathcal{J}B}{\mathcal{J}L} = 0 &\Rightarrow \frac{\mathcal{J}f(L, K, I, t)}{\mathcal{J}L} = p_L \\ \frac{\mathcal{J}B}{\mathcal{J}K} = 0 &\Rightarrow \frac{\mathcal{J}f(L, K, I, t)}{\mathcal{J}K} = p_K \end{aligned}$$

lo que implica que las participaciones de los costes salariales y del capital en la producción deben ser iguales a sus elasticidades.

2.3. Las funciones estimadas

Con el fin de limitar la influencia de las restricciones que suelen imponerse a priori, proponemos la estimación de una función de producción flexible, en la que junto con cada variable presentamos sus productos cruzados.

La función de costes debe ser homogénea de grado 1 (es decir, que un incremento en la misma proporción en los precios de los factores privados provoque un incremento igual en el coste total) imponemos esta restricción, por lo que normalizamos los precios de los *inputs* dividiéndolos por el precio del capital y obtenemos la siguiente función:

$$\begin{aligned} \ln\left(\frac{C}{p_K}\right) = & a + \sum_{i=2}^3 a_i D_i + b_Y \ln(Y) + \sum_{i=2}^3 D_i b_{Y,i} \ln(Y) + b_L \ln\left(\frac{p_L}{p_K}\right) + \sum_{i=2}^3 D_i b_{L,i} \ln\left(\frac{p_L}{p_K}\right) + b_I \ln(I) + \\ & \sum_{i=2}^3 D_i b_{I,i} \ln(I) + b_t t + \sum_{i=2}^3 D_i b_{t,i} t + c_{Y,L} \ln(Y) \ln\left(\frac{p_L}{p_K}\right) + \sum_{i=2}^3 D_i c_{Y,L,i} \ln(Y) \ln\left(\frac{p_L}{p_K}\right) + c_{Y,I} \ln(Y) \ln(I) + \\ & \sum_{i=2}^3 D_i c_{Y,I,i} \ln(Y) \ln(I) + c_{Y,t} \ln(Y) t + \sum_{i=2}^3 D_i c_{Y,t,i} \ln(Y) t + c_{L,I} \ln\left(\frac{p_L}{p_K}\right) \ln(I) + \sum_{i=2}^3 D_i c_{L,I,i} \ln\left(\frac{p_L}{p_K}\right) \ln(I) + \\ & c_{L,t} \ln\left(\frac{p_L}{p_K}\right) t + \sum_{i=2}^3 D_i c_{L,t,i} \ln\left(\frac{p_L}{p_K}\right) t + c_{I,t} \ln(I) t + \sum_{i=2}^3 D_i c_{I,t,i} \ln(I) t + \sum_{j=2}^{17} DR_j \end{aligned} \quad [10]$$

siendo D_i las *dummies* sectoriales y D_j las regionales.

Aplicando el *lema de Shephard* a esta ecuación obtenemos la función de la participación de los costes laborales (S_L) en los costes totales:

$$\begin{aligned} S_L = \frac{p_L * L^*}{C} = & b_L + \sum_{i=2}^3 D_i b_{L,i} + c_{Y,L} \ln(Y) + \sum_{i=2}^3 D_i c_{Y,L,i} \ln(Y) + c_{L,I} \ln(I) + \\ & \sum_{i=2}^3 D_i c_{L,I,i} \ln(I) + c_{L,t} t + \sum_{i=2}^3 D_i c_{L,t,i} t \end{aligned} \quad [11]$$

Nótese como en la estimación no se considera la participación del coste del capital porque la suma de las participaciones de los costes de los factores privados es 1.

La función de beneficio estimada es:

$$\begin{aligned} \ln(Y) = & a + \sum_{i=2}^3 a_i D_i + b_K \ln(K) + \sum_{i=2}^3 D_i b_{K,i} \ln(K) + b_L \ln(L) + \sum_{i=2}^3 D_i b_{L,i} \ln(L) + b_I \ln(I) + \\ & \sum_{i=2}^3 D_i b_{I,i} \ln(I) + b_t t + \sum_{i=2}^3 D_i b_{t,i} t + c_{K,L} \ln(K) \ln(L) + \sum_{i=2}^3 D_i c_{K,L,i} \ln(K) \ln(L) + c_{K,I} \ln(K) \ln(I) + \\ & \sum_{i=2}^3 D_i c_{K,I,i} \ln(K) \ln(I) + c_{K,t} \ln(K) t + \sum_{i=2}^3 D_i c_{K,t,i} \ln(K) t + c_{L,I} \ln(L) \ln(I) + \sum_{i=2}^3 D_i c_{L,I,i} \ln(L) \ln(I) + \\ & c_{L,t} \ln(L) t + \sum_{i=2}^3 D_i c_{L,t,i} \ln(L) t + c_{I,t} \ln(I) t + \sum_{i=2}^3 D_i c_{I,t,i} \ln(I) t + \sum_{j=2}^{17} DR_j \end{aligned} \quad [12]$$

sujeto a

$$S_L = \frac{p_L * L^*}{Y} = b_L + \sum_{i=2}^3 D_i b_{L,i} + c_{K,L} \ln(K) + \sum_{i=2}^3 D_i c_{K,L,i} \ln(K) + c_{L,I} \ln(I) + \sum_{i=2}^3 D_i c_{L,I,i} \ln(I) + c_{L,t} t + \sum_{i=2}^3 D_i c_{L,t,i} t \quad [13]$$

$$S_K = \frac{p_K * K^*}{Y} = b_K + \sum_{i=2}^3 D_i b_{K,i} + c_{Y,L} \ln(K) + \sum_{i=2}^3 D_i c_{Y,L,i} \ln(Y) + c_{L,I} \ln(I) + \sum_{i=2}^3 D_i c_{L,I,i} \ln(I) + c_{L,t} t + \sum_{i=2}^3 D_i c_{L,t,i} t \quad [14]$$

La función de producción es similar a la función de beneficio [12] pero sin restricciones y sin las variables temporales, ya que se ha introducido alternativamente el tiempo como efecto fijo u aleatorio.

Las diversas investigaciones sobre la incidencia del capital público sobre la producción o sobre los costes utilizan distintas variables para medir el capital público. En algunos casos, se utiliza el conjunto de las infraestructuras económicas, formado por las infraestructuras de transporte, de comunicaciones, de distribución y recogida de agua, dejando fuera de las estimaciones las sociales: educación y la sanidad. En otros casos se incluyen diversas variables que miden los distintos tipos de capital público. En nuestro caso distinguiremos entre el conjunto de las infraestructuras (*I*), y las infraestructuras de transporte (*IT*)⁵. El motivo de esta distinción es que en estas segundas es posible que cometamos un “error de medida” al incluir en nuestras funciones la dotación de las propias regiones, sin tener en cuenta que forma parte de una red compleja, por lo que las dotaciones de una región pueden afectar al resto de las Comunidades. Si esta afirmación es cierta, el coeficiente estimado estará sesgado hacia cero. Este problema puede ser especialmente importante en las estimaciones regionales, dada la interdependencia de la red de infraestructuras dentro de un país.

3. Los datos

Todos los datos utilizados están referidos al periodo 1964-1991. Los de capital público y privado son los elaborados por el IVIE y publicados por la Fundación BBV. Los datos de VAB regional son bianuales y proceden de las series calculadas por el BBV y recogidas en las sucesivas ediciones de “Renta Nacional de España y su distribución provincial”. Las series de VAB han sido deflactadas aplicando el deflactor sectorial calculado por la misma entidad en sus “Informes Anuales”.

Los datos de empleo y salarios son obtenidos también de la “Renta Nacional de España y su distribución provincial”. La remuneración asalariados ha sido dividida entre el número de asalariados para obtener el coste unitario del trabajo, aunque para el cálculo del coste este salario se ha multiplicado por el

⁵ Hemos realizado también estimaciones para las infraestructuras económicas. Los resultados son muy similares a los obtenidos con las estimaciones para el conjunto del capital público, por lo que hemos optado por presentar únicamente los que presentan diferencias de consideración.

total de empleados en el sector. Los salarios han sido deflactados con el índice de precios del sector correspondiente.

Para el cálculo del coste del capital hemos utilizado el concepto del “coste del uso del capital” desarrollado por Jorgenson (1963)⁶:

$$PK_i = \frac{IPK}{IPS_i} \left(r + d - \frac{\dot{IPK}}{IPK} \right) \quad [15]$$

siendo IPK el índice de precios del capital; IPS_i , el índice de precios del sector; r , el tipo de interés de las obligaciones eléctricas; y d , la tasa de depreciación del capital.

El índice de precios del capital utilizado es el construido para deflactar las series de capital privado productivo por el IVIE. Los tipos de interés han sido obtenidos de los Informes Anuales del Banco de España. Se ha utilizado el tipo de las obligaciones eléctricas por ser el único indicador que se remonta sin interrupciones hasta el primer año de nuestra serie⁷

La tasa de depreciación se ha calculado para cada sector, y es la que se desprende de la construcción de las series del IVIE. Para un año t , y llamando $InvK$ a la inversión realizada en capital privado:

$$d_t = \frac{(K_{t-1} + InvK_t) - K_t}{K_t} \quad [16]$$

Por otra parte, en una función perfectamente especificada deberíamos incluir en vez del *stock* de capital público los servicios que estos prestan a las empresas. Ante la evidente dificultad que representan la estimación de estos últimos, el *stock* es utilizado como variable *proxy*. Es frecuente que el *stock* sea ajustado por alguna variable que nos acerque a la intensidad de su utilización. Argumentos como el que a lo largo de los años el uso de las carreteras por las empresas cambia en función de su nivel de producción, que el índice de escolaridad varia, o que la congestión de algunos servicios puede provocar que su uso por el sector productivo sea menor en ciertas épocas, ha conducido a ajustar estas variables con algún índice, normalmente la razón de utilización del capital.

En nuestro caso, no ajustamos el *stock* de capital con variables que nos aproximen al volumen de la producción. En primer lugar, porque no disponemos de ninguna variable apropiada. Pero también por razones económicas. El ajuste puede provocar la aparición de correlaciones espúreas, y puede pensarse que son las variables que establecen la existencia de rendimientos a escala las que deben recoger el efecto de

⁶ Este es el concepto utilizado por Seitz (1993 y 1994) y Seitz y Licht (1995). Otros autores incluyen en la formula la deducción por inversión y el flujo actualizado de las amortizaciones multiplicado por el tipo impositivo.

⁷ Normalmente se utilizan los tipos de la deuda pública a largo plazo, de los que no disponemos de una serie ininterrumpida. Por otra parte, los tipos de las obligaciones eléctricas pueden recoger mejor que el de la deuda pública la prima de riesgo del sector privado.

aumentos o disminuciones en la producción. De cualquier forma, los estudios que comparan las estimaciones con capital público ajustado y sin ajustar obtienen resultados semejantes⁸.

Una segunda cuestión es la de si estimar funciones de costes medios. Los trabajos empíricos regionales utilizan funciones de costes totales, mientras que en los trabajos nacionales con sectores suelen decantarse por la estimación de costes medios. En general, no se señalan las razones para inclinarse por una u otra especificación. En nuestra opinión, las funciones de costes totales obligan bien a aproximar el uso del capital público que cada sector puede realizar, o bien a estimar una función de costes para cada sector. Las funciones de costes medios no exigen estos ajustes, ya que los costes medios de cualquier sector pueden beneficiarse de forma similar de una mejora en las infraestructuras, por lo que pueden ser más apropiadas para el estudio a nivel nacional. Un problema similar se plantea al intentar decidir si estimamos funciones de producción o de beneficio totales o por empleado.

En los estudios regionales, la estimación de una función de costes medios presenta un problema adicional: el diferente tamaño de las regiones (en el caso español muy marcado) tanto en extensión como en población, lo que puede influir en los resultados. Las regiones de mayor tamaño habrán recibido, obviamente, mayores inversiones públicas, pero esto no quiere decir que su dotación de capital público sea mejor. En este caso tenemos que ponderar de alguna forma las infraestructuras. Pero, ¿cual es la ponderación adecuada? Para ilustrar el problema presentamos en el cuadro siguiente las dotaciones de infraestructuras económicas por regiones divididas entre el capital privado productivo, población y superficie.

Cuadro 1. Indicadores de infraestructuras económicas⁽¹⁾

Región	IE/ capital privado	Posición	IE/ superficie	Posición	IE/ población	Posición
Andalucía	0,15	7	7,88	12	106	15
Aragón	0,16	5	5,03	15	202	4
Asturias	0,15	9	19,61	5	188	5
Baleares	0,12	12	19,52	6	159	8
Canarias	0,21	3	29,57	3	161	7
Cantabria	0,09	16	14,04	10	147	9
C. La Mancha	0,16	6	3,08	16	145	10
C. León	0,17	4	5,18	14	187	6
Cataluña	0,10	14	22,92	4	128	11
Extremadura	0,14	10	3,00	17	113	13
Galicia	0,15	8	11,97	11	128	12
La Rioja	0,26	1	16,76	8	332	1
Madrid	0,08	17	40,30	2	73	17
Murcia	0,10	15	6,67	13	80	16
Navarra	0,24	2	14,46	9	302	2
País Vasco	0,13	11	57,85	1	204	3
Valencia	0,12	13	16,93	7	111	14

(1) Medias del periodo 1964-1991

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del IVIE.

⁸ Los resultados de Nadiri y Mamuneas (1994) apenas varían cuando no se ajusta el stock de capital. Seitz (1994) señala que sus resultados mejoran cuando se ajusta el capital público, aunque las diferencias no parecen ser sustanciales. Morrison y Schwartz (1996) no ajustan, aunque incorporan el capital con un retardo anual.

Consideramos que la comparación de la información transversal, entre regiones, es la principal dificultad a la que nos enfrentamos a la hora de utilizar datos de panel para la estimación de la incidencia de las infraestructuras sobre la función de costes. El problema es todavía más complejo si tenemos en cuenta que el coste de construir algunas infraestructuras, singularmente las carreteras, difiere entre unas regiones y otras. En este caso es probable que los indicadores monetarios utilizados sean menos adecuados que los físicos. Sin embargo, no por ello deja de ser útil el análisis a nivel regional. La evolución comparativa de las dotaciones regionales incorpora una riqueza informativa de la que carecen los datos nacionales.

4. Los resultados

Hemos estimado por máxima verosimilitud (MV) las ecuaciones 10 y 11 como un modelo de regresiones aparentemente no relacionadas con restricciones. Esperamos que las *dummies* regionales puedan aproximarnos al diferente impacto que la misma dotación monetaria de infraestructuras puede tener en las distintas regiones. Los estimadores del sistema formado por la función de beneficio y sus restricciones (ecuaciones [12], [13] y [14]) son también los máximo-verosimiles. Los resultados presentados de la función de producción son los obtenidos en las estimaciones con efectos fijos temporales y regionales⁹.

Los resultados de las seis estimaciones (para cada modelo, una estimación con el capital público total y una segunda con las infraestructuras de transporte) se presentan en los cuadros 1,3 y 5 del anexo. Aunque la variable capital público no es en todos los casos significativa, los test de verosimilitud permiten afirmar que lo es de forma conjunta (cuadro 2 del anexo). También contrastamos que las *dummies* regionales y sectoriales son distintas de cero. Los ajustes de las regresión son satisfactorios teniendo en cuenta que hemos utilizado datos de panel. Hemos verificado que la función de costes cumple las condiciones de regularidad necesarias: es creciente en la producción y cóncava con respecto a los precios de los factores en todos sus puntos.

Los coeficientes de las variables no pueden ser interpretados de forma sencilla en funciones de este tipo, dada la presencia productos cruzados. Por nuestros comentarios se refieren a las elasticidades estimadas para cada caso (en general nos referiremos a las elasticidades medias del periodo 1964-1991).

En el cuadro 2 mostramos las elasticidades medias regionales del coste respecto al capital público por sectores, para el inicio, el final y la media del periodo, y para la estimación con el capital público total. En el cuadro 3 se recogen las elasticidades medias del periodo por regiones y sectores.

En el cuadro 2 podemos ver como la industria y los servicios presentan elasticidades coste/capital público similares, algo más altas en el sector secundario, y mayores que en la agricultura. Las elasticidades

⁹ Los test de las razones de las funciones de verosimilitud y de Hausman indican que estas son las especificaciones preferidas, frente a las alternativas de no incluir efectos fijos o utilizar efectos aleatorios.

estimadas para la industria son similares a las obtenidas por otros autores¹⁰. La menor elasticidad en el sector agrícola puede obedecer a diversas causas: la incidencia de la climatología o la evolución de los precios agrarios, o la mala calidad de las estadísticas agrarias¹¹.

Cuadro 2. Elasticidades coste/capital público⁽¹⁾

	1964		1991		Media	
	CPUB	TRAN	CPUB	TRAN	CPUB	TRAN
Agricultura	-0,064	0,055	-0,192	0,001	-0,13	0,027
Industria	-0,218	-0,089	-0,113	0,009	-0,151	-0,024
Servicios	-0,201	-0,086	-0,071	0,051	-0,127	-0,01

(1) Medias regionales por sectores para los años 1964 y 1991, y para la media del periodo

Fuente: elaboración propia

Cuadro 3. Elasticidades coste/capital público por regiones y sectores⁽¹⁾

Región	Agricultura		Industria		Servicios	
	CPUB	TRAN	CPUB	TRAN	CPUB	TRAN
Andalucía	-0,053	0,0336	-0,049	-0,028	-0,046	-0,018
Aragón	-0,124	0	-0,156	-0,016	-0,14	-0,029
Asturias	-0,156	-0,037	-0,144	-0,102	-0,157	-0,019
Baleares	-0,183	0,0132	-0,257	-0,071	-0,142	-0,01
Canarias	-0,142	-0,023	-0,214	-0,088	-0,127	-0,055
Cantabria	-0,175	0,0681	-0,24	-0,037	-0,2	-0,022
La Mancha	-0,094	0,0883	-0,166	0,0104	-0,147	0,0063
C. León	-0,079	0,0703	-0,104	0,1167	-0,101	0,0579
Cataluña	-0,097	0,0299	0,0412	-0,106	-0,016	-0,042
Extremadura	-0,125	0,0886	-0,26	-0,001	-0,179	0,0038
Galicia	-0,085	-0,028	-0,118	-0,152	-0,105	-0,085
La Rioja	-0,175	-0,045	-0,323	0,0677	-0,25	0,0599
Madrid	-0,184	0,0105	-0,026	-0,074	-0,012	-0,037
Murcia	-0,142	-0,011	-0,216	-0,08	-0,171	-0,056
Navarra	-0,161	0,0168	-0,228	0,0491	-0,202	0,0076
País Vasco	-0,144	0,0745	-0,053	0,0482	-0,098	0,028
Valencia	-0,092	0,1113	-0,05	0,0473	-0,065	0,0429
Media	-0,13	0,0271	-0,151	-0,024	-0,127	-0,01

(1) valores medios del periodo

Fuente: Elaboración propia

Una segunda cuestión a la que podemos responder con el enfoque adoptado se refiere al efecto de una variación de las dotaciones de infraestructura sobre la demanda de factores. Este efecto global está integrado por tres elementos. El primero, al que podríamos denominar *efecto productividad*, procede de la reducción de costes privados por unidad de producto generada como consecuencia del incremento del capital público. Este efecto podemos medirlo con la elasticidad del coste con respecto a las infraestructuras y se encuentra recogido en los cuadros 2 y 3. Para facilitar las comparaciones, hemos repetido este efecto para el modelo 1 en el cuadro 4.

¹⁰ Por ejemplo, Seitz y Licht (1995) estiman para los Länder una elasticidad media de 0,129 utilizando una definición de infraestructuras similar a la más amplia de las nuestras.

¹¹ Es conocido el problema del subempleo agrario en algunas regiones. De hecho, para algunas regiones y algunos años, los costes superan al valor añadido. Otro problema es que las tasas de depreciación del capital privado agrícola son mucho menores que en otros sectores, y presentan una variación entre regiones mucho más alta, lo que incide en el stock de capital privado y en el coste del capital.

El segundo efecto, denominado *participación en los costes totales*, podemos medirlo utilizando las elasticidades de la participación de los costes con respecto al capital público: $(S_i/\ln I)/S_i$, con $i=K,L$. Como podemos observar en los resultados del cuadro 4, el incremento de las infraestructuras provoca un aumento de los costes laborales sobre el total, y por tanto un incremento relativo del trabajo contratado ($ElaS_L/I$). Naturalmente, se produce una reducción de la participación del factor capital ($ElaS_K/I$).

El tercer efecto, al que podríamos llamar *efecto crecimiento*, procede del incremento en la producción como consecuencia de la reducción de los costes. Aplicando el teorema de la envolvente calculamos la productividad marginal de las infraestructuras. Este incremento de la producción provocará aumentos en la demanda de los factores privados. Aunque una medición exacta de este efecto requeriría cálculos complejos, podemos aproximarlos por la elasticidad del producto con respecto al capital público, $ElaY/I$.

Cuadro 4. Elasticidades de las participaciones de los costes laborales y del capital privado respecto al capital público, y del producto con respecto al capital público⁽¹⁾

	$ElaS_L/I$			$ElaS_K/I$			$ElaY/I$		
	1964	1991	media	1964	1991	media	1964	1991	media
Agricul.	0,009	0,011	0,01	-0,089	-0,035	-0,059	0,074	0,222	0,148
Industria	0,011	0,01	0,01	-0,028	-0,041	-0,036	0,247	0,131	0,171
Servicios	0,01	0,009	0,009	-0,045	-0,057	-0,056	0,214	0,082	0,138
	$ElaC/I$			<i>Efecto total L</i>			<i>Efecto total K</i>		
	1964	1991	media	1964	1991	media	1964	1991	media
Agricul.	-0,065	-0,192	-0,13	0,018	0,041	0,028	-0,08	-0,005	-0,041
Industria	-0,218	-0,113	-0,151	0,04	0,028	0,03	0,001	-0,023	-0,016
Servicios	-0,201	-0,071	-0,127	0,023	0,02	0,02	-0,032	-0,046	-0,045

(1) Valores calculados para el modelo 1 (I = capital público total)

$ElaS_L/I$ = Efecto participación del trabajo: $\ln S_L / \ln I$

$ElaS_K/I$ = Efecto participación del capital privado: $\ln S_K / \ln I$

$ElaY/I$ = Efecto crecimiento: $[S / (I/C/Y)] * (I/Y)$

$ElaC/I$ = Efecto coste: $\ln C / \ln I$

Fuente: elaboración propia

La suma de los tres efectos nos indica el impacto de un incremento de las infraestructuras sobre la demanda de factores. Para los tres sectores se observa un aumento en la cantidad de trabajo demandada y una disminución del capital privado.

Las conclusiones anteriores se refuerzan con los resultados de las estimaciones de la función de costes y de la función de beneficio. En el cuadro 5 presentamos las elasticidades medias regionales del valor añadido con respecto al capital público (en el anexo se detallan los resultados por regiones).

Las elasticidades para la función de producción y de beneficios para el sector industrial son mayores que para los otros sectores, y similares a las obtenidas para las regiones españolas por Mas et al. Observamos una cierta caída a lo largo del periodo en los tres modelos, y una reducción sustancial de las elasticidades cuando utilizamos las infraestructuras de transporte, llegando a ser negativas en el caso de la agricultura y servicios. Los resultados de las dos nuevas estimaciones confirman por tanto los obtenidos en la función de costes.

Cuadro 5. Elasticidades de la producción con respecto al capital público, $E_{LaY/I}$

	Función de costes			Función de beneficios			función de producción		
	1964	1991	Media	1964	1991	Media	1964	1991	Media
Capital público									
Agricultura	0,073	0,221	0,148	0,007	-0,007	0,003	0,239	0,312	0,296
Industria	0,247	0,131	0,171	0,209	0,135	0,173	0,233	0,178	0,198
Servicios	0,214	0,082	0,138	0,171	0,049	0,109	0,065	-0,018	0,014
Transporte									
Agricultura	-0,053	0	-0,028	0,002	-0,009	-0,002	-0,045	0,117	0,054
Industria	0,099	-0,006	0,03	0,158	0,02	0,087	0,168	0,122	0,138
Servicios	0,089	-0,054	0,01	0,103	-0,057	0,02	0,096	-0,013	0,031

Fuente: elaboración propia

Existen varias razones que pueden explicar la reducción de los parámetros estimados cuando utilizamos las infraestructuras de transporte. La primera de ellas es que en este tipo de capital público se puede manifestar una mayor disociación entre la medición en términos monetarios y en términos físicos. Un segundo aspecto a considerar es que es en este tipo de dotaciones se presenta con mayor intensidad el carácter de bien público, en el sentido de “no exclusividad en el uso”. Una región con una razón (infraestructuras de transporte / capital privado) baja puede estar en la práctica mucho mejor dotada que una región en la que suceda lo contrario. Un ejemplo de esta situación puede ser la Comunidad de Madrid, la peor dotada de las regiones si nos atenemos a la razón (infraestructuras económicas / capital privado) o (infraestructuras económicas / población), en comparación con las dos Castillas o Extremadura, mucho mejor situadas según estos ratios (cuadro 1). La tercera explicación de las menores elasticidades es que la referencia espacial más adecuada para el caso de las infraestructuras de transporte no sea la regional. Las mejoras en las carreteras de una región pueden afectar a los costes de transporte de las regiones vecinas, por lo que se producen efectos “desbordamiento” que no hemos medido, y sobre los que se realiza un intento de acercamiento en el apartado siguiente.

5. Los efectos desbordamiento en las infraestructuras

La caída de las elasticidades observada cuando se utiliza las infraestructuras de transporte puede estar reflejando la presencia de los conocidos “efectos desbordamiento”, esto es, el aprovechamiento que una región realiza de las externalidades de las redes de infraestructuras de transporte del conjunto de la regiones. En este caso, la variable relevante no es la infraestructura de transporte de una región, sino la del conjunto del territorio. La posibilidad de que las estimaciones regionales no recojan adecuadamente el impacto del capital público por la existencia de estos efectos fue sugerida por Munnell (1990b) al comprobar que la elasticidad estimada para los estados USA era aproximadamente la mitad que la obtenida para todo el país.

Son escasos los estudios que se centran específicamente en el análisis de los efectos desbordamiento. Holtz-Eakin y Schwartz (1995) construyen una función de producción en la que incluyen una variable que mide el *stock* “efectivo” de carreteras y autopistas, que recoge diversas combinaciones de las dotaciones de este tipo de infraestructuras del propio estado y del resto de los estados USA. Sus resultados no son favorables a la existencia de efectos desbordamiento.

Para el caso español, y aunque no es el objetivo central de su trabajo, Mas *et al* (1994) comparan los resultados de funciones de producción en las que únicamente se incluye como *stock* de capital público el propio de la región, con los obtenidos al sumar a este el capital público de las regiones colindantes. Las elasticidades en este segundo caso son mayores, por lo que estos investigadores concluyen que existen indicios favorables a la aceptación de la hipótesis del efecto desbordamiento.

La contrastación de los efectos desbordamiento de las infraestructuras de transporte no es sencilla, y ninguno de los métodos utilizados en los trabajos citados está exento de problemas. Nuestro punto de partida es diferente al de estos estudios. Es necesario construir una variable que nos aproxime a las dotaciones relevantes de cada región. La variable *proxy* que utilizaremos para intentar capturar los desbordamientos parte de la hipótesis de que las infraestructuras más relevantes para una región son las de aquellas regiones con las que mantenga mayores flujos comerciales. De esta forma aproximamos el concepto de capital público al de “servicio prestado por el capital público”, que es el relevante para un estudio de costes. La nueva variable¹², a la que denominamos “efectos desbordamiento”, *ED*, para una región *i*, es:

$$ED_i = \sum_{j=1}^{15} IT_j * TC_{j,i} \quad [17]$$

Siendo IT_j las infraestructuras de transporte de la región j ; y $TC_{j,i}$ la tasa de participación en el total de los flujos comerciales procedentes de i con destino a j .

ED es una combinación lineal de la infraestructura de la región i , multiplicada por el tanto por uno que los flujos comerciales procedentes de la propia comunidad suponen sobre el total de los flujos con ese destino, y de las dotaciones del resto de las comunidades, multiplicadas nuevamente por el tanto por uno que los flujos con origen en i suponen sobre el total de destinos en j .

La utilización de las tasas nos permite “ponderar” con un peso mayor a las regiones con las que se mantienen relaciones más estrechas. Al mismo tiempo, no desvirtúa la relación capital/costes, ya que la nueva variable presenta la propiedad de que SED_i coincide con SIT_j .

Los datos sobre los intercambios interregionales de mercancías proceden del trabajo de Arcarons *et al* (1992). Sólo contamos con información relativa al año 1987, y se ha utilizado para construir la variable *ED* de todo el periodo.

En el cuadro 5 se recogen los resultados de la estimación con nuestra variable *ED*, junto con los obtenidos empleando las infraestructuras de transporte de la Comunidad (*IT*). Las variables *ED* y *IT* están altamente correlacionadas, ya que los flujos comerciales con origen y destino en la propia región ($TC_{i,i}$) superan en todos los casos el 60% del total, y en bastantes el 80%. Además, al disponer de datos de flujos

¹² Esta variable sólo se ha construido para las quince Comunidades Autónomas peninsulares. Para Baleares y Canarias *ED* es su propio stock de infraestructuras de transporte.

de un sólo año, las variaciones en el tiempo son pequeñas. Por ello no podíamos esperar un cambio importante en las estimaciones. De cualquier forma, las elasticidades del coste y del producto son apreciablemente más altas en los tres modelos que utilizan la variable *ED*, con incrementos en muchos casos cercanos al 5%, indicando que la existencia de los efectos desbordamiento es muy posible.

Cuadro 6. Comparación de los resultados con *IT* y con *ED*

	Función de costes			Función de beneficios			función de producción		
	1964	1991	Media	1964	1991	Media	1964	1991	Media
Transporte									
Agricultura	-0,053	0	-0,028	0,002	-0,009	-0,002	-0,045	0,117	0,054
Industria	0,099	-0,006	0,03	0,158	0,02	0,087	0,168	0,122	0,138
Servicios	0,089	-0,054	0,01	0,103	-0,057	0,02	0,096	-0,013	0,031
Efecto desbordamiento									
Agricultura	-0,014	0,034	0,012	0,01	-0,014	0,002	0	0,137	0,088
Industria	0,157	0,05	0,084	0,209	0,067	0,138	0,216	0,155	0,177
Servicios	0,153	-0,021	0,06	0,147	-0,043	0,05	0,093	-0,013	0,028

Fuente: Elaboración propia

El análisis realizado de los efectos desbordamiento no es más que un primer resultado de una línea de investigación en la que pretendemos profundizar en el futuro. Será necesario utilizar otras formas de ponderar las variables y de introducirlas en funciones de producción o de costes para reafirmar o desmentir los hallazgos de este trabajo.

6. Conclusión

Los resultados de nuestro trabajo indican que el capital público reduce los costes de producción y aumenta la productividad de los factores privados y en este sentido es coincidente con todos los trabajos que estiman funciones de costes para otros países, tanto a nivel nacional como regional.

En cuanto a los resultados sectoriales, las mayores reducciones en los costes privados por unidad adicional de capital público se producen en el sector industrial, seguido del sector servicios. La reducción en los costes generada por las infraestructuras repercuten positivamente en la producción, especialmente en estos dos sectores. Las elasticidades estimadas son algo superiores a las obtenidas en trabajos recientes que estiman funciones de producción regionales.

También hemos contrastado que el capital público y el factor trabajo mantienen una relación de complementariedad, mientras que la relación entre el capital privado y el público es de sustituibilidad. La suma de los efectos productividad, participación en los costes y crecimiento, indica que un incremento en las infraestructuras provoca aumentos en la utilización de factor trabajo en la industria y los servicios, mientras que el capital privado aumenta únicamente en la industria. Los resultados de las funciones de beneficios y de producción confirman los obtenidos en las estimaciones de las funciones de costes, aunque sus elasticidades producción-infraestructuras son ligeramente superiores. Es necesario destacar que los tres modelos presentan elasticidades decrecientes en el tiempo, por lo que es previsible que la inversión en nuevas infraestructuras genere un menor aumento en la productividad de los factores privados que la ya existente.

En consecuencia, y con todas las cautelas con que deben tomarse los resultados, esta conclusión refuerza la idea de la necesidad de una política pública de infraestructuras.

Por otras parte, hemos encontrado indicios favorables a la hipótesis del efecto desbordamiento. La existencia de este efecto tiene importantes implicaciones para la política de infraestructuras, sobre todo en un contexto descentralizado como el español. Más concretamente, desde una perspectiva de eficiencia, se sugiere la necesidad de realizar o bien una provisión de capital público centralizada, o bien de una coordinación y planificación muy estrecha entre las distintas Comunidades Autónomas con competencia en esta materia. Asimismo, la consideración de este efecto puede ser muy útil en el diseño de transferencias destinadas a infraestructuras y en los actuales debates sobre su nivel apropiado.

Bibliografía

- Arrow, M.J. y Kurz, M. (1970): "Public Investment, the Rate of Return, and Optimal Fiscal Policy", *Resources For the Future*, Baltimore: The Jhon Hopkins Press.
- Arcarons, J., Parellada, M., y Soy, A. (1992): "El arco mediterráneo del desarrollo económico español. Delimitación y relaciones interiores", en *Ejes territoriales de desarrollo: España en la Europa de los noventa*. Colegio de Economistas de Madrid, Colección Economistas libros.
- Aschauer, D (1989): "Is Public Expenditure Productive?", *Journal of Monetary Economics*, nº 23, pp. 177-200.
- Barro, R. y Sala-i-Martin, X. (1992): "Public Finance in Models of Economic Growth", *Review of Economic Studies*, 59, pp. 645-661.
- Berndt, E.R. (1991): *The practice of econometrics, classic and contemporary*, New York, Adison-Wesley.
- Berndt, E.R. y Hansson, B. (1992): "Measuring the contribution of public infrastructure capital in Sweden", *The Scandinavian Journal of Economics*, nº 94, pp 151-168.
- Biehl, D. y otros (1986): *The contribution of infrastructure to regional development., Final Report.*, Luxemburgo, Comudades Europeas.
- Chambers, R. (1988): *Applied Production Analysis*, Cambridge University Press, Cambridge.
- De la Fuente, A. (1996): "Infraestructuras y productividad. Un panorama de la evidencia empírica", *Información Comercial Española*, nº 757, pp. 25-40.
- Deno, K. (1988): "The effect of public capital on U.S. manufacturing activity: 1970 to 1987", *Southern Economic Journal* nº 55 (2), pp. 400-411.
- Diewert, W.E. (1986): "The Measurement of the Economic Benefits of Infrastructure Services", *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, vol 278, Spring-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Evans, P. y Karras, G. (1994): "Are government activities productive? Evidence from a panel of U.S. States", *The Review of Economics and Statistics*, nº 1, pp. 1-11.
- Evans, P. y Karras, G. (1994): "Is government capital productive? Evidence form a panel of seven countries", *Journal of Macroeconomics*, vol. 16 (2), pp. 271-279.
- Gramlich, E.M. (1994): "Infrastructure investment: a review essay", *Journal of Economic Literature*, vol. XXXII (3), septiembre, pp. 1176-1196.
- Grossman, H.J. y Lucas, R.F. (1974): "The Macroeconomics Effects of Productive Public Expenditures", *The Manchester School of Economics and Social Studies*, vol. 42, pp 162-170.
- Holtz-Eakin, D. (1994): "Public sector capital and the productive puzzle", *Review of Economics and Statistics*, nº 76(1), pp. 12-21.
- Holtz-Eakin, D. y Schwartz, A.E. (1995): "Spatial Productivity Spillovers from Public Infrastructure: Evidence from State Highways", *International Tax and Public Finance*, vol. 2, pp. 459-468.
- Jorgenson, D. (1963): "Capital theory and investment behaviour", *American Economic Review*, nº 53, pp.247-259.

- Lynde, C. y Richmond, J. (1992): "The Role of Public Capital in Production", *Review of Economics and Statistics*, 74, pp. 37-44.
- Lynde, C. y Richmond, J. (1993): "Public capital and long-run costs in U.K. manufacturing", *The Economic Journal*, vol. 103, pp. 881-893.
- Mas, M., Maudos, J. Perez, F. y Uriel, E. (1994): "Capital público y productividad en las regiones españolas", *Moneda y Crédito*, nº 198, pp 163-193.
- Mera, K. (1973): "Regional productions functions and Social Overhead Capital: An Analysis of the Japanese Case", *Regional and Urban Economics*, 3, pp. 157-186.
- Morrison C.J. y Schwartz, A.E. (1996): "State Infraestructure and Productive Performance", *American Economic Review*, diciembre, Vol 86, nº 5, pp. 1095-1111.
- Munnel, A. (1990a): "Why has productivity declined? Productivity and Private Investment", *New England Economic Review*, Federal Reserve Bank of Boston, enero-febrero, pp. 3-22.
- Munnel, A. (1990b): "How does public infrastructure affect regional economic performance?", *New England Economic Review*, Federal Reserve Bank of Boston, septiembre-octubre, pp. 11-32.
- Nadiri, M.I. y Mamuneas, T.P. (1994): "The effects of public infrastructure and R&D capital on the cost structure and performance of U.S. manufacturing industries", *The Review of Economics and Statistics*, nº1 febrero, pp 22-37.
- Ratner, J. (1983): "Government capital and the production function for U.S private output", *Economic Letters*, 13, pp. 213-217.
- Seitz, H. (1993): "A dual economic analysis of the benefits of the public road network", *The Annals of Regional Science*. Primavera, vol. 27, pp. 223-239.
- Seitz, H. (1994): "Public capital and the demand for private inputs", *Journal of Public Economics*, nº 54, pp. 287-307.
- Seitz, H. y Licht, G. (1995): "The Impact of Public Infrastructure Capital on Regional Manufacturing Production Cost", *Regional Studies*, Vol. 29.3, pp.231-240.

Anexo 1. Resultados de la estimaciones de las funciones de costes, beneficios y producción

Estimación de la función de costes.

Variable	I = C. público		I= Infra. transporte		I= ED	
	Coef	t	Coef	t	Coef	t2
Cte	9,2009	3,07	8,8173	3,21	10,22	3,51
DI	10,22	3,38	4,2869	1,47	6,7855	2,15
DS	4,0335	1,33	-1,629	-0,55	-0,131	-0,04
Y	0,3593	1,26	0,2827	1,07	0,2056	0,75
Y2	-0,688	-2,43	-0,211	-0,76	-0,398	-1,35
Y3	-0,198	-0,71	0,2202	0,80	0,1362	0,47
$l(P_L/P_K)$	0,925	14,54	0,88	14,02	0,8414	12,84
$l(P_L/P_K)2$	-0,35	-3,89	-0,337	-3,83	-0,331	-3,56
$l(P_L/P_K)3$	-0,236	-2,63	-0,17	-1,92	-0,146	-1,58
I	-0,56	-2,33	-0,597	-2,54	-0,711	-2,86
I2	-0,906	-3,69	-0,422	-1,70	-0,647	-2,39
I3	-0,532	-2,15	-0,035	-0,14	-0,189	-0,69
t	0,1872	3,67	0,1403	2,81	0,1612	3,18
t2	-0,052	-0,79	-0,122	-1,82	-0,081	-1,19
t3	-0,078	-1,18	-0,147	-2,16	-0,126	-1,82
$Yl(P_L/P_K)$	1E-05	0,00	-0,007	-1,07	-0,01	-1,58
$Yl(P_L/P_K)2$	0,0132	1,15	0,0119	1,14	0,0079	0,69
$Yl(P_L/P_K)3$	-2E-04	-0,02	0,0127	1,31	0,0128	1,23
YI	0,046	2,06	0,0578	2,61	0,064	2,78
YI2	0,0582	2,67	0,0183	0,81	0,0352	1,47
YI3	0,0219	1,02	-0,016	-0,72	-0,007	-0,29
Yt	-0,008	-1,61	-0,011	-2,52	-0,011	-2,65
Yt2	-0,006	-0,83	0,0035	0,53	0,0038	0,52
Yt3	-0,004	-0,66	0,0027	0,44	0,0003	0,05
$l(P_L/P_K)I$	-3E-04	-0,04	0,0102	1,43	0,0167	2,21
$l(P_L/P_K)I2$	-0,003	-0,24	-0,002	-0,20	0,0017	0,12
$l(P_L/P_K)I3$	0,0113	0,87	-0,007	-0,65	-0,009	-0,69
$l(P_L/P_K)t$	-0,014	-11,36	-0,015	-12,80	-0,015	-13,11
$l(P_L/P_K)t2$	0,0215	12,55	0,0219	13,61	0,022	13,55
$l(P_L/P_K)t3$	0,017	9,88	0,0182	11,31	0,0185	11,37
It	-0,012	-2,82	-0,007	-1,47	-0,007	-1,69
It2	0,0092	1,22	0,0058	0,75	0,0023	0,26
It3	0,0144	2,10	0,0136	1,91	0,0146	1,88
LL		1323,2		1311,1		1317,7

Contraste de hipótesis

	Restricciones	L. F. versomilitud	CHI-2	G.L
C.público	$I=YI=LI=It=0$	1291,9	$2*(1323,2-1291,9)=62,6$	12
	DR=0	1148,4	$2*(1323,2-1148,4)=349,6$	16
	DS=0	666	$2*(1323,2-666)=1314,4$	22
Transporte	$I=YI=LI=It=0$	1291,9	$2*(1311,1-1291,9)=38,2$	12
	DR=0	1130,2	$2*(1311,1-1130,2)=361,8$	16
	DS=0	653,6	$2*(1311,1-653,6)=1315$	22
ED	$I=YI=LI=It=0$	1291,9	$2*(1317,7-1291,9)=51,6$	12
	DR=0	1133,9	$2*(1317,7-1133,9)=367,6$	16
	DS=0	666	$2*(1317,7-666)=1303,4$	22

Estimación de la función de beneficio.

Variable	I = C. público		I= Infra. transporte		I= ED	
	Coef	Coef/SE	Coef	Coef/SE	Coef	Coef/SE
Cte	4,1545	2,19	4,7425	2,67	6,4188	3,47
DI	-6,16	-3,11	-6,088	-3,15	-6,985	-3,36
DS	-2,017	-1,09	-1,838	-1,01	-2,83	-1,45
K	0,1766	2,92	0,18	2,99	0,2063	3,29
YK2	0,2647	3,16	0,2815	3,40	0,273	3,17
K3	0,06	0,71	0,0224	0,27	0,0226	0,26
L	0,3947	2,40	0,3939	2,52	0,1956	1,20
L2	0,3271	1,57	0,294	1,46	0,3064	1,43
L3	-0,039	-0,20	0,0171	0,09	0,0708	0,37
I	-0,454	-2,73	-0,535	-3,25	-0,651	-3,84
I2	0,4499	2,15	0,4776	2,39	0,6118	2,65
I3	0,5357	2,64	0,512	2,75	0,6093	2,88
t	0,0335	1,14	0,0385	1,37	0,0261	0,91
t2	0,1032	2,40	0,1238	3,08	0,1314	3,13
t3	0,0491	1,13	0,0833	2,01	0,1042	2,43
KL	-0,001	-0,29	-0,005	-0,99	-0,003	-0,54
KL2	-0,018	-1,82	-0,013	-1,48	-0,011	-1,15
KL3	0,0092	0,97	0,0118	1,49	0,0107	1,25
KI	-0,006	-0,95	-0,003	-0,50	-0,008	-1,20
KI2	0,0105	0,94	0,0049	0,47	0,0034	0,28
KI3	-0,009	-0,82	-0,009	-0,91	-0,008	-0,71
Kt	0,0131	9,18	0,0125	9,56	0,0131	9,91
Kt2	-0,021	-10,28	-0,02	-10,91	-0,02	-10,35
Kt3	-0,015	-8,17	-0,015	-8,98	-0,015	-8,90
LI	0,0435	3,42	0,0471	3,63	0,0618	4,64
LI2	-0,03	-2,13	-0,03	-2,05	-0,036	-2,27
LI3	-0,02	-1,48	-0,023	-1,67	-0,029	-1,94
Lt	-0,012	-6,20	-0,011	-6,19	-0,012	-6,72
Lt2	0,0207	6,12	0,0231	7,19	0,0229	6,84
Lt3	0,018	5,07	0,0187	5,73	0,0204	5,93
It	0,0037	1,69	0,0036	1,58	0,0049	2,10
It2	-0,01	-2,82	-0,015	-4,07	-0,015	-4,01
It3	-0,012	-3,20	-0,016	-4,06	-0,019	-4,57
R ² /LL	1387,3		1366,6		1380,7	

Contraste de hipótesis

	Restricciones	Log. F. versomilitud	CHI-2	G.L
C.público	I=YI=LI=It=0	1326,6	2*(1387,3-1326,6)=121,4	12
	DR=0	1164,2	2*(1387,3-1148,4)=477,8	16
	DS=0	1,4	2*(1387,3-666)=1442,6	22
Transporte	I=YI=LI=It=0	1326,6	2*(1366,6-1326,6)=79,2	12
	DR=0	1174,2	2*(1366,6-1130,2)=472,8	16
	DS=0	3	2*(1366,6-653,6)=1426	22
ED	I=YI=LI=It=0	1326,6	2*(1380,7-1326,6)=108,2	12
	DR=0	1185,6	2*(1380,7-1133,9)=493,6	16
	DS=0	4,3	2*(1380,7-666)=1429,4	22

Anexo 3. Estimación de la función de producción

Variable	I = C. público		I= Infra. transporte		I= ED	
	Coef	Coef/SE	Coef	Coef/SE	Coef	Coef/SE
K	0,375	1,40	0,002	0,01	0,1032	0,35
K2	0,5834	1,16	1,1855	2,15	1,0302	1,82
K3	1,429	1,93	2,1434	3,04	2,1414	2,73
L	1,6548	6,05	1,8543	6,83	1,7065	5,85
L2	-1,928	-4,70	-1,934	-4,53	-2,043	-4,52
L3	-2,03	-3,09	-2,489	-3,63	-2,48	-3,37
I	-0,998	-4,70	-0,725	-2,99	-0,815	-3,44
I2	1,2896	3,61	0,723	1,80	0,9904	2,32
I3	0,7159	1,83	0,444	1,32	0,436	1,14
KL	-0,107	-6,76	-0,069	-3,95	-0,074	-4,38
KL2	0,1196	3,99	0,0531	1,63	0,074	2,17
KL3	0,0782	2,42	0,0306	1,13	0,0335	1,11
KI	0,0922	6,00	0,1046	6,11	0,0993	5,57
KI2	-0,144	-4,85	-0,15	-4,56	-0,157	-4,53
KI3	-0,199	-4,09	-0,24	-4,47	-0,239	-4,15
LI	0,0154	0,59	-0,043	-1,46	-0,026	-0,90
LI2	0,0346	0,78	0,1045	2,02	0,09	1,70
LI3	0,1236	1,97	0,2132	3,37	0,2086	2,96
Cte	-1,124	-0,54	-1,076	-0,55	-0,376	0,00
LL	401,8		374,9		375,2	

M1: estimación con I= capital público total;

M2: estimación con IT= infraestructuras de transporte; M3: estimación con ED= efectos desbordamiento

Contraste de hipótesis

	Restricciones	Log. F. versomilitud	CHI-2	G.L
C.público	I=YI=LI=It=0	338,1	2*(401,8-338,1)=127,4	12
	DR=0	303,1	2*(401,8-303,1)=196,5	16
	DS=0	-457,9	2*(401,8-457,9)=1899,4	22
Transporte	I=YI=LI=It=0	338,1	2*(374,9-338,1)=73,6	12
	DR=0	254	2*(374,9-254)=241,8	16
	DS=0	-457,7	2*(374,9+457,7)=1165,2	22
ED	I=YI=LI=It=0	338,1	2*(375,2-338,1)=74,2	12
	DR=0	261,4	2*(375,2-261,4)=227,6	16
	DS=0	-457,9	2*(375,2+457,9)=1666,2	22

Fuente: elaboración propia

Anexo 4. Elasticidades producción capital público para las tres variables utilizadas y para los tres modelos.

Elasticidades Producción/capital público total. Medias del periodo 1964-1991

Región	ElaY/I Agricultura			ElaY/I Industria			ElaY/I Servicios		
	A. f(c)	B. f(b)	C. f(q)	A. f(c)	B. f(b)	C. f(q)	A. f(c)	B. f(b)	C. f(q)
Andalucía	0,056	0,066	0,455	0,046	0,191	0,203	0,044	0,122	0,069
Aragón	0,138	0,001	0,326	0,161	0,172	0,19	0,145	0,107	0,004
Asturias	0,178	0,006	0,268	0,157	0,172	0,176	0,169	0,105	-5E-04
Baleares	0,217	-0,038	0,191	0,308	0,155	0,229	0,161	0,101	-0,034
Canarias	0,16	-2E-04	0,243	0,232	0,161	0,207	0,135	0,11	0,022
Cantabria	0,209	-0,025	0,237	0,294	0,158	0,17	0,232	0,097	-0,036
La Mancha	0,105	0,026	0,381	0,172	0,172	0,199	0,152	0,109	0,015
C. León	0,086	0,045	0,426	0,101	0,181	0,185	0,101	0,114	0,037
Cataluña	0,103	0,019	0,37	-0,039	0,204	0,199	0,015	0,121	0,054
Extremadura	0,143	0,014	0,336	0,285	0,158	0,188	0,193	0,107	0,014
Galicia	0,094	0,067	0,436	0,121	0,179	0,203	0,108	0,115	0,042
La Rioja	0,211	-0,052	0,191	0,41	0,144	0,219	0,295	0,092	-0,053
Madrid	0,202	-0,041	0,15	0,027	0,192	0,214	0,012	0,124	0,077
Murcia	0,167	-0,006	0,212	0,256	0,162	0,2	0,194	0,106	0,007
Navarra	0,188	-0,04	0,22	0,265	0,159	0,202	0,226	0,097	-0,038
País Vasco	0,159	-0,023	0,266	0,055	0,189	0,172	0,101	0,111	0,021
Valencia	0,101	0,036	0,317	0,051	0,19	0,213	0,066	0,117	0,042
Media	0,148	0,003	0,296	0,171	0,173	0,198	0,138	0,109	0,014

Elasticidades Producción/infraestructuras de transporte. Medias del periodo 1964-1991

Región	ElaY/I Agricultura			ElaY/I Industria			ElaY/I Servicios		
	A. f(c)	B. f(b)	C. f(q)	A. f(c)	B. f(b)	C. f(q)	A. f(c)	B. f(b)	C. f(q)
Andalucía	-0,037	-0,004	0,087	0,029	0,086	0,129	0,018	0,018	0,02
Aragón	8E-04	-7E-04	0,02	0,017	0,086	0,117	0,029	0,016	0,015
Asturias	0,046	-0,051	-9E-05	0,115	0,07	0,149	0,02	0,013	-0,027
Baleares	-0,015	-0,008	0,002	0,076	0,076	0,134	0,009	0,022	0,041
Canarias	0,028	-0,036	0,031	0,102	0,07	0,095	0,059	0,006	-0,027
Cantabria	-0,076	0,024	0,113	0,038	0,086	0,138	0,022	0,02	0,032
La Mancha	-0,094	0,047	0,134	-0,01	0,095	0,134	-0,007	0,028	0,058
C. León	-0,074	0,017	0,11	-0,112	0,12	0,171	-0,058	0,038	0,074
Cataluña	-0,034	0,01	0,081	0,116	0,071	0,112	0,043	0,016	0,034
Extremadura	-0,097	0,071	0,115	0,001	0,094	0,15	-0,005	0,028	0,064
Galicia	0,035	-0,066	0,018	0,181	0,058	0,129	0,095	-0,002	-0,044
La Rioja	0,051	-0,056	-0,039	-0,07	0,108	0,173	-0,062	0,041	0,103
Madrid	-0,011	-0,015	-0,022	0,086	0,076	0,129	0,04	0,015	0,025
Murcia	0,014	-0,052	0,033	0,087	0,073	0,127	0,058	0,006	-0,029
Navarra	-0,012	-0,032	0,058	-0,049	0,102	0,129	-0,008	0,024	0,039
País Vasco	-0,081	0,033	0,032	-0,049	0,106	0,17	-0,029	0,031	0,062
Valencia	-0,118	0,077	0,149	-0,046	0,102	0,16	-0,043	0,029	0,082
Media	-0,028	-0,002	0,054	0,03	0,087	0,138	0,011	0,021	0,031

Elasticidades Producción/Efectos desbordamiento. Medias del periodo 1964-1991

Región	ElaY/I Agricultura			ElaY/I Industria			ElaY/I Servicios		
	A. f(c)	B. f(b)	C. f(q)	A. f(c)	B. f(b)	C. f(q)	A. f(c)	B. f(b)	C. f(q)
Andalucía	-0,1	0,092	0,19	-0,021	0,161	0,192	-0,013	0,075	0,101
Aragón	0,003	-4E-05	0,12	0,08	0,135	0,168	0,069	0,046	0,015
Asturias	0,042	0,006	0,057	0,062	0,133	0,152	0,084	0,043	0,008
Baleares	0,098	-0,057	0,021	0,201	0,122	0,204	0,074	0,039	-0,035
Canarias	0,028	-0,003	0,037	0,143	0,126	0,181	0,057	0,052	0,038
Cantabria	0,077	-0,039	0,056	0,184	0,114	0,137	0,131	0,029	-0,04
La Mancha	-0,039	0,035	0,153	0,094	0,137	0,178	0,074	0,049	0,028
C. León	-0,062	0,063	0,18	0,026	0,146	0,166	0,033	0,06	0,059
Cataluña	-0,042	0,026	0,148	-0,107	0,177	0,193	-0,038	0,075	0,082
Extremadura	0,01	0,018	0,118	0,201	0,117	0,158	0,107	0,043	0,027
Galicia	-0,069	0,094	0,169	0,043	0,147	0,186	0,037	0,06	0,065
La Rioja	0,087	-0,077	0,034	0,293	0,106	0,188	0,179	0,017	-0,062
Madrid	0,101	-0,062	-0,018	-0,049	0,165	0,205	-0,042	0,079	0,112
Murcia	0,034	-0,011	0,011	0,162	0,125	0,175	0,102	0,042	0,017
Navarra	0,061	-0,06	0,052	0,16	0,121	0,175	0,126	0,028	-0,042
País Vasco	0,019	-0,035	0,083	-0,025	0,153	0,155	0,031	0,055	0,038
Valencia	-0,048	0,049	0,078	-0,021	0,162	0,202	0,003	0,065	0,065
Media	0,012	0,002	0,088	0,084	0,138	0,177	0,06	0,05	0,028

A: Función de costes

B: Función de beneficios

C: Función de producción

Fuente: elaboración propia