



**XXIX REUNIÓN DE ESTUDIOS
REGIONALES**

¿ES EL CAPITAL PÚBLICO REALMENTE PRODUCTIVO?

Una aplicación a las Comunidades Autónomas

Domingo Pérez Ximénez de Embún

Fundación Economía Aragonesa (FUNDEAR)

dpxe@unizar.es

Jaime Sanaú

Universidad de Zaragoza

jsanau@unizar.es

Fax 976 76 18 40

¿Es el capital público realmente productivo? Una aplicación a las comunidades autónomas.

RESUMEN

Este trabajo examina el impacto del capital público, en especial de las infraestructuras económicas, en la productividad del sector privado a nivel regional. El trabajo seminal de Aschauer (1989) y otros posteriores que han replicado el análisis para distintas economías nacionales y regionales dan una elevada importancia al papel del capital público y las infraestructuras en el crecimiento económico. Sin embargo, estudios más recientes han puesto en duda que dicho papel sea tan relevante. Nuestro estudio presenta nueva evidencia empírica, incluyendo en la función de producción de las comunidades autónomas otras variables como el capital humano y los *stocks* tecnológicos. Por otra parte, se propone la utilización del análisis factorial dinámico como medida alternativa de agregación de los diferentes componentes del capital público.

PALABRAS CLAVE

Análisis factorial dinámico, capital humano, capital público, capital tecnológico, crecimiento económico, productividad, regiones españolas.

CLASIFICACIÓN JEL: D21, H54, 047

¿Es el capital público realmente productivo? Una aplicación a las comunidades autónomas.

1. Introducción

Las elevadas tasas de crecimiento de la productividad durante la década de 1960 y su ralentización durante los decenios posteriores renovó el interés de los economistas por el análisis de los factores del crecimiento económico. La idea de que el capital público aumenta la productividad del sector privado se encuentra ya en la literatura de los años cincuenta¹. Sin embargo, fueron los resultados del estudio de Aschauer (1989) los que originaron una vasta literatura sobre el papel del capital público y las infraestructuras en el crecimiento económico. Conviene resaltar el cambio sustancial que en la discusión académica suscitaron éste y otros estudios. Del debate propio de los decenios de 1960 y 1970- sobre los efectos a corto plazo del gasto público sobre la demanda agregada, la producción y el empleo se pasó a discutir si algunas partidas del gasto público (infraestructuras, educación o I+D) generan externalidades positivas sobre el crecimiento de la productividad privada. Es decir, el papel del gasto público como estabilizador de la economía dejó paso a la consideración de éste como factor del crecimiento económico.

Numerosos autores han analizado los efectos del capital público sobre la productividad de los factores privados y el crecimiento de la economía española. Se han realizado estudios de dos tipos: con series temporales para la economía nacional y con paneles de datos a nivel regional. Se han empleado diferentes métodos econométricos, períodos muestrales y diversas series para aproximar la variable capital público. Algunos autores consideran que estas diferencias en métodos, períodos y variables son la causa de la disparidad de resultados entre los distintos estudios empíricos². En general, los principales trabajos aplicados al caso español llegan a la conclusión de que el capital público tiene un efecto positivo considerable sobre la productividad y el crecimiento de la economía, asignando una elevada rentabilidad social a estos recursos. De hecho, en varias investigaciones esta rentabilidad llega a superar a la del capital productivo privado. Tan elevadas estimaciones de la elasticidad

¹ Meade (1952), Hirschman (1958).

² Sanaú (1997) y Fernández y Polo (2001).

del capital público han suscitado dudas razonables sobre la robustez de los resultados y sus consecuencias sobre la política económica. Así, por ejemplo, el trabajo de Fernández y Polo (2002) ha revelado que la introducción de los capitales humano y tecnológico en la estimación de la función de producción ampliada de Aschauer reduce significativamente la importancia que se daba al capital público en España.

Paralelamente, muchos estudios se han ocupado de contrastar la hipótesis de Aschauer a nivel regional y han llegado a conclusiones similares a las mencionadas de las infraestructuras en el crecimiento económico regional, aunque algo menor que para el caso nacional. Esta investigación indaga en el comportamiento del capital público a nivel regional, incorporando el capital humano y tecnológico a la función de producción.

El trabajo se estructura del siguiente modo. En el siguiente apartado se realiza un breve repaso a la evidencia empírica existente para el caso de España, a nivel agregado y por comunidades autónomas. En el tercer epígrafe se fórmula la función de producción ampliada que va a estimarse; en el cuarto, se analiza el efecto del capital público en la productividad a nivel regional, cuando se introducen los capitales tecnológico y humano. Por último, cierra el trabajo un apartado que incorpora las conclusiones más relevantes así como algunas extensiones. Se incluyen además dos Anexos con la base de datos utilizada y la metodología empleada para la estimación del capital tecnológico.

2. Breve repaso de los estudios sobre la contrastación de la hipótesis del capital público en España

Existen para el caso español dos tipos de estudios que han empleado la función de producción agregada: los que emplean diversas combinaciones de series temporales para el conjunto de la economía española y los que utilizan un panel de datos de Comunidades Autónomas. Nuestro interés es contrastar el trabajo de los segundos, aunque realizaremos una sucinta revisión de los trabajos a nivel agregado³.

Los primeros trabajos que utilizaron series temporales agregadas fueron los de Bajo y Sosvilla (1993), Mas *et al.* (1993a), Argimón *et al.* (1994), García-Fontes y Serra (1994) y González-Páramo (1995). Los resultados obtenidos otorgaban una elevada

³ Una revisión más exhaustiva de la literatura existente puede encontrarse en Draper y Herce (1994), De la Fuente (1994), Sanaú (1997) y Fernández y Polo (2001).

productividad al capital público, en general, y a las infraestructuras, en particular, aunque las estimaciones fueron insatisfactorias en varios aspectos. Primero, los valores estimados para los factores privados (trabajo y capital) eran bajos. Segundo, existían diferencias muy notables en la elasticidad del capital público, desde un mínimo de 0,18 de Bajo y Sosvilla (1993) hasta 0,59 de Argimón *et al.* (1994). Tercero, estos valores implicaban que la productividad del capital público es demasiado elevada. Cuarto, los coeficientes del capital público se reducían drásticamente cuando se introduce otra variable que representa al resto del capital público o una tendencia exógena.

Debe resaltarse, por otra parte, que los autores españoles utilizaron métodos más sofisticados que Aschauer para estimar la función de producción ampliada. Para evitar resultados espurios algunos diferenciaron las series (García-Fontes y Serra (1994)) y otros realizaron contrastes de cointegración (Bajo y Sosvilla (1993), Argimón *et al.* (1994) y González-Páramo (1995)).

Munnell (1990) extendió al nivel regional el trabajo de Aschauer (1989), utilizando datos de panel para estados norteamericanos. En estos estudios los coeficientes del capital público fueron más bajos que para el conjunto de la economía. Esto se explicó, en parte, por la existencia de efectos desbordamiento de las infraestructuras, efectos externos interregionales, aunque se discutió la fiabilidad y validez de los resultados obtenidos en este nivel de desagregación.

El efecto del capital público en la productividad y en el crecimiento de las comunidades autónomas españolas fue estudiado por García-Fontes y Serra (1994), Mas *et al.* (1993a, 1993b, 1994, 1996), De la Fuente (1994 y 1996), Daban y Murgui (1997), Boscá, Escribá y Dabán (1999) y Boscá *et al.* (2001), entre otros.

García-Fontes y Serra (1994) estudiaron el efecto del capital público para el periodo 1980-1988. Al disponer de un periodo tan corto de datos estimaron tanto en niveles como en diferencias, ya que los resultados de los *test* de cointegración aplicados a esas series sólo serán válidos en un marco asintótico. A pesar de que los coeficientes reducían su magnitud al utilizar datos regionales respecto de las estimaciones agregadas se apreció un impacto positivo de la inversión en infraestructuras sobre el producto regional. La estimación en primeras diferencias permitió mantener la evidencia a favor de esta hipótesis pero de una forma más débil.

Los autores incluyeron variables ficticias temporales para recoger el posible efecto del ciclo económico sobre el modelo, ya que no contaron con medidas de la utilización de la capacidad productiva a nivel regional. Al objeto de aplicar en la estimación un modelo de efectos fijos redujeron el número de parámetros a estimar, agrupando las comunidades autónomas según el nivel de renta *per cápita* promedio del período considerado, mediante la inclusión de variables ficticias regionales.

De la Fuente (1994) se planteó la introducción de variables omitidas en el análisis del efecto del capital público en la productividad. Desarrolló un modelo que incorporaba el capital humano y la dimensión del territorio. Sus resultados indicaban que tanto la educación como las infraestructuras eran determinantes importantes de la renta regional, y que el impacto de la dotación de capital público sobre la productividad dependía de la extensión del territorio sobre el que se distribuía. Este autor también incluyó variables ficticias temporales y regionales. Las primeras trataban de captar los *shocks* específicos a cada período así como el efecto del progreso técnico y la acumulación de capital. Las segundas podían interpretarse como un índice de perifericidad que distingue entre las regiones españolas más próximas a Europa y las más alejadas. La estimación se realizó con datos en niveles por MCO sobre un panel de tres años 1980, 1985 y 1990.

Mas *et al.* (1993b) comprobaron que resultaba significativa la influencia de las infraestructuras productivas- carreteras, infraestructuras urbanas e hidráulicas- sobre la productividad de la industria de las distintas comunidades. No sólo influían las infraestructuras instaladas en la propia región, sino también el conjunto de las infraestructuras productivas españolas, debido a la naturaleza “tipo red” de muchas de ellas. Las estimaciones se realizaron para el período 1980-1989 utilizando un modelo de efectos aleatorios. En una segunda fase se estimó introduciendo un término de tendencia. A consecuencia de esto perdían significatividad las variables relativas al *stock* de capital público, tanto referidas a la región como al agregado español.

Mas *et al.* (1994) analizaron si las dotaciones de capital público de cada región española favorecían el avance de la productividad del sector privado que actúa en su territorio y si la composición del capital público –productivo y social- era importante en ese sentido. Los resultados mostraron que era el capital público productivo el relevante

en la explicación de la productividad del sector privado, no siendo estadísticamente significativo el papel del capital público social.

Mas *et al.* (1996) analizaron el papel del capital público, los tipos de infraestructuras en que está invertido y su distribución territorial en las ganancias de productividad del sector privado en las regiones españolas para el período 1964-1991. Los resultados obtenidos mostraron cómo las infraestructuras más directamente unidas al proceso productivo presentaban un efecto positivo y significativo en la productividad. Asimismo, también mostraron la importancia del efecto red de las infraestructuras de carácter productivo.

Dabán y Murgui (1997) plantearon la función de producción con cuatro factores productivos: capital, trabajo, capital humano y capital público. Al no disponer de tasas de utilización de la capacidad productiva a nivel regional, utilizaron la tasa nacional. Emplearon diferentes métodos de estimación (efectos totales, fijos y aleatorios) y estimaron tanto en niveles como en diferencias. A pesar del resultado negativo del test de Hausman, escogieron el modelo de efectos aleatorios por las buenas estimaciones de los parámetros que realiza y porque apoya la tesis de rendimientos constantes a escala.

A diferencia de los estudios anteriores, Boscá *et al.* (2001) analizaron el efecto de las infraestructuras en los costes y la productividad del sector privado de las Comunidades Autónomas para el período 1980-1993 mediante funciones de costes. Esto les permitió obtener las estimaciones de los coeficientes de la función de producción, disponiendo además de las tasas de rentabilidad y las elasticidades de los costes de los factores productivos a nivel regional. Sus resultados indicaban que el sector público había contribuido significativamente al crecimiento de la productividad y a la reducción de costes en el sector privado de la mayoría de las regiones españolas. También concluyeron que existía margen para que el sector público siguiera actuando con esfuerzos inversores, dado que había un apreciable desfase entre capital público óptimo y el existente.

En suma, puede concluirse que a nivel regional se confirman los resultados de Aschauer: el efecto del capital público sobre la productividad y el crecimiento económico de las comunidades autónomas es positivo y significativo. Ahora bien, es de menor cuantía que el obtenido en las estimaciones agregadas, entre otros motivos por

los efectos desbordamiento interregionales de las infraestructuras. A los estudios regionales también cabe hacerles críticas similares a las realizadas a los de carácter agregado. Por una parte, la multiplicidad de modelos y métodos propuestos llevan a una gran disparidad de resultados en la estimación del coeficiente del capital público. Pocos estudios han tratado de resolver el problema de la posible ausencia de cointegración de las series. Por último, pueden haberse omitido variables relevantes para la determinación del *output* regional. En los siguientes apartados mostramos si la introducción del capital humano y tecnológico altera la importancia del capital público como factor de crecimiento de la productividad privada.

3. Planteamiento teórico: La función de producción ampliada

Sobre la base de la función de producción clásica $Y_t = A_t F(K_t, L_t)$, que explicaba el *output* como función del empleo y el capital privado, Aschauer (1989) propuso la utilización de la función de producción ampliada para estudiar el impacto del capital público sobre la productividad del sector privado. Esta función incluye el capital público como un factor productivo más, expresándose de forma genérica del siguiente modo:

$$Y_t = A_t F(K_t, L_t, KG_t) \quad [E1]$$

donde Y_t es el valor añadido; A_t es el índice de progreso técnico o productividad total de los factores; K_t y L_t son los servicios del capital privado y el trabajo, respectivamente; y KG_t representa el capital público.

Siguiendo a Aschauer planteamos que $F(\cdot)$ es una Cobb-Douglas, por lo que podremos expresarla de acuerdo a la ecuación E2:

$$Y_t = A_t \cdot K_t^{\beta_K} \cdot L_t^{\beta_L} \cdot KG_t^{\beta_G} \quad [E2]$$

si linealizamos la expresión aplicando logaritmos neperianos obtenemos una formulación más habitual de la función de producción ampliada

$$\ln Y_t = \ln A_t + \beta_K \cdot \ln K_t + \beta_L \cdot \ln L_t + \beta_G \cdot \ln KG_t \quad [E3]$$

donde β_i representa la elasticidad de la producción privada respecto al factor i -ésimo. Aquí se está suponiendo que el gobierno produce las infraestructuras y no cobra a los productores privados una tasa por su uso, sino que las financia a través de impuestos.

En nuestro trabajo pretendemos analizar a nivel regional el efecto del capital público en presencia de capital humano y tecnológico. Por dicho motivo, planteamos un modelo de datos de panel que tenga en cuenta tanto la dimensión temporal del análisis como la espacial. De forma genérica, la función a estimar se puede plantear como

$$Y_{it} = A_{it} \cdot K_{it}^{\beta_K} \cdot L_{it}^{\beta_L} \cdot KG_{it}^{\beta_G} \cdot KT_{it}^{\beta_T} \cdot KH_{it}^{\beta_H} \quad [E4]$$

donde KT representa el capital tecnológico y KH el capital humano. Consideramos que el *stock* de capital que una economía puede utilizar durante un periodo t es el *stock* de capital acumulado al final del periodo anterior. Por dicho motivo incluimos las variables *capital* retardadas un periodo. Tomando logaritmos se llega a:

$$\ln Y_{it} = \ln A_{it} + \beta_K \ln K_{it-1} + \beta_L \ln L_{it} + \beta_G \ln KG_{it-1} + \beta_T \ln KT_{it-1} + \beta_H \ln KH_{it-1} \quad [E5]$$

E imponiendo rendimientos constantes a escala en todos los factores productivos⁴ obtenemos la expresión [E6]:

$$\ln(Y_{it} / K_{it-1}) = a_{it} + \beta_L (\ln L_{it} / K_{it-1}) + \beta_G (\ln KG_{it-1} / K_{it-1}) + \beta_T (\ln KT_{it-1} / K_{it-1}) + \beta_H (\ln KH_{it-1} / K_{it-1})$$

Según hagamos supuestos sobre el término independiente nos encontraremos con diferentes modelos: el restringido o de efectos totales (cuando el término independiente es el mismo para todas las unidades espaciales $a_i = a$); el de efectos fijos (cada individuo tiene un término independiente diferente) y el de efectos aleatorios (si el efecto individual queda subsumido en la perturbación aleatoria).

4. Evidencia empírica

En nuestro análisis partiremos de la función de producción con dos factores productivos -trabajo y capital privado- y añadiremos, sucesivamente, los capitales público, humano y tecnológico. De esta forma observaremos los efectos que produce sobre el resto de coeficientes la introducción de nuevas variables.

Un primer problema al que nos enfrentamos es el de los datos⁵. En este trabajo el marco temporal se ve restringido por el capital tecnológico y por las estimaciones de

⁴ Este supuesto ha sido frecuentemente adoptado en la literatura especializada. Véase en este sentido De La Fuente *et al.* (2002)

valor añadido bruto regional. Los datos de actividades de I+D a nivel regional están disponibles desde 1987 hasta 2001, de manera que sólo pueden calcularse razonablemente los *stocks* a partir de 1988⁶. Para el VAB contamos con la serie de Contabilidad Regional del INE con metodología previa a la SEC 95 para los años 1980-1995 y para los capitales privados y públicos series hasta 1995. Por todo, ello nuestro análisis sólo ha podido extenderse entre los años 1988 y 1995, lo que aconseja no generalizarlo a otras economías o períodos.

Los cuadros 1 a 3 recogen las estimaciones realizadas. Dado que la dimensión temporal era muy reducida e impedía contrastar la presencia de raíces unitarias se optó por estimar en primeras diferencias de las variables⁷, lo que terminó restringiendo nuestro estudio al período 1989-1995, etapa en la que se asiste, primero, a una desaceleración de la actividad económica -que alcanza en 1993 el mínimo- y, después, a una recuperación de las tasas de crecimiento. Se estimaron tanto los modelos de efectos totales como los de efectos fijos y aleatorios y se realizaron diversos contrastes para ver cuál resultaba preferido. Habitualmente, el modelo escogido fue el de efectos aleatorios, cuyos principales resultados aparecen en los citados cuadros acompañados del estadístico del Test de Hausman⁸.

En la primera columna del Cuadro 1 se incluyen los resultados de la especificación teórica, considerando únicamente los factores trabajo y capital. Los resultados son acordes a la evidencia empírica de otros trabajos, ya que el factor trabajo mostró un coeficiente de 0,696 y el capital privado, de 0,304, ambos estadísticamente significativos. Al introducir el capital público (columna 2), aumentó el poder explicativo del modelo, disminuyó la elasticidad del trabajo y, sobre todo, la del capital privado, cuyo coeficiente pasó a ser inferior a 0,1; se confirmaron, por tanto, los

⁵ Para una referencia completa de todas las series utilizadas en este trabajo (definición, fuentes, períodos, unidades, etc.) ver Anexo I.

⁶ Una aportación interesante de este trabajo es la estimación del stock de capital tecnológico regional a partir de las series de flujos de gastos en I+D. Las series de los *stocks* regionales de capital tecnológico estimado están a disposición de los lectores interesados.

⁷ La interpretación económica de las funciones de producción en primeras diferencias resulta algo más ardua que en niveles, ya que se supone que el crecimiento del output depende de la variación de cada uno de los factores. No obstante, comprobamos que estimando en niveles (con corrección de la autocorrelación) el modelo de efectos totales resultaba preferido y se obtenían resultados similares a los que se comentan en este trabajo. También obtuvimos resultados similares estimando las ecuaciones por mínimos cuadrados en dos etapas, utilizando como instrumentos retardos de las variables teóricas. El lector interesado puede solicitar estas estimaciones a los autores.

⁸ Se comprobó que el modelo de efectos fijos no sólo no era elegido sino que, además, los efectos regionales no solían tener significatividad estadística.

resultados de Aschauer, y la elasticidad de las infraestructuras ascendió a 0,238, inferior a la obtenida a nivel nacional en los estudios comentados.

La tercera columna del Cuadro 1 incluye los resultados de la estimación de la función de producción ampliada con el capital tecnológico. En esta ocasión, el coeficiente del factor trabajo fue similar al de la función de producción tradicional y se redujo el del capital privado hasta 0,246⁹. La incorporación del capital humano - columna 4- apenas alteró los resultados de la función tradicional, ya que el coeficiente de esta variable era próximo a cero y no significativo, hecho éste que no debe extrañar no sólo por la especificidad del período analizado y por la elevada correlación que mantiene esta medida de capital humano con el número de trabajadores, sino también porque no siempre es fácil diferenciar los efectos de los capitales humano y tecnológico¹⁰. Por último, la columna 5 recoge los resultados de la estimación de [E6], mostrando que el crecimiento de los capitales público y tecnológico explica el aumento del valor añadido bruto de las regiones españolas durante los años 1988-1995 y que, en cambio, el aumento del capital humano no es estadísticamente significativo. En suma, parte de los efectos que se atribuyen al capital privado en la función de producción tradicional corresponden en el período estudiado al capital tecnológico y, sobre todo, al capital público.

La reducida elasticidad que presentaba el capital privado una vez introducidos los capitales público y tecnológico en la función de producción regional¹¹ nos llevó a plantear un procedimiento alternativo de agregación de las distintas categorías de infraestructuras: el análisis factorial dinámico. Esta técnica estadística permite sintetizar la información, agregando los diferentes componentes del capital público de una forma

⁹ Se realizaron regresiones adicionales introduciendo el personal que realiza actividades de I+D en lugar de los *stocks* de capital tecnológico. En general, el personal de I+D no resultó estadísticamente significativo ni tampoco fue un buen instrumento del capital tecnológico.

¹⁰ No resultaron significativas en [E6] las distintas medidas del capital humano que proponen Pastor y Serrano (2002) para el período 1990-2000 como *capital humano productivo*, *capital humano riqueza*, *capital humano productivo debido a la educación*, *capital humano debido a la experiencia de la población ocupada* o *capital humano debido a la educación de la población ocupada*. Por otro lado, la introducción de estas variables reducía la significatividad del capital tecnológico. Las medidas de Pastor y Serrano (2002) sólo resultaron estadísticamente significativas cuando se introdujeron en lugar del número de trabajadores, lo que elevó considerablemente los efectos de las distintas agregaciones de capital público.

¹¹ Estudios como los de Boscá, Escribá y Dabán (1999) o Avilés *et al.* (2003) –este último estimando una función de costes trascendental logarítmica- también llegan valores reducidos de la elasticidad del capital privado.

alternativa a la derivada de sus valoraciones económicas¹². El Cuadro 2 incluye los resultados de este segundo ejercicio. Puede observarse, que las elasticidades del capital público total fueron inferiores a las obtenidas en el Cuadro 1, que el capital tecnológico elevaba algo su contribución al crecimiento del VAB regional y que los efectos del capital humano seguían siendo reducidos y no estadísticamente significativos. Las regresiones 2 a 5 del Cuadro 2 permiten precisar que:

a) La elasticidad del capital público total fue mayor que la de cualquiera de sus componentes y aumentaba con la introducción del capital tecnológico, reflejando las sinergias de estas variables.

b) La elasticidad del capital público económico (0,161) era menor que la del capital público total (0,187). Dado que lo que distingue a ambas agregaciones son el capital social y el resto de capital público, puede concluirse que estas dos últimas categorías explican el crecimiento del VAB regional del período, aunque tengan efectos más bien reducidos (e incluso no significativos cuando la función de producción se estima introduciendo sólo el capital social).

c) Dentro del capital económico, las infraestructuras de transporte son categorías que ejercieron un impacto significativo en el VAB regional, tal como se había puesto de manifiesto en los primeros intentos de contrastación de la hipótesis del capital público, mostrando una elasticidad algo mayor que la del capital tecnológico.

El Cuadro 3 recoge algunas estimaciones adicionales introduciendo distintas agregaciones del capital público y excluyendo el capital humano (por no haber resultado estadísticamente significativo). Puede, nuevamente, concluirse que el capital tecnológico ejerció efectos positivos en el crecimiento del VAB regional del período estudiado, que la elasticidad del capital público agregado fue mayor que la de sus distintos componentes, que las categorías sociales fueron menos influyentes que las económicas y que dentro de éstas las infraestructuras de transporte ejercieron un impacto mayor que las obras hidráulicas y éstas últimas, más que el capital público de las corporaciones locales. Llama la atención –columna sexta del Cuadro 3- que el efecto de las infraestructuras de transporte era mayor cuando no se consideran las

¹² El componente principal se calculó con las series de capital público desde 1955. En todos los casos, se consiguió explicar más del 75% de las variables consideradas. Para un mayor detalle de la técnica seguida puede consultarse Gadea, Montañés y Ximénez de Embún (2003).

infraestructuras ferroviarias que cuando se incluyen. En otras palabras, la influencia del capital público ferroviario no parece haber sido importante en el período estudiado.

En definitiva, aún considerando variables adicionales en la función de producción ampliada, puede concluirse que el capital público pudo jugar un papel relevante en la variación regional del VAB español del período 1989-1995.

5. Conclusiones

Este trabajo ha indagado en el efecto que el capital público puede tener sobre la productividad del sector privado y el crecimiento económico, en línea con los estudios que cuestionan las elevadas elasticidades que alcanza a nivel regional cuando se estiman funciones de producción ampliadas. Se ha proporcionando evidencia empírica que permite concluir que el capital público tuvo efectos significativos en el crecimiento del VAB regional español en del período 1989-1995 y que el capital tecnológico también lo impulsó, aunque en menor medida. Asimismo, agregando los distintos componentes del capital público mediante el análisis factorial dinámico, se ha apreciado que las infraestructuras de transporte (con excepción de las ferroviarias), las obras hidráulicas y las infraestructuras de las corporaciones locales –por este orden– explican el crecimiento del VAB regional de esos años, con elasticidades mayores que las de las infraestructuras sociales o el resto del capital público.

Para mejorar los resultados obtenidos puede avanzarse en diferentes frentes. Así, puede paliarse la correlación entre algunas de las variables aplicando técnicas de análisis factorial dinámico a las series de capital humano y de empleo. Pueden introducirse otras variables explicativas como una tendencia o variables ficticias regionales para grupos de comunidades autónomas similares, de forma que esta reducción genere un aumento en el número de grados de libertad en las estimaciones. También pueden realizarse las regresiones utilizando otras variables *proxy* como los años medios de estudios u otros indicadores sintéticos que mejoren la cuantificación del capital humano. Por otra parte, pueden emplearse índices de utilización de la capacidad productiva regionales para corregir el efecto del ciclo económico. Asimismo, cabe utilizar otros procedimientos de estimación como sistemas de ecuaciones, mínimos cuadrados generalizados, etc. Finalmente, interesa profundizar en las estimaciones para sectores productivos concretos.

Referencias bibliográficas

- Argimón, I.; González-Páramo, J. M.; Martín, M. J. y Roldán, J. M. (1994): "Productividad e infraestructuras en la economía española", *Moneda y Crédito*, 198, págs. 207-252.
- Aschauer, D.A. (1989): "Is public expenditure productive?", *Journal of Monetary Economics*, 23, págs. 177-200.
- Avilés Zugasti, C. A.; Gómez García, R. y Sánchez Maldonado, J. (2003): "Capital público, actividad económica privada y efectos desbordamiento: Un análisis por Comunidades Autónomas de los sectores Industria y Construcción en España, *Hacienda Pública Española/ Revista de Economía Pública*, 165-(2/2002), pp. 25-51.
- Bajo, O. y Sosvilla, S. (1993): "Does public capital affect private sector performance? An analysis of the Spanish case 1964-1988", *Economic Modelling*, 10, págs. 179-185.
- Boscá, J. E.; Escribá, J. y Dabán, T. (1999): "Capital privado e infraestructuras en la producción industrial regional", *Revista de Economía Aplicada*, 21, págs. 61-94.
- Boscá, J. E.; Escribá, J. y Murgui, M. J. (2001): "The effect of public infrastructures on the private productive sector of Spanish Regions", Documentos de Trabajo de la Dirección General de Presupuestos (Ministerio de Hacienda), D-2001-03.
- Dabán Sánchez, T. y Murgui García, M. J. (1997): "Convergencia y rendimientos a escala en las regiones españolas: La base de datos BD.MORES", *Información Comercial Española*, 762, págs. 66-86.
- Dabán, T.; Díaz, A.; Escribá, F. J. y Murgui, M. J. (2002): "La base de datos BD.MORES", *Revista de Economía Aplicada*, X (30), págs. 165-184.
- De la Fuente, A. (1994): "Capital público y productividad". Esteban, J.M. y Vives, X. (1994): *Crecimiento y Convergencia Regional en España y Europa*. Volumen II, págs. 479-505. Barcelona: Instituto de Análisis Económico-CSIC.
- De la Fuente, A. (1996): "Infraestructuras y productividad: un panorama y algunos resultados para las regiones españolas", Paper de Treball 52.96, Universidad Autònoma de Barcelona.

- De la Fuente, A. *et al.* (2002): “Fondos estructurales, inversión en infraestructuras y crecimiento regional”, Mimeo, Instituto de Análisis Económico (CSIC), Barcelona.
- Draper, M. y Herce, J.A. (1994): “Infraestructuras y crecimiento: Un panorama”, *Revista de Economía Aplicada*, vol. 2, 6, págs. 129-168.
- Fernández Fernández, M. y Polo Andrés, C. (2001): “Capital público y productividad privada en España: Una panorámica”, *Revista Galega de Economía*, vol. 10, 1, págs. 1-28.
- Fernández, M. y Polo, C. (2002): “Productividad del capital público en presencia de capital tecnológico y humano”, *Revista de Economía Aplicada*, vol. X, 29, págs. 151-161.
- Gadea, M. D.; Montañés, A. y Pérez Ximénez de Embún, D. (2003): “Índice FUNDEAR: un sistema de indicadores sintéticos de coyuntura para la economía aragonesa”, Documento de Trabajo 2/2003, Fundación de Economía Aragonesa.
- García-Fontes, W. y Serra de la Figuera, D. (1994): “Capital público, infraestructura y crecimiento”. Esteban, J.M. y Vives, X. (1994): *Crecimiento y Convergencia Regional en España y Europa*. Volumen II, págs. 451-477. Barcelona: Instituto de Análisis Económico-CSIC.
- González Páramo, J.M. (1995): “Infraestructuras, productividad y bienestar”, *Investigaciones Económicas*, vol. XIX, 1, págs. 155-168.
- Griliches, Z. (1979): “Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth”, *Bell Journal of Economics*, vol. 10, 1, págs. 92-116.
- Griliches, Z. (1986): “Productivity, R&D, and Basic Research at the Firm Level in the 1970's”, *American Economic Review*, vol. 76, nº 1, págs. 141-154.
- Hirschman, A.O. (1958): *The Strategy of Economic Development*. New Haven.
- Mas, M.; Maudos, J.; Pérez, F. y Uriel, E. (1993a): “Capital público y productividad de la economía española”, WP-EC 93-08, IVIE.
- Mas, M.; Maudos, J.; Pérez, F. y Uriel, E. (1993b): “Competitividad, productividad industrial y dotaciones de capital público”, *Papeles de Economía Española*, 56, págs. 144-160.

- Mas, M.; Maudos, J.; Pérez, F. y Uriel, E. (1994): “Capital público y productividad en las regiones españolas”, *Moneda y Crédito*, 198, págs. 163-192.
- Mas, M.; Maudos, J.; Pérez, F. y Uriel, E. (1996): “Infrastructures and Productivity in the Spanish Regions”, *Regional Studies*, vol. 30, 7, págs. 641-649.
- Meade, J. (1952): “External Economies and Diseconomies in a Competitive Situation”, *Economic Journal*, 62, págs. 54-67.
- Munnell, A y Cook, L. (1990): “How Does Public Infrastructure Affect Regional Economic Performance?”, *New England Economic Review, Federal Reserve Bank of Boston*, págs. 10-32.
- Pastor, J. M. y Serrano, L. (2002): “El valor económico del capital humano en España”, Documento de Trabajo, Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas-Bancaja.
- Sanaú, J. (1997): “La contrastación de la hipótesis del capital público en España: principales aportaciones”, *Cuadernos Aragoneses de Economía*, vol. 7, 2, págs.
- Soete, L. y Patel, P. (1985): “Recherche-Développement, importations de technologie et croissance économique. Une tentative de comparaison internationales”, *Revue Économique*, vol. 36, 5, págs. 975-1000.

Anexo I: La base de datos

VAB regional:(valor añadido bruto a coste de los factores) (miles de euros de 1990)¹³

Se han tomado los datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística y se han valorado en euros de 1990, aplicando el deflactor del VAB y la paridad irrevocable entre la peseta y el euro.

Empleo

Se han tomado los datos de la Contabilidad Regional de España que elabora el Instituto Nacional de Estadística.

Stock de Capital físico privado

¹³ Todas las variables monetarias han sido transformadas a miles de euros de 1990 debido a que las cifras de capital público y privado publicadas por FBBVA-IVIE están dichas unidades y debido a que los deflactores son aplicados sobre las series de inversión y no sobre los *stocks* estimados, luego es un ejercicio arduo el intentar cambiar el año base para el *stock* de capital.

Se ha empleado el *stock* de capital privado no residencial valorado en euros de 1990 que calculan Fundación BBVA e IVIE.

Stock de Capital Público

Se han utilizado las series de FBBVA-IVIE expresadas en euros de 1990. Hay datos de nueve funciones: carreteras, infraestructuras hidráulicas, estructuras urbanas de corporaciones locales, puertos, ferrocarril, educación, sanidad, aeropuertos y resto de funciones de las administraciones públicas. El capital público económico está compuesto por la agregación de las siguientes funciones: carreteras, infraestructuras hidráulicas, estructuras urbanas de corporaciones locales, puertos, ferrocarril y aeropuertos. También se han empleado las series de capital social (educación y sanidad) y de capital público total (económico, social y resto de capital público).

Capital Humano

Se ha trabajado con la población ocupada con estudios medios, serie 1964-2001, en miles de personas, del IVIE. Los datos son para el conjunto de la economía. También se emplearon las distintas medidas del capital humano que proponen Pastor y Serrano (2002) para el decenio de 1990 como *capital humano productivo*, *capital humano riqueza*, *capital humano productivo debido a la educación*, *capital humano debido a la experiencia de la población ocupada* o *capital humano debido a la educación de la población ocupada*.

Capital Tecnológico

Se han empleado tanto las cifras de personal en I+D en EDP del INE como los gastos internos en I+D con los que pueden calcularse los *stocks* tecnológicos, según se detalla en el Anexo II.

Anexo II: La estimación del capital tecnológico

El *stock* de capital tecnológico trata de representar el conjunto de conocimientos adquiridos a través de la realización de actividades de investigación y desarrollo, deduciendo los elementos obsoletos o que carecen de aplicación. Para estimar el *stock* se utiliza una función que acumula los gastos incurridos en la financiación de las actividades de I+D y descuenta una parte de los realizados en el pasado debido a la depreciación de los conocimientos y resultados tecnológicos. Los gastos en I+D están

sujetos a cierto retardo en su incorporación al *stock*, ya que se supone que los resultados de estas actividades no son inmediatos.

Una función genérica, siguiendo la propuesta de Soete y Patel (1985), sería $R_t = \sum \theta_i \cdot GID_{t-i}$, donde R es el *stock* de capital tecnológico en el período t, θ_i se refiere a la estructura de retardos temporales con que se incorpora el gasto en I+D al *stock* y también recoge la tasa de depreciación del capital tecnológico y GID es el gasto interno en I+D.

El método que se plantea utilizar es el del inventario permanente (MIP), que parte de un *stock* inicial, le añade anualmente el gasto en inversión bruta y le deduce la depreciación imputable.

Partimos de los datos de la “Estadística sobre las actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico (I+D)” que elabora el INE. Esta publicación suministra datos regionalizados de gasto interno corriente en I+D por comunidades autónomas desde 1987, siendo 2001 el último dato de que se dispone en el momento de elaboración de este trabajo. En consecuencia, la serie de datos es bastante corta, ya que se limita al periodo temporal 1987-2001.

Las series han sido deflactadas al año 1990, al igual que otras variables. En algunos trabajos se han propuesto deflactores propios del gasto en I+D, tarea excesivamente ardua en el caso de comunidades autónomas. Siguiendo otros trabajos hemos tomado el deflactor del PIB regional enlazando las series de la Contabilidad Regional base 1986 con las de la base 1995.

Hasta 1990 se utiliza la siguiente fórmula para deflactarlos (fórmula equivalente se utiliza para los datos en euros)

$$GIDPtas_{t/90} = \frac{GIDPtas_{t/t}}{DEFLACTOR_{t/90}} \cdot 100 \text{ (millones de pesetas)}$$

Los datos en millones de pesetas de 1990 se transforman a miles de euros de 1990

$$GID\epsilon_{t/90} = \frac{GIDPtas_{t/90}}{166,386} \cdot 1000 \text{ (miles de euros)}$$

Disponemos, finalmente, de las series de gasto interno en I+D por comunidades autónomas y sectores (total, empresas, enseñanza superior, administración pública e instituciones privadas sin fines de lucro) para los años 1987 a 2001 en euros de 1990¹⁴.

Existen distintas formas de introducir los retardos en el modelo. Un método sencillo y habitualmente practicado en la literatura empírica es suponer que $\theta=2$, de manera que entre el gasto en I+D y su incorporación total al capital tecnológico transcurren dos años. Otros trabajos consideran métodos que incorporan progresivamente los gastos en I+D al *stock* tecnológico.

En cuanto a la tasa de depreciación, se han utilizado las habituales. En nuestro caso hemos realizado las estimaciones suponiendo tasas del 10%, 15% y 20%. Para el trabajo se ha utilizado la del 15% y los resultados con otras tasas muestran escasa sensibilidad.

Siguiendo el método propuesto por Griliches (1979) y utilizado por buena parte de la literatura empírica revisada, el *stock* de capital inicial R se calculó como:

$$\left. \begin{aligned} R_{i,t+1} &= GID_{i,t+1-\theta} + (1-\delta)R_{i,t} \\ R_{i,t+1} &= (1+g_i) \cdot R_{i,t} \end{aligned} \right\} GID_{i,t+1-\theta} + (1-\delta)R_{i,t} = (1+g_i) \cdot R_{i,t} \Rightarrow GID_{i,t+1-\theta} = [1+g_i - (1-\delta)]R_{i,t}$$

de donde se obtiene $R_{i,t} = \frac{GID_{i,t+1-\theta}}{g_i + \delta}$, siendo t el periodo inicial, $R_{i,t}$ el *stock* inicial de capital tecnológico, θ la estructura de retardos, el retardo medio entre la realización de los gastos y la derivación de sus efectos (reduciendo de esta forma posibles sesgos de simultaneidad), g_i la tasa media anual acumulativa de crecimiento¹⁵ de los gastos en I+D¹⁶ y pagos por patentes de la región i durante un período (nosotros hemos tomado varios escenarios posibles 1987-2001, 1989-1999 y 1992-1996) y δ es la tasa de depreciación del *stock* tecnológico (10, 15 y 20%) En nuestro caso la fórmula para el cálculo del *stock* inicial, que correspondería al año 1988, para la región i sería la siguiente $R_{i,88} = \frac{GID_{i,t+1-2}}{g_i + \delta} = \frac{GID_{i,87}}{g_i + \delta}$

¹⁴ Debemos tener en cuenta que en el concepto gastos internos se incluyen tanto los gastos de capital como los gastos corrientes.

¹⁵ Esta tasa se calcula a partir de la fórmula del valor final de una inversión, en nuestro caso de la siguiente fórmula $GID_F = GID_0(1+g_i)^n$ debemos despejar g_i de tal forma que $g_i = \sqrt[n]{\frac{GID_F}{GID_0}} - 1$. En

caso de que $g_i < 0$ tomamos $g_i = 0$.

¹⁶ Sería más relevante la inclusión también de los pagos por patentes tecnológicas pero no se dispone de estos datos regionalizados.

CUADRO 1. FUNCION DE PRODUCCION REGIONAL (1988-1995)

Variable dependiente Log (Y/K)
Modelo de efectos aleatorios
Estimación efectuada en primeras diferencias de las variables

VARIABLES	<1>	<2>	<3>	<4>	<5>
log (N/K)	0,696 [11,924]	0,669 [11,911]	0,695 [12,074]	0,696 [11,668]	0,670 [11,841]
log (G/K)		0,238 [3,423]			0,234 [3,475]
log (KT/K)			0,059 [2,209]		0,058 [2,242]
log (KH/K)				0,003 [0,080]	-0,013 [-0,342]
adj R ²	0,568	0,609	0,575	0,564	0,610
SE	0,018	0,017	0,018	0,018	0,017
TH	1,127	1,521	1,178	1,564	2,154
Nº observac.	119	119	119	119	119

NOTAS:

N es el factor trabajo; K, el capital privado no residencial; G, el del *stock* de capital público total; KT, el del capital tecnológico; y KH, el del capital humano.

Los valores entre paréntesis son t-ratios.

TH es el valor del estadístico del Test de Hausman

SE es el error estándar de la regresión

CUADRO 2. FUNCION DE PRODUCCION REGIONAL (1988-1995)

Variable dependiente Log (Y/K)
Modelo de efectos aleatorios
Estimación efectuada en primeras diferencias de las variables

VARIABLES	<1>	<2>	<3>	<4>	<5>
log (N/K)	0,650 [10,305]	0,642 [10,306]	0,644 [10,560]	0,688 [10,963]	0,677 [11,567]
log (FG/K)	0,147 [1,896]	0,187 [2,393]			
log (FGEC/K)			0,161 [2,749]		
log (FGSOC/K)				0,009 [0,100]	
log (FGTPTE/K)					0,077 [2,032]
log (KT/K)		0,064 [2,547]	0,062 [2,505]	0,060 [2,164]	0,064 [2,406]
log (KH/K)		-0,021 [-0,538]	-0,002 [-0,061]	0,008 [0,206]	-0,003 [-0,082]
adj R ²	0,571	0,577	0,579	0,573	0,582
SE	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018
TH	1,495	0,927	0,749	8,280	0,852
Nº observac.	119	119	119	119	119

NOTAS:

N es el factor trabajo; K, el capital privado no residencial; FG, el coeficiente del primer componente principal dinámico del *stock* de capital público total; FGEC, el coeficiente del primer componente principal dinámico del *stock* de capital público económico; FGSOC, el coeficiente del primer componente principal dinámico del *stock* de capital público social; FGTPTE, el coeficiente del primer componente principal dinámico del *stock* de infraestructuras de transporte; KT, el coeficiente del capital tecnológico; y KH, el coeficiente del capital humano.

Los valores entre paréntesis son t-ratios.

TH es el valor del estadístico del Test de Hausman

SE es el error estándar de la regresión

CUADRO 3. FUNCION DE PRODUCCION REGIONAL (1988-1995)

Variable dependiente Log (Y/K)
Modelo de efectos aleatorios
Estimación efectuada en primeras diferencias de las variables

VARIABLES	<1>	<2>	<3>	<4>	<5>	<6>
log (N/K)	0,641 [10,325]	0,644 [10,701]	0,656 [11,093]	0,667 [11,415]	0,677 [11,761]	0,678 [11,704]
log (FG/K)	0,172 [2,365]					
log (FGEC/K)		0,160 [2,793]				
log (FGTPTEOH/K)			0,134 [2,569]			
log (FGTPTECL/K)				0,098 [2,204]		
log (FGTPTE/K)					0,076 [2,085]	
log (FGTPTESF/K)						0,077 [1,966]
log (KT/K)	0,064 [2,555]	0,062 [2,524]	0,061 [2,453]	0,064 [2,486]	0,064 [2,446]	0,065 [2,512]
adj R ²	0,580	0,582	0,581	0,583	0,583	0,578
SE	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018
TH	0,856	0,519	0,492	0,292	0,680	1,232
Nº observac.	119	119	119	119	119	119

NOTAS:

N es el factor trabajo; K, el capital privado no residencial; FG, el coeficiente del primer componente principal dinámico del *stock* de capital público total; FGEC, el coeficiente del primer componente principal dinámico del *stock* de capital público económico; FGTPTEOH el coeficiente del primer componente principal dinámico del *stock* de capital público en transportes y obras hidráulicas; FGTPTECL el coeficiente del primer componente principal dinámico del *stock* de capital público en transportes y en infraestructuras de las Corporaciones Locales; FGTPTE el coeficiente del primer componente principal dinámico del *stock* de capital público de transportes; FGTPTE el coeficiente del primer componente principal dinámico del *stock* de capital público de transportes excluidos los ferrocarriles; y KT, el coeficiente del capital tecnológico.

Los valores entre paréntesis son t-ratios.

TH es el valor del estadístico del Test de Hausman

SE es el error estándar de la regresión