

## **La efectividad de la inversión en infraestructuras públicas: una panorámica para la economía española y sus regiones**

J. E. Bosca, J. Escribá y M. J. Murgui \*

**RESUMEN:** En este trabajo se realiza una revisión de la literatura económica de los últimos años que ha abordado la cuantificación de los efectos macroeconómicos de las infraestructuras públicas, especialmente en el ámbito regional. El trabajo ofrece una visión de cuáles han sido, desde el punto de vista de los autores, las contribuciones y los planteamientos más significativos dentro de los enfoques de funciones de producción y de costes. En el análisis se pone el énfasis en los resultados obtenidos para el caso particular de la economía española. Asimismo, las conclusiones están íntegramente dedicadas a extraer algunas recomendaciones que deberían tenerse en cuenta en el futuro, a la hora de llevar a cabo las políticas económicas de inversión pública en infraestructuras en España.

**Clasificación JEL:** E23, H50, H54, R58.

**Palabras clave:** infraestructuras, regiones, funciones de producción, dualidad.

### **The effectiveness of public infrastructure investment: an overview for the Spanish economy and its regions.**

**ABSTRACT:** In this work we go through the economic literature that has quantified in the last years the macroeconomic effects of public infrastructures at the regional level. The paper offers, from the point of view of the authors, a review of the most significant contributions to the production function and cost function approaches. In the analysis we put the emphasis on results obtained for the Spanish economy. Likewise, the conclusions are entirely devoted to extract recommendations, that should be taken in mind, when designing public investment policies of infrastructure endowment in Spain.

**JEL Classification:** E23, H50, H54, R58.

**Keywords:** infrastructure, regions, production functions, duality.

---

\* Los autores agradecen la colaboración de Javier Ferri en versiones más amplias de este trabajo y la financiación recibida del FEDER y del proyecto ECO2009-09569.

Dirección para comentarios: [francisco.j.escriba@uv.es](mailto:francisco.j.escriba@uv.es); [jose.e.bosca@uv.es](mailto:jose.e.bosca@uv.es); [maria.j.murgui@uv.es](mailto:maria.j.murgui@uv.es).  
Dpto. Análisis Económico, Campus dels Tarongers. Avda. dels tarongers, s/n. 46022 - Valencia.

*Recibido: 8 de marzo de 2011 / Aceptado: 27 de junio de 2011.*

## 1. Introducción

En este trabajo se va a realizar una revisión de la literatura económica de los últimos años que ha abordado la cuantificación de los efectos macroeconómicos de las infraestructuras públicas, especialmente en el ámbito regional. El trabajo no va a ser exhaustivo, en el sentido de cubrir todas las aportaciones y enfoques que han analizado la cuestión, sino que más bien pretende ofrecer una visión de cuáles han sido, desde el punto de vista de los autores, las contribuciones y los planteamientos más significativos en el caso particular de la economía española. Como veremos, en España los economistas académicos han realizado un importante esfuerzo desde principios de la década de los noventa para, en primer lugar, dilucidar si las infraestructuras públicas son un input productivo más (junto al trabajo y el stock de capital privado) y, en segundo lugar, tratar de cuantificar sus efectos sobre el sector privado productivo de la economía.

La literatura ha utilizado diferentes aproximaciones al estudio empírico de los efectos del capital público sobre la actividad privada: el enfoque de funciones de producción, el enfoque dual tanto a través de funciones de coste como de beneficios, modelos vectoriales autorregresivos (VAR), modelos de crecimiento y modelos de equilibrio general<sup>1</sup>. El enfoque más usual ha sido el de funciones de producción, aunque cada vez más frecuentemente se observa la utilización del enfoque dual, que muchas panorámicas no recogen o tratan tangencialmente y al que dedicaremos en este survey un tratamiento especial. En efecto, en esta panorámica nos limitaremos a los dos enfoques citados en primer lugar.

El enfoque más comúnmente utilizado para abordar el análisis del efecto de las infraestructuras públicas sobre el output y la productividad de los países o regiones ha consistido en la estimación de funciones agregadas de producción. En gran parte el esquema teórico utilizado desde los trabajos seminales de Aschauer (1989a y b), ha consistido en ampliar los argumentos tradicionales (trabajo y capital privado) de la función de producción y estimar las elasticidades output de los diferentes tipos de capital (por ejemplo, la del capital público). Este enfoque ha sido utilizado en muchos casos bajo supuestos muy restrictivos (imposición de tecnología del tipo Cobb-Douglas, de rendimientos constantes, etc.), aunque no obstante, ha protagonizado en buena medida el debate sobre la cuantificación de los efectos macroeconómicos agregados de las infraestructuras [véanse, por ejemplo, las pioneras panorámicas de Gramlich (1994), Draper y Herce (1994), o de la Fuente (1996a). Revisiones de la literatura más reciente se encuentran en Romp y de Haan (2007), Straub (2008), o de la Fuente (2010)].

Los resultados obtenidos por Aschauer sobre la elevada elasticidad del output con respecto al capital público para el sector privado de la economía estadounidense

---

<sup>1</sup> Para una discusión de todos los diferentes enfoques puede consultarse Romp y de Haan (2007) y Torrisi (2009). En Kamps (2004) especialmente sobre el enfoque VAR, y en Díaz y Martínez (2006) sobre modelos de crecimiento.

despertaron el interés por esta literatura, dada la importancia que estos resultados otorgaban a la inversión en infraestructuras. Posteriormente, otros trabajos cuestionaron este elevado efecto sobre la productividad de las infraestructuras, apuntando diversos problemas de índole econométrica presentes en las estimaciones de Aschauer y cuestionando seriamente la magnitud del efecto de las infraestructuras públicas en la economía norteamericana. Al mismo tiempo que la literatura internacional sobre el tema debatía sobre estas cuestiones, también en España se abordó el debate de una forma bastante extensa. Es por ello que la segunda sección de este trabajo estará dedicada íntegramente a repasar los resultados que se han obtenido a escala nacional, a partir del denominado enfoque de Aschauer o de funciones agregadas de producción. Como veremos, una de las principales conclusiones de esta sección será que los estudios realizados para la economía española siguiendo este enfoque, han revelado casi siempre resultados mucho más optimistas respecto a los efectos macroeconómicos positivos de la inversión pública en infraestructuras, que los obtenidos para otros países de nuestro entorno.

El otro enfoque que más literatura ha generado en los últimos años es el denominado enfoque dual (Diewert, 1986), basado en lugar de en la estimación de funciones de producción, en la estimación de funciones de coste o de beneficio. La ventaja del enfoque dual es que permite aproximar de forma más completa que la función de producción los determinantes que influyen sobre el comportamiento de las empresas optimizadoras en una economía. A partir de la estimación de funciones de coste es posible rescatar la tecnología, es decir, los parámetros de la función de producción, y, además, tener en cuenta explícitamente el comportamiento minimizador de costes por parte de las empresas, cual es la demanda óptima de otros factores productivos y también considerar la incidencia de factores fijos a corto plazo, el grado de utilización de la capacidad productiva o la existencia de efectos escala.

En los estudios empíricos que se han realizado desde este enfoque para distintos países y para España, el objetivo fundamental ha sido estudiar el efecto de las infraestructuras públicas. En general, se ha obtenido en casi todos los casos evidencia bastante contundente del impacto positivo del capital público sobre el output o la productividad privadas. No obstante, la magnitud de dicho impacto dista mucho de estar consensuada en la literatura tanto internacional, como española. Al igual que tampoco existe consenso sobre el grado de complementariedad o de sustituibilidad entre capital público y el resto de factores productivos, que es otro de los aspectos que se pueden analizar desde este enfoque. La tercera sección de este trabajo estará completamente dedicada a repasar cuáles han sido los resultados más importantes obtenidos a partir del enfoque dual, haciendo de nuevo especial hincapié en el caso español.

Uno de los problemas importantes cuando se buscan en la literatura resultados acerca del impacto del capital público en las economías, aparece cuando se pretenden cuantificar los efectos macroeconómicos de diferentes agregados de infraestructuras. Así, en general, la mayoría de los trabajos publicados al respecto, independientemente del enfoque que adopten, utilizan medidas muy agregadas del capital público. Por ejemplo, la mayoría de trabajos que utilizan el enfoque de funciones de producción

empezaron empleando medidas del capital público total de la economía, pero fueron decantándose hacia los efectos de las infraestructuras económicas. Por su parte, la mayoría de los estudios que utilizan el enfoque dual analizan únicamente el efecto del capital público productivo o infraestructuras económicas, es decir, no consideran las infraestructuras sociales. Según esta clasificación, propuesta por Hansen (1965), las infraestructuras económicas son aquellas que apoyan directamente a las actividades productivas y agrupan a las infraestructuras de transporte, las destinadas a la prestación de servicios públicos de abastecimiento de agua, electricidad y gas natural, las destinadas a la prestación de servicios de telecomunicaciones y las relacionadas con la gestión del suelo. Por lo que respecta a las infraestructuras sociales están integradas fundamentalmente por las educativas y sanitarias, y los centros asistenciales y culturales, las infraestructuras de medio ambiente y una serie de instalaciones como comisarías de policía, estaciones de bomberos o ayuntamientos.

Aunque ya se ha hecho mención a ello en los párrafos previos, la estructura de este trabajo es la siguiente. La sección 2 repasa los hallazgos más notables de los estudios para España que han abordado los efectos macroeconómicos de las infraestructuras, a partir del enfoque de funciones de producción. Por su parte, en la tercera sección se realiza un ejercicio similar, pero para la literatura nacional que ha abordado el problema utilizando el enfoque dual. Por último, en la sección 4 se llevan a cabo toda una serie de consideraciones finales y recomendaciones que deberían tenerse en cuenta en el futuro, a la hora de llevar a cabo las políticas económicas de inversión pública en infraestructuras.

## **2. El enfoque basado en la función de producción**

Desde finales de los años ochenta una parte importante de la literatura económica ha concentrado notables esfuerzos en tratar de cuantificar el impacto económico de la inversión pública en infraestructuras. El trabajo pionero de Aschauer (1989a) fue el detonante de un intensísimo debate, que se inició en Estados Unidos, pero que rápidamente se fue extendiendo al análisis de otras economías desarrolladas.

¿Por qué los resultados del trabajo de Aschauer alcanzaron tanta relevancia? Fundamentalmente por tres razones. En primer lugar, porque Aschauer presentó evidencia empírica, en principio bastante sólida, de que el gasto público en infraestructuras era muy productivo para el conjunto del sector privado de la economía estadounidense. En segundo lugar, porque dicho efecto productivo era cuantitativamente muy importante. Y, por último, porque estos resultados permitían dar una explicación sencilla y económicamente verosímil, de por qué se estaba produciendo una caída considerable de las tasas de crecimiento en muchos países desarrollados, respecto a las prevalecientes una década antes.

Para poder entender de una forma adecuada los diferentes resultados que la literatura posterior a Aschauer ha generado, lo primero que vamos a hacer en este apartado es una breve descripción del instrumental analítico y las técnicas estadísticas

utilizadas por este autor para obtener sus resultados. Así, tradicionalmente, cuando los economistas han pretendido analizar los determinantes agregados de la productividad de un país o una región, han hecho uso del concepto de función de producción agregada.

De hecho, la principal aportación de Aschauer consistió en estimar una de esas funciones de producción agregadas, ampliando los argumentos tradicionales de la misma (stock de capital privado y trabajo) con el stock de capital público productivo. La forma funcional elegida por el autor, que además ha sido la más frecuentemente utilizada en trabajos posteriores, fue la función de producción del tipo Cobb-Douglas:

$$Y_{it} = A_{it} K p_{it}^{\alpha} K g_{it}^{\beta} L_{it}^{\gamma} \quad (1)$$

donde  $Y_{it}$  es el output del país o región  $i$  en el momento  $t$  y  $Kp$ ,  $Kg$  y  $L$  denotan las dotaciones de capital físico privado, de capital público productivo (infraestructuras) y de trabajo, respectivamente. Adicionalmente,  $A_{it}$  es un indicador del nivel de eficiencia técnica, que recoge el estado de la tecnología en el momento  $t$ . Por último,  $\alpha$ ,  $\beta$ , y  $\gamma$  miden las elasticidades del output respecto a cada uno de los tres argumentos de la función de producción. Nótese que la función de producción anterior se puede estimar de forma muy sencilla utilizando técnicas econométricas al uso. Así, utilizando letras minúsculas para indicar que las variables están expresadas en logaritmos, y añadiendo una perturbación aleatoria ( $u_{it}$ ), la ecuación finalmente estimada por Aschauer fue la siguiente:

$$y_{it} = a_{it} + \alpha k p_{it} + \beta k g_{it} + \gamma l_{it} + u_{it} \quad (2)$$

Las estimaciones econométricas de Aschauer, como se comentó anteriormente, produjeron valores estimados de la elasticidad output del capital público (el coeficiente  $\beta$ ) en el entorno de 0.24-0.39. Estos valores, sin embargo, parecían demasiado elevados para muchos autores, que empezaron a indagar si constituían una medición razonable del impacto de las infraestructuras públicas en las economías desarrolladas. Para comprobarlo, se empezaron a cuestionar los supuestos, las restricciones y la especificación econométrica empleada por Aschauer, para analizar si era posible seguir obteniendo impactos tan importantes de las infraestructuras públicas en las economías. ¿Cuáles eran esas críticas metodológicas al enfoque de Aschauer?

En primer lugar, se sospechó que los resultados se debieran a un problema de causación inversa. Es decir, en realidad en las estimaciones bien podría ocurrir que el elevado coeficiente del capital público fuera debido a que el crecimiento del output es el que genera crecimiento del stock de infraestructuras, en lugar de al revés.

En segundo lugar, las estimaciones de la elasticidad output del capital público podrían estar sesgadas, al estar omitiéndose en las estimaciones otras variables relevantes. Así, el coeficiente del capital público podría estar recogiendo el efecto de, por ejemplo, el capital humano o del stock de I+D.

En tercer lugar, podría haber un problema econométrico grave, conocido como el problema de regresiones o correlaciones «espúreas». La causa de este problema sería la no estacionariedad de las series económicas. La solución econométrica consistiría en emplear técnicas de cointegración y/o estimar la función de producción en primeras diferencias en lugar de en niveles.

En cuarto lugar, también se vertieron críticas a la propia forma funcional elegida por Aschauer. La especificación del tipo Cobb-Douglas resulta poco flexible, ya que no admite, por ejemplo, analizar el grado de complementariedad o sustituibilidad entre los factores productivos (otras formas funcionales, como la translogarítmica, sí que admiten este tipo de análisis). Además, los resultados pueden ser muy sensibles a la imposición o no del supuesto de rendimientos constantes a escala (si bien este supuesto se puede contrastar estadísticamente).

En quinto lugar, otro de los factores que pueden estar en la raíz de la obtención de unas u otras elasticidades output del capital público son los propios datos empleados. Así, las estimaciones pueden estar sesgadas si existe error en la medición del capital público (o en otras variables). Nótese que en la función de producción, se debe incluir una magnitud que valore adecuadamente la cantidad y la calidad de los servicios ofrecidos por las infraestructuras. Esto no es siempre necesariamente así con los datos habitualmente empleados, ya que la técnica habitual para construir los stocks de capital público consiste en computar el valor monetario del mismo (convenientemente actualizado), lo que no tiene por qué reflejar de manera adecuada el flujo de servicios del capital.

Por último, otro aspecto relevante a la hora de estimar funciones de producción, que también tiene que ver con los datos empleados, es el grado de desagregación utilizado. Las funciones de producción se pueden estimar a partir de datos de serie temporal para un único país o región, por lo que las técnicas econométricas a emplear serán las propias del análisis de series temporales. Alternativamente, se pueden desagregar los datos por regiones o Estados, conformando paneles de datos, es decir, combinando observaciones temporales con observaciones regionales. Las técnicas empleadas en este caso (técnicas de panel) permiten, potencialmente, captar efectos distintos del capital a lo largo del tiempo o entre individuos (sean éstos, regiones o Estados).

## **2.1. El caso español**

En este apartado se va a hacer un especial hincapié en los términos en los que se ha desarrollado en España el debate sobre los efectos de las infraestructuras a partir de la estimación de funciones de producción. En este sentido, la riqueza y la calidad de los datos con los que se cuenta en nuestro país ha sido un activo de gran valor, que ha permitido la proliferación de bastantes trabajos que han estudiado y profundizado en el papel que juegan las infraestructuras en el desarrollo económico de nuestro país.

Los estudios realizados para la economía española siguiendo el enfoque de funciones de producción han revelado casi siempre resultados mucho más optimistas respecto a los efectos macroeconómicos positivos de la inversión pública en infraestructuras, que los obtenidos para el caso norteamericano. En concreto, tanto los análisis del impacto de las infraestructuras que utilizan datos anuales para toda la economía española [Bajo y Sosvilla (1993), Argimón *et al.* (1994), Mas *et al.* (1993a), Flores, Gracia y Pérez (1993), García-Fontes y Serra (1994), Flores (1994), González-Páramo (1995), Fernández (1999), Fernández y Polo (2001 y 2002) y Álvarez y Polo (2008) entre otros], como los que utilizan datos de panel para las comunidades autónomas<sup>2</sup> [Mas *et al.* (1994), García-Fontes y Serra (1994), de la Fuente (1994), Mas *et al.* (1996), Moreno y Artís (1996), Dabán y Murgui (1997), Dabán y Lamo (1999), Gorostiaga (1999), Delgado y Álvarez (2000), Goerlich y Mas (2001), Bajo, Díaz y Montávez (2002), Pereira y Roca (2003)<sup>3</sup>, Álvarez *et al.* (2003), Mas y Maudos (2004), de la Fuente y Doménech (2006), Escribá y Murgui (2007) o Peña (2008) entre otros], siempre obtienen resultados positivos aunque en muchos casos de menor magnitud que los obtenidos por Aschauer. No obstante, los valores concretos estimados de la elasticidad output del capital público muestran una gran varianza, lo que hace difícil cuantificar la magnitud concreta del impacto macroeconómico de una política pública de dotación de infraestructuras en España.

No obstante, vamos a intentar dar algunas «pistas» que pensamos pueden ayudar a entender estas discrepancias en los resultados. Así pues, en principio, existen dos claros candidatos a justificar las divergencias obtenidas: la utilización de series de datos diferentes según trabajos y/o los distintos métodos econométricos empleados en las estimaciones<sup>4</sup>.

Respecto a los datos utilizados, existen al menos dos factores que avalarían la obtención de diferencias importantes en las elasticidades estimadas.

En primer lugar, el tipo (o definición) de capital público utilizado en las estimaciones es un factor que condiciona los resultados obtenidos. Así, hay trabajos que utilizan el capital público total, otros solamente las infraestructuras económicas (o capital público productivo). Adicionalmente, también se distingue entre el capital público provisto únicamente por el Estado Central, por el conjunto de las administraciones públicas, o el que tiene un carácter de infraestructura pública aunque no sea provisto por las administraciones públicas. También hay autores que, al utilizar datos desagregados por regiones, incluyen en la variable de capital público una parte del

---

<sup>2</sup> Existen otros trabajos, como los de Mas *et al.* (1993b), Sanaú (1995), Dabán y Lamo (1999) y Lanzas y Martínez (2003), que sólo analizan el sector manufacturero español.

<sup>3</sup> En otro interesante trabajo Pereira y Roca (2006) encuentran evidencia de que las infraestructuras contribuyen a crear disparidades entre regiones debido a que favorecen a las centrales y perjudican a las periféricas.

<sup>4</sup> En el trabajo de González-Páramo (1995) se reestiman por Mínimos Cuadrados No Lineales los modelos de Bajo y Sosvilla (1993), Mas *et al.* (1993a) y Argimón *et al.* (1994) para intentar discernir las causas de las diferencias en los resultados obtenidos para las elasticidades *output* del capital público estimadas. El trabajo concluye que estas diferencias se deben, fundamentalmente, a los distintos métodos de estimación empleados y no a las diferentes series de capital público utilizadas.

correspondiente al de las regiones colindantes. Finalmente, aunque la mayoría de trabajos utilizan una medida monetaria del capital, Delgado y Álvarez (2000) y Álvarez *et al.* (2003) utilizan medidas físicas. También Dabán y Lamo (1999), aunque utilizan el coste monetario lo corrigen por factores como la orografía y el clima. Aunque esta heterogeneidad en las medidas de capital público utilizadas dificulta establecer conclusiones generales, sí que es posible concluir que los valores más pequeños estimados para el parámetro de la elasticidad output del capital público se dan cuando se utiliza el capital total (que incluye el productivo y el social) como medida del capital público. Si sólo se incluyen las infraestructuras productivas, los valores obtenidos aumentan y, finalmente, la inclusión del capital público productivo de las regiones colindantes suele incrementar todavía más la magnitud de la elasticidad output del capital público estimada<sup>5</sup>.

En segundo lugar, otro aspecto de los datos que también permite extraer algunas conclusiones genéricas es la existencia de diferencias de unos trabajos a otros, respecto a la inclusión o no de otras variables relevantes en la estimación de la función de producción, e incluso en la forma de incluirlas. De esta forma, en aquellos estudios que utilizan como medida del empleo únicamente el trabajo asalariado [por ejemplo los de Bajo y Sosvilla (1993), Flores *et al.* (1993), Argimón *et al.* (1994) y González-Páramo (1995)], los valores estimados de las elasticidades output del capital público y privado suelen ser mayores. Resultados diferentes también se obtienen si el output es el total de la economía, del sector privado, del sector productivo privado con o sin sector financiero. Por otro lado, las estimaciones de la elasticidad output de las infraestructuras pueden estar sesgadas si se omiten variables relevantes. En general la introducción del capital tecnológico y/o capital humano en funciones de producción regionales o incluso agregadas en nuestro país ha conducido siempre a destacar su elevada rentabilidad comparada con otros tipos de capital<sup>6</sup>. Fernández y Polo (2002) encuentran evidencia de que el efecto de las infraestructuras sobre la productividad privada se va desvaneciendo cuando incluyen estas otras variables como el stock de I+D y el capital humano, enfatizando la sensibilidad de la elasticidad de las infraestructuras a las variables omitidas<sup>7</sup>.

El otro gran candidato para explicar las grandes diferencias que se observan en los valores estimados para las elasticidades *output* es la heterogeneidad en los métodos de estimación empleados. Aunque muchos de los estudios intentan subsanar algunas de las críticas vertidas a los trabajos iniciales de Aschauer, las técnicas empleadas difieren sustancialmente. Así, existe un primer grupo de trabajos cuyo deno-

---

<sup>5</sup> En el documento de trabajo de Bosca *et al.* (2010) se incluye un apéndice en el que se especifica la definición de capital de cada uno de los trabajos que se citan en este papel. Igualmente se recogen aquellos que consideran el capital de las regiones colindantes. En todos los casos se reportan los valores de las elasticidades que se obtienen.

<sup>6</sup> Lafuente *et al.* (1985), López y Sanaú (2001), Fernández y Polo (2002), Balmaseda y Melguizo (2003), Gumbau y Maudos (2006) y Escribá y Murgui (2007) en lo que se refiere al capital tecnológico; De la Fuente (1994), De la Fuente y Vives (1995), Dabán y Murgui (1997), Fernández (1999) y Fernández y Polo (2002), De la Fuente y Doménech (2006), en cuanto al capital humano.

<sup>7</sup> Incluso comienzan los trabajos que incluyen el capital social en las funciones de producción (Sainz *et al.*, 2010).

minador común es la utilización de técnicas de series temporales. En concreto, Bajo y Sosvilla (1993), Argimón *et al.* (1994) y González-Páramo (1995) utilizan técnicas de cointegración; García-Fontes y Serra (1994) estiman en primeras diferencias; Mas *et al.* (1993a) y Fernández y Polo (2002) estiman las variables en niveles utilizando mínimos cuadrados ordinarios. Por otra parte, otra importante corriente en la literatura aborda el problema utilizando datos desagregados regionalmente y, por tanto, estimando paneles de datos utilizando efectos fijos (con las variables en niveles como en García-Fontes y Serra, 1994, Mas *et al.* 1994 y 1996, Álvarez *et al.*, 2003, Mas y Maudos (2004), Escribá y Murgui, 2007 y Peña, 2008; o las variables en primeras diferencias como en Delgado y Álvarez, 2000 o en de la Fuente y Doménech, 2006) o efectos aleatorios (Moreno y Artís, 1998). Es fácil comprobar que, en general, la utilización de técnicas de estimación de series temporales suele conducir a la obtención de valores estimados de la elasticidad output del capital público más elevados que si se utilizan datos desagregados regionalmente y, por tanto, técnicas de datos de panel. No obstante, tampoco hay que olvidar que algunos autores también interpretan esta disminución del valor de la elasticidad estimado al utilizar datos de corte transversal, como evidencia de que una parte de los efectos positivos de las infraestructuras se dispersan hacia otras regiones (existencia de *spillovers*).

Otro aspecto ligado a las técnicas de estimación tiene que ver con la forma funcional elegida en las estimaciones. Así, aunque la mayoría de estudios utilizan funciones de producción del tipo Cobb-Douglas, las variables incluidas, las hipótesis sobre rendimientos a escala y otros supuestos utilizados en las especificaciones concretas los diferencian. Aunque es difícil establecer conclusiones de índole general a este respecto, sí que existen algunos patrones comunes en bastantes trabajos. Por ejemplo, los valores estimados para la elasticidad output del capital público suelen presentar valores más elevados cuando se impone en las estimaciones la hipótesis de rendimientos constantes a escala<sup>8</sup>. Por otra parte, el valor estimado de la elasticidad output del capital público suele ser más bajo cuando se realizan correcciones del capital privado para controlar los efectos del ciclo económico (utilizando medidas de utilización de la capacidad productiva) y también cuando se incluye una tendencia temporal en la especificación econométrica.

## 2.2. Conclusiones

Si se analizan en su conjunto los resultados sobre la influencia de las infraestructuras en la productividad privada, la conclusión es que existe un cierto consenso sobre que las infraestructuras son un input productivo más, pero que no existe en absoluto acuerdo sobre la magnitud de sus efectos. En otras palabras, existen casi tantas estimaciones distintas de la elasticidad output, no sólo del capital público, sino también del capital privado o del trabajo, como estudios se han realizado. La razón

---

<sup>8</sup> En Fernández (1999) se replican las estimaciones de algunos trabajos previos, como el de Argimón *et al.* (1994), que corroboran este resultado. También en el trabajo de Álvarez *et al.* (2003) se obtienen mayores valores de la elasticidad estimada si se imponen rendimientos constantes a escala.

de esta disparidad de resultados es que muchos de los trabajos donde se estimaban estas elasticidades a partir de funciones de producción tipo Cobb-Douglas, estaban preocupados fundamentalmente por utilizar métodos econométricos que superaran las críticas metodológicas que se habían vertido a los trabajos de Aschauer. En consecuencia, en general se ha prestado gran atención a la magnitud (y el signo) de estas elasticidades y, por tanto, a sus implicaciones directas sobre el *output*, pero se ha descuidado el análisis de otras implicaciones económicas que dichos valores comportan. Dicho de otra forma, en general se ha discutido poco en la literatura sobre la coherencia y las implicaciones económicas que hay detrás de algunos de los valores estimados en los distintos trabajos.

La pregunta inmediata es cuál sería un valor, o rango de valores, verosímil para la elasticidad *output* del capital público y por qué. En este sentido, también algunos autores han arrojado una cierta luz. El primer criterio es lo que De la Fuente (1996a) denomina «el sentido común», es decir, exigir de las estimaciones que, aparte de criterios de bondad estadística, ofrezcan estimaciones sensatas de todos los coeficientes estimados y no sólo del coeficiente del capital público. ¿Qué son estimaciones sensatas? Por ejemplo, que los coeficientes del capital privado más público y del trabajo se parezcan a las participaciones de capital privado y trabajo en el producto nacional. De hecho, deberían ser iguales en un mundo de competencia perfecta y rendimientos constantes a escala.

Un segundo criterio fue apuntado, entre otros, por Gramlich (1994), que llama la atención sobre las rentabilidades brutas del capital público que se deducen de las estimaciones de la elasticidad *output*. El argumento es relativamente sencillo, y se puede hacer a partir de la definición de la elasticidad *output* del capital público, que es:

$$\beta = \varepsilon_{YK_G} = \frac{\partial Y}{\partial K_G} \frac{K_G}{Y} \quad (3)$$

En concreto, la tasa de rentabilidad bruta del capital público (que habría que comparar con un coste de uso social del mismo y con la tasa de rentabilidad del capital privado) es igual a la productividad marginal del mismo (es decir,  $\frac{\partial Y}{\partial K_g}$ ).

Por tanto, si contamos con un valor estimado de la elasticidad *output*,  $\beta$ , y con los datos del *output* y del capital público empleados en las estimaciones, se puede recuperar fácilmente la tasa de rentabilidad bruta implícita en las mismas. El sentido común dice que no son admisibles lo que Gramlich denominó «valores estratosféricos» de dicha rentabilidad, es decir, valores muy superiores a la rentabilidad del capital privado y/o muy superiores a un coste de uso social o privado razonable.

Posteriormente, sobre todo en la cuarta sección de este trabajo, recuperaremos estos argumentos cuando llevemos a cabo algunas consideraciones finales referidas a lo que pensamos son resultados verosímiles en el caso español.

### 3. El enfoque dual

Un enfoque alternativo para superar algunas de las limitaciones planteadas anteriormente de la función de producción lo proporciona la teoría de la dualidad (Diewert, 1986), bien mediante el uso de las funciones de coste, bien mediante el menos frecuente uso de funciones de beneficio.

En los siguientes párrafos se hará una breve descripción del enfoque dual, lo que permitirá posteriormente entender mejor los resultados que se han obtenido en esta literatura. Así, siendo  $L$  el trabajo,  $CI$  los consumos intermedios,  $Kp$  el capital privado y  $Kg$  el capital público, la función de producción puede expresarse como

$$Y = F(L, CI, Kp, Kg, t) \quad (4)$$

donde el tiempo,  $t$ , entra en la función de producción para captar el efecto del progreso técnico y la medida adecuada del output,  $Y$ , es el valor de la producción (en lugar del PIB) dado que se utilizan consumos intermedios en la producción. El capital público se supone que es un factor impagado por las empresas, que además no tienen capacidad para elegir su volumen, ya que éste lo determina el sector público. En realidad, la anterior función de producción podría ser perfectamente una Cobb-Douglas, como la presentada en el capítulo anterior en la ecuación [1], con la única salvedad de que aquí se incluyen los consumos intermedios como otro factor productivo más.

El enfoque dual lo que hace es modelizar la toma de decisión de las empresas privadas de una economía, que minimizan su función de costes variables sujeta a la restricción de la tecnología, es decir, de la anterior función de producción. A partir de la minimización de los costes son posibles dos ámbitos de análisis. En primer lugar, el de corto plazo si se supone que el capital privado es un factor cuasi-fijo (es decir, que las empresas no pueden alterar a corto plazo). En este caso, los costes totales son la suma de los variables ( $CV$ ) más los fijos (el coste del capital privado):

$$C(w, v, Kp, Kg, Y, t) = CV(w, v, Kp, Kg, Y, t) + P_{Kp}Kp \quad (5)$$

siendo  $w$ ,  $v$  y  $P_{Kp}$  los precios del trabajo, consumos intermedios y coste de uso del capital privado.

El segundo ámbito de análisis es el de largo plazo, en el que todos los factores privados y los costes son variables:

$$CV(w, v, P_{Kp}, Kg, Y, t) \quad (6)$$

Asimismo, a partir del enfoque dual es posible obtener la función de costes variables, utilizando el lema de Shepard, a partir de las demandas óptimas de los factores variables ( $L^*$ ,  $CI^*$ ).

De este modo, dado que en el enfoque dual se modeliza el comportamiento minimizador de las empresas, hallando las demandas óptimas de los factores productivos, esto posibilita un análisis más pormenorizado del impacto del capital público en la economía. Sin entrar en detalles técnicos, algunas de las medidas que se pueden obtener para analizar dicho impacto son las siguientes. En primer lugar, el precio sombra de las infraestructuras ( $Z_{KG}$ )<sup>9</sup>. Dicho precio sombra nos dice cuál es el ahorro en costes variables para las empresas de un euro invertido en infraestructuras. Además, se puede obtener también qué parte de dicho ahorro se debe al factor trabajo y qué parte al ahorro en consumos intermedios (lo que permite establecer las relaciones de complementariedad y/o sustituibilidad entre los factores productivos). En segundo lugar, también se puede obtener del enfoque dual la elasticidad coste del capital público ( $\varepsilon_{CKG}$ )<sup>10</sup>. En tercer lugar, a partir de este enfoque también se puede recuperar la elasticidad output de las infraestructuras ( $\varepsilon_{YKG}$ )<sup>11</sup>. Por último, también es posible cuantificar qué parte del crecimiento de la productividad en la economía es debida a las infraestructuras públicas.

Desde los costes es posible rescatar la tecnología, los parámetros de la función de producción, además de la demanda óptima de factores y también considerar la incidencia de factores fijos a corto plazo y efectos escala. En esta literatura las infraestructuras se consideran un input provisto por el sector público e impagado por las empresas que produce efectos externos. Los efectos de las infraestructuras, como ya hemos señalado anteriormente, se miden bien en términos de reducción de los costes (elasticidad coste negativa), como en la recuperación de su elasticidad output; en las relaciones de complementariedad y sustituibilidad con los inputs privados; en el impacto sobre el crecimiento de la productividad total de los factores y en la comparación entre los precios sombra del capital público y su coste de uso «social». A partir de dicha comparación, se hace posible aproximar niveles óptimos de capital público, que al ser comparados con los existentes permiten establecer situaciones de infra o sobreutilización de las infraestructuras.

No obstante, aunque esta aproximación dual presenta ventajas importantes respecto a la estimación de funciones de producción, tampoco está exenta de problemas. Así, por ejemplo, la elevada multicolinealidad entre los regresores, típica de las variables que intervienen en la estimación de funciones de coste, puede afectar a la consistencia de los estimadores. También los resultados pueden ser muy sensibles a la forma funcional elegida (frecuentemente Translogarítmica, CES-translog, o Generalizada de Leontief), si bien éste es un aspecto muy poco analizado en la literatura. Por último, también puede haber problemas de endogeneidad en las estimaciones, si

$$^9 Z_{KG} \equiv - \frac{\partial CV}{\partial K_G} = -w \frac{\partial L(\cdot)}{\partial K_G} - v \frac{\partial CI(\cdot)}{\partial K_G}$$

$$^{10} \varepsilon_{CKG} \equiv \frac{\partial C}{\partial K_G} \frac{K_G}{C} = -Z_{KG} \frac{K_G}{C}$$

$$^{11} \varepsilon_{YKG} \equiv \frac{\partial Y}{\partial K_G} \frac{K_G}{Y} = \beta$$

bien éstos son menos severos y más sencillos de tratar que en el caso de la estimación de funciones de producción.

### 3.1. El caso español

Para la economía española, en los últimos años, se han llevado a cabo estudios sobre el impacto de las infraestructuras utilizando el enfoque dual y únicamente a través de funciones de coste. En todas las estimaciones se encuentra que el capital público o las infraestructuras son productivas, si bien los resultados apuntan a un impacto menos optimista que el mayoritariamente obtenido a través de funciones de producción.

En general un aumento de las infraestructuras, para un nivel de producción dado, reduce los requerimientos de trabajo y tiene un efecto menos concluyente respecto a la utilización de *inputs* intermedios según regiones, sectores o ramas industriales, especialmente en el corto plazo. En el largo plazo, en todas las regiones el capital público estimula la demanda de capital privado, reduce la utilización de consumos intermedios y sus efectos sobre los requerimientos de trabajo son más ambiguos y dependen de las regiones en Boscá, Escribá y Murgui (2002), es complementario del trabajo en Moreno, López-Bazo y Artís (2002) para las manufacturas y en Escribá y Murgui (2010) para el sector privado productivo. Cuando no se consideran *inputs* intermedios el factor trabajo suele aparecer como sustitutivo de las infraestructuras como en Ezcurra *et al.* (2005), o incluso incluyendo *inputs* intermedios en Avilés, Gómez y Sánchez (2001).

La elasticidad coste del capital público es negativa, es decir, reduce los costes del sector privado, tanto a corto como a largo plazo, siempre que se supone que es un factor gratuito para el sector privado. Sin embargo, los precios sombra son en muchos casos tan reducidos que la utilización de un coste de uso «social» del capital público conduciría a obtener valores positivos de la elasticidad coste, al menos para algunas regiones, sectores o ramas. En Moreno, López-Bazo y Artís (2002), que desagregan el sector manufacturero en doce ramas, en algunas de ellas, así como en algunas regiones, se obtienen efectos adversos de las infraestructuras y en general efectos positivos bastante débiles. Más extraño es que para las regiones más industrializadas se obtengan elasticidades coste positivas en el sector industrial como en Ezcurra *et al.* (2005).

Las infraestructuras públicas explican un porcentaje significativo del crecimiento de la Productividad Total de los Factores (PTF) que con frecuencia se atribuye al progreso técnico [Boscá, Dabán y Escribá (1999) y Boscá, Escribá y Murgui (2004)], las elasticidades output rescatadas desde el enfoque dual son en general razonables<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> Téngase en cuenta que en el enfoque dual es conveniente incluir los consumos intermedios y por tanto el valor de la producción como medida del *output*, sobre todo para poder encontrar relaciones entre *inputs* y efectos sobre costes y *output*. Las obtenidas por Avilés, Gómez y Sánchez (2001), aunque no constan explícitamente en su artículo, nos parecen exageradas.

Aún reconociendo la contribución de las infraestructuras al incremento de la productividad privada, en el enfoque dual, es conveniente relacionar esa contribución con su coste. Cuando esto se hace, se observa<sup>13</sup> cómo desde el punto de vista exclusivo de la eficiencia, prescindiendo de la equidad e incluso del bienestar, que las regiones donde se obtiene una mayor productividad de las infraestructuras son Madrid, País Vasco y el arco mediterráneo, tanto cuando el output es el total productivo privado, como cuando se considera únicamente el industrial.

Además, según qué medida se utilice del coste de uso del capital público, en algunas regiones como son Castilla y León, Castilla-La Mancha, la Rioja y Extremadura, especialmente porque son las regiones en las que en el largo plazo el capital público aumenta los requerimientos del factor trabajo a diferencia del caso general, no aparece como rentable la localización de nuevas infraestructuras (Boscá, Escribá y Murgui, 2002). Los mayores precios sombra de las infraestructuras se obtienen en las regiones más avanzadas, muy diferente de lo que se observa para el capital humano y tecnológico (Escribá y Murgui, 2010).

También hay que destacar que en todas las regiones las infraestructuras tienen un impacto muy positivo sobre el precio sombra del capital privado promoviendo nueva inversión privada en el largo plazo. En Boscá, Escribá y Murgui (2002) y en Escribá y Murgui (2010), capital público y privado son factores complementarios en el total del sector privado productivo, más dudoso es su relación en el sector industrial, y aún más cuando se desagrega en las ramas manufactureras: Moreno, López-Bazo y Artís (2002) obtienen una relación de sustituibilidad<sup>14</sup>.

### 3.2. Conclusiones

En la actualidad, la teoría de la dualidad proporciona posiblemente la metodología más robusta para el estudio de los efectos macroeconómicos de las infraestructuras (Draper y Herce, 1994). La gran ventaja de este enfoque es que permite abordar el problema de cuál es la provisión óptima de las mismas, aspecto éste imprescindible para evaluar la necesidad y/o suficiencia del gasto público en infraestructuras<sup>15</sup>. No obstante, tanto en el caso español como para otros países, en una literatura que aún es escasa, se observa una gran dispersión en los resultados y en general una notable ausencia de debate sobre la metodología utilizada en las estimaciones, a diferencia de lo que ocurre en el contexto de la utilización de funciones de producción. La ausencia en muchos casos de transparencia en los resultados que se obtienen en las magnitudes

---

<sup>13</sup> A excepción de los resultados de Moreno, López-Bazo y Artís (2002).

<sup>14</sup> De hecho en las regiones españolas no parece ser el principal determinante —frente al capital humano— ni de la localización de la inversión industrial (Escribá y Murgui, 2008), ni del estímulo de la inversión industrial (Escribá y Murgui, 2009 y b).

<sup>15</sup> González-Páramo (1995), para el caso español, utiliza un enfoque más amplio de equilibrio general, que también resulta metodológicamente atractivo. Este autor apunta a que no tiene sentido una expansión indiscriminada de inversión en infraestructuras, sino más bien la evaluación coste beneficio y relación específica de proyectos.

básicas (precios sombra, elasticidades, rendimientos, tasas de rentabilidad, etc.) impiden evaluar la calidad de los resultados, sin mencionar cuánto pueden diferir estos últimos según la forma funcional de costes elegida, según si el análisis se centra en el corto plazo, el largo, el ajuste del corto al largo plazo o el método de estimación utilizado.

No obstante, este enfoque ha proporcionado algunos resultados que se han repetido en la literatura tanto nacional como extranjera y que suponen un avance respecto a los obtenidos a partir de funciones de producción. Concretamente, la mayoría de trabajos que analizan esta cuestión encuentran que capital privado e infraestructuras son factores de producción complementarios. Dicho de otra forma, incrementar la dotación de infraestructuras productivas genera más tejido productivo (más capital privado) a largo plazo. En general, la relación entre infraestructuras y empleo es mucho más heterogénea y no se puede hablar de un patrón claro. De hecho, en estudios realizados para las regiones españolas es tan fácil hallar regiones donde ambos factores son complementarios, como otras donde son sustitutivos.

Por último, aunque en prácticamente todos los trabajos se encuentra que el capital público o las infraestructuras presentan precios sombra positivos (es decir, reducen los costes de las empresas privadas y, por tanto, son un *input* productivo más), las autoridades económicas deben confrontar dichos beneficios para las empresas privadas con alguna medida del coste social de uso de las infraestructuras. En los pocos trabajos que han realizado este tipo de ejercicios, es fácil encontrar que en países muy desarrollados (por ejemplo, Alemania y EEUU) no se puede hablar de una necesidad universal (es decir, en todos los Estados o regiones) de mayores dotaciones de infraestructuras, sino más bien de carencias muy localizadas en algunas regiones concretas. También este resultado se da en el caso de algunas Comunidades Autónomas españolas, si bien, en los pocos trabajos que hay al respecto, la tónica general es que la mayoría de regiones españolas todavía no han alcanzado sus niveles óptimos de provisión de infraestructuras públicas.

#### **4. Observaciones finales para el caso de las regiones españolas**

En este último apartado se van a hacer una serie de consideraciones que, desde el punto de vista de los autores, deberían tenerse en cuenta en el futuro a la hora de llevar a cabo las políticas económicas de inversión pública en infraestructuras en las regiones españolas.

Como se ha podido comprobar en las páginas anteriores existe un amplio consenso en que el stock de capital en infraestructuras interviene junto con el trabajo y el capital privado en el proceso productivo e incide sobre su productividad. Sin embargo, no es menos cierto que tales gastos de inversión en infraestructuras deben ofrecer a la sociedad beneficios suficientes para compensar su coste social y ser superiores a otros posibles usos alternativos de los recursos empleados. La mayoría de la literatura

sobre los efectos macroeconómicos de las infraestructuras, con algunas excepciones parciales, no aborda esta última cuestión ni tampoco pretende directamente determinar niveles óptimos de diferentes tipos de infraestructuras, los niveles de gasto, necesarios y suficientes, ni considera los mecanismos alternativos de financiación.

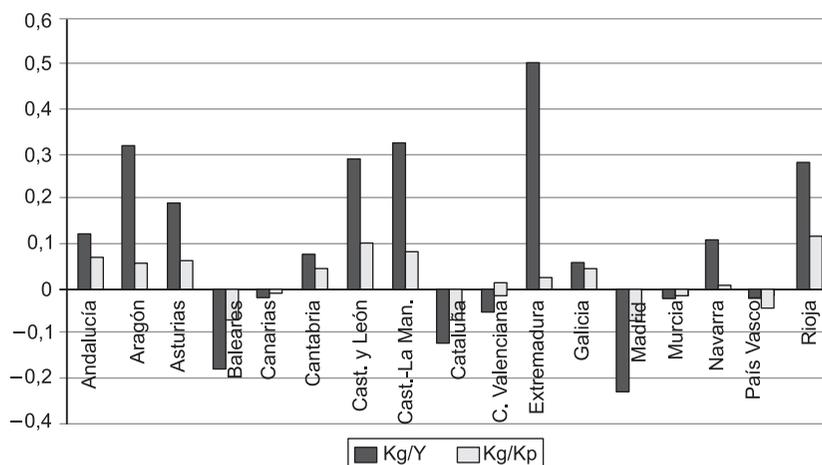
Las infraestructuras públicas son un determinante importante de la producción nacional o regional, su eficiencia y tasa de crecimiento, reducen la cantidad de factores privados empleados para un nivel de producción dado, estimulan la tasa de beneficio y la inversión privada. Pero la magnitud de su contribución permanece indeterminada y ha dado lugar a una enorme disparidad en los resultados. Puede ser que la relación entre capital público y productividad no sea independiente del stock acumulado una vez se ha garantizado un nivel de servicio suficiente. De ahí que es muy posible que en España el efecto productivo del capital público sea superior (o haya sido superior) al de otras economías de nuestro entorno. Los primeros resultados, por ejemplo a partir del enfoque de funciones de producción, así parecen confirmarlo, ya que unánimemente han obtenido elasticidades positivas y generalmente significativas del stock de infraestructuras. Esto, sin embargo, no ha ocurrido en las estimaciones para otros países desarrollados, donde ha sido bastante habitual que se obtengan elasticidades nulas o incluso negativas.

En definitiva, el hecho de que en España se hayan obtenido resultados que muestren que el efecto productivo del capital público es generalmente más grande que el que se obtiene en otros países, podría ser el reflejo de que en nuestro país todavía existía una cierta escasez de infraestructuras. No obstante, es un hecho evidente que el esfuerzo realizado desde principios de los años ochenta por las diferentes administraciones públicas y gobiernos ha posibilitado que ya no se pueda hablar en España de una escasez endémica de infraestructuras (ni económicas, ni sociales), como sí era el caso en los años setenta y en décadas anteriores. En definitiva, aunque todavía estemos a una cierta distancia de otros países de nuestro entorno en cuanto a los niveles de dotación de capital público, algunos resultados publicados en los últimos años muestran que la rentabilidad del capital público total presenta en España una clara tendencia decreciente. Es decir, los precios sombra del capital público (medidos por ejemplo por el ahorro en costes variables para el sector privado de un euro adicional invertido en capital público) están disminuyendo y, muy posiblemente, se están acercando a lo que sería un coste de uso social razonable del mismo. Este hecho nos permite afirmar que en España no se deberían llevar a cabo grandes planes generales de dotación de infraestructuras, por ejemplo de transportes, sino que se deberían llevar a cabo análisis coste-beneficio de proyectos concretos. En general, la idea es que se trata más de mejorar el uso de determinadas redes, por ejemplo descongestionándolas, que de ampliarlas.

Además, otro aspecto muy importante a tener en cuenta que vendría a sumarse a la conclusión anterior, tiene que ver con la distribución por Comunidades Autónomas de la inversión pública. Al igual que anteriormente argumentábamos que los propios niveles de capital público alcanzados por los diferentes países podían condicionar la magnitud del efecto productivo de las infraestructuras, también a escala regional existen indicios claros de que esto es así. De hecho, para el caso de la economía española,

los resultados regionales están muy condicionados por el ratio capital público-capital privado existente en cada región concreta. Así, en algunas regiones puede hablarse de una abundancia relativa de infraestructuras respecto al tejido productivo (es decir, al capital privado existente), lo que apuntaría a cierta infrautilización de las mismas. En el gráfico 1 se presentan las desviaciones regionales (respecto a la media de España) en los ratios capital público-output y capital público-capital privado.

**Gráfico 1.** Disparidades regionales en las dotaciones relativas de factores en las regiones españolas: valores promedio 1980-2003



Fuente: BD.MORES.

Como se aprecia en el gráfico, existen grandes disparidades en las dotaciones de infraestructuras productivas (carreteras, puertos, aeropuertos, infraestructuras hidráulicas, ferrocarriles y estructuras urbanas) entre regiones españolas. Llama la atención que, de hecho, entre las regiones que menos capital público por unidad de output o por unidad de capital privado poseen, se encuentran algunas de las regiones españolas más ricas y con mayor peso de sus sectores privados productivos en el total español (por ejemplo, Cataluña y Madrid). Tampoco es de extrañar que en aquellos trabajos en los que se ha cuantificado la productividad de las infraestructuras a escala regional, sea precisamente en estas regiones<sup>16</sup> en las que se suele obtener una mayor productividad de las infraestructuras (Boscá, Escribá y Murgui, 2002; De la Fuente y Doménech, 2006). En consecuencia, si el sector público busca incrementar la eficiencia económica, debería priorizar la inversión en aquellas zonas geográficas donde la rentabilidad del capital público es mayor. Es muy importante destacar que la afirmación anterior hace total abstracción de consideraciones de equidad y

<sup>16</sup> Como ya se comentó anteriormente en este trabajo, las regiones en las que se suele obtener una mayor productividad de las infraestructuras son Madrid, País Vasco y el arco mediterráneo (Cataluña, Valencia, Murcia y Baleares).

de bienestar, que, obviamente, son muy importantes. De hecho, es importante hacer algunas matizaciones. En primer lugar, que es innegable que en muchas ocasiones la inversión pública se concibe como un instrumento para la corrección de disparidades territoriales de renta. En ese sentido, siempre habrá un conflicto entre criterios redistributivos (la equidad) que primarían la inversión pública en las regiones más pobres, y criterios de eficiencia económica, que según bastantes estudios incentivarían la inversión en regiones más avanzadas. En segundo lugar, parece bastante sensato priorizar aspectos de eficiencia económica, cuando la decisión de inversión tiene que ver con infraestructuras económicas o productivas. En tercer lugar, las infraestructuras sociales (educación, seguridad, sanidad...) deberían estar más sujetas a criterios redistributivos o de equidad que las económicas.

Para terminar esta última sección del trabajo, hay dos cuestiones, una relativa a la elasticidad *output* y otra a la rentabilidad de distintos tipos de infraestructuras, que conviene destacar.

Respecto a la primera, pretendemos dar nuestra opinión acerca de cuál creemos que es un valor razonable para la economía española, de la elasticidad *output* del capital público. Para ello nos basaremos en los resultados de dos trabajos. Así, la dispersión de resultados para el caso español de las elasticidades *output* del capital público y privado y consecuentemente de las tasas de rentabilidad de cada uno de los tipos de capital, estimó en Boscá, Escribá y Murgui (2003) a revisar los resultados de los diferentes trabajos llevados a cabo a la luz de la información estadística disponible para la economía española (fundamentalmente los realizados utilizando las bases de datos BD.MORES, MOISEES y FBBV). La principal conclusión respecto a las infraestructuras públicas es que una elasticidad *output* del capital público razonable (es decir, coherente con la información contable) para la economía española estaría en el entorno de 0,10.

En el otro trabajo (Otto y Voss, 1998) se enfatiza el papel desempeñado por el precio relativo de los bienes de inversión públicos y privados, el precio relativo de los bienes de inversión y el *output* y la dinámica temporal de estas variables, a la hora de tomar las decisiones de inversión por parte de empresas y sector público. A diferencia de los enfoques primal y dual que no utilizan esta información, cuando ésta se incorpora en las estimaciones de un modelo de comportamiento intertemporal, el resultado es que no se encuentra evidencia de excesivas tasas de rentabilidad pública, ni diferencias significativas entre rentabilidad pública y privada en los países de la OCDE (Boscá, Cutanda y Escribá, 2004). Sin entrar en aspectos técnicos, lo que este enfoque viene a decir es que si los agentes económicos tienen en cuenta al tomar sus decisiones la evolución de los precios relativos de los bienes de inversión públicos y privados y del *output*, entonces es posible estimar elasticidades *output* del capital público (y también del privado) que son muy similares en la mayoría de países. Así, un valor coherente para la economía española, según este trabajo, estaría en el entorno de 0,05.

Desde nuestro punto de vista, por tanto, la elasticidad *output* del capital público en la economía española debe estar en el entorno de 0,05-0,10. ¿Por qué son cohe-

rentes estos valores? Hagamos unos pequeños cálculos. Si tomamos un valor para el ratio capital público-output en España de 0,47, esto significa que la rentabilidad bruta del capital público se situaría entre el 11 y el 22%. Esto son valores bastante verosímiles si tenemos en cuenta que el coste de uso del capital privado ha oscilado (según datos de la base BD.MORES) entre el 12 y el 14%. Como el coste de uso del capital público es más pequeño que el del privado (aproximadamente entre un 20 y un 30% inferior), esto significaría que existe una escasez de infraestructuras que podemos calificar entre pequeña y moderada. En cualquier caso, desviaciones por encima de estos valores implicarían tasas de rentabilidad bruta del capital público tan grandes (lo que Gramlich, 1994, denominó tasas de rentabilidad estratosféricas) que cabría preguntarse sobre la miopía de los gobiernos o por qué las empresas privadas no prefieren ser gravadas con impuestos que financien nuevas infraestructuras, cuando éstas les proporcionarían una rentabilidad muy superior a la que obtendrían invirtiendo en capital privado.

La última reflexión tiene que ver con la oportunidad de dedicar fondos de inversión a infraestructuras económicas o a infraestructuras de otro tipo. Como hemos mencionado anteriormente, no existen muchos trabajos que analicen estas cuestiones desde un punto de vista macroeconómico. Sin embargo, es un hecho cada vez más evidente que la rentabilidad de la inversión en capital tecnológico (I+D) es, en la actualidad, una alternativa posiblemente más rentable que la inversión en otros tipos de infraestructuras económicas. Las estimaciones de funciones de producción existentes siempre obtienen elasticidades output de este tipo de capital positivas y significativas y, dado que el stock existente en España es muy bajo, la implicación es que la rentabilidad tiene que ser muy elevada. Por otra parte, como hemos visto, la inversión en capital humano es probablemente otra alternativa con una elevada rentabilidad social (De la Fuente, 2004), si bien resulta difícil de cuantificar debido a los problemas de medición existentes para captar exactamente el flujo de servicios que genera en la economía el stock de capital humano. Escribá y Murgui (2010) obtienen que mientras los precios sombra de las infraestructuras son en Cataluña y Madrid mas del doble —e incluso el triple— al resto de regiones, los del capital humano y tecnológico son muy superiores en todas las regiones a los de las infraestructuras, excepto en Cataluña y Madrid<sup>17</sup>. En consecuencia, si el sector público busca promover la cohesión territorial, la inversión en capital humano parece el instrumento más eficiente; si se trata de incrementar la eficiencia económica y la convergencia con la UE, debería priorizar la inversión en aquellas zonas geográficas donde la rentabilidad del capital público es mayor: en infraestructuras en las más ricas y en capital humano y tecnológico en el resto. Un patrón eminentemente redistributivo de la inversión en infraestructuras retrasa el proceso de convergencia del país con la Unión Europea.

---

<sup>17</sup> Un resultado semejante obtienen de la Fuente y Doménech (2006). En otros trabajos sobre las regiones españolas, se confirma que los gastos en formación atraen más inversión privada que el resto de fondos (Escribá y Murgui, 2008 y 2009a) y además el capital más productivo (López-Bazo y Moreno, 2008) está asociado con el capital humano: el capital humano favorece la generación y absorción de tecnología y en gran medida sus efectos sobre la economía se canalizan a través de la acumulación de capital físico.

## 5. Referencias bibliográficas

- Álvarez, A.; Orea, L., y Fernández, J. (2003): «La productividad de las infraestructuras en España», *Papeles de Economía Española*, núm. 95, 125-136.
- Argimón, I., y Martín, M. J. (1993): «Series de stock de infraestructuras del Estado y de las Administraciones Públicas en España», Servicio de Estudios, Banco de España, Doc. de Trabajo 9315.
- Argimón, I.; González-Paramo, J. M., y Roldán, J. M. (1994): «Productividad e infraestructuras en la economía española», *Moneda y Crédito*, 198, 207-241.
- Aschauer, D. A. (1989a): «Is public expenditure productive?», *Journal of Monetary Economics*, 23, marzo, 177-200.
- (1989b): «Public investment and productivity growth in the Group of Seven», *Economic Perspectives*, 13(5), 17-25.
- Avilés, A.; Gómez, R., y Sánchez, J. (2001): «The effects of public infrastructure on the cost structure of Spanish industries», *Spanish Economic Review*, 3(2), 131-50.
- Bajo, O.; Díaz, C., y Montávez, D. (2002): «Optimal Endowments of Public Investment: An Empirical Analysis for the Spanish Regions», Centra, Documento de trabajo E2002/14.
- Bajo, O., y Sosvilla, S. (1993): «Does public capital affect private sector performance? An analysis of the Spanish case, 1964-1988», *Economic Modelling*, vol. 10, núm. 3, 179-185.
- Balmaseda, M. (1996): «Production Function Estimates of the Rate of Return on Public Infrastructure», CEMFI, Working paper núm. 9609.
- Balmaseda, M., y Melguizo, A. (2003): «El capital tecnológico como factor productivo, un análisis regional y sectorial», Situación España, Servicio de Estudios de BBVA, 29-35, diciembre de 2003.
- Boscá, J. E.; Cutanda, A., y Escribá, F. J. (2004): «Rates of return to public and private capital: new estimates using nonlinear Euler equations», *Applied Economics*, 36, 1225-1232.
- Boscá, J. E.; Dabán, T., y Escribá, F. J. (1999): «Capital privado e infraestructuras en la producción industrial regional», *Revista de Economía Aplicada*, 21, vol. VII, 61-94.
- Boscá, J. E.; Escribá, F. J.; Ferri, J., y Murgui, M. J. (2010): La inversión en infraestructuras públicas: una panorámica y algunas conclusiones para las regiones españolas, Dirección General de Presupuestos, Ministerio de Economía y Hacienda, Documento de Trabajo, núm. D-2010-11.
- Boscá, J. E.; Escribá, F. J., y Murgui, M. J. (2002): «The effect of public infrastructures on the private productive sector of Spanish regions», *Journal of Regional Science*, vol. 42 (2), 301-326.
- (2003): «La elasticidad output del capital y su tasa de rentabilidad», *Moneda y Crédito*, 2.<sup>a</sup> época, 217, 191-226.
- (2004): «TFP growth in Spanish regions: effects of quasi-fixed and external factors and varying capacity utilization», *Regional Studies*, 38(6), 587-61.
- Calderón, C., y Servén, L. (2002): «The Output Cost of Latin American's Infrastructure Gap», Central Bank of Chile WP, núm. 186.
- Cantos, P.; Gumbau, M., y Maudos, J. (2005): «Transport infrastructures and regional growth: evidence of the spanish case», *MPRA Paper*; núm. 15261.
- Dabán, T., y Murgui, M. J. (1997): «Convergencia y rendimientos a escala en las regiones españolas: La base de datos BD.MORES», *Información Comercial Española*, núm. 762, 66-86.
- Dabán, T., y Lamo, A. (1999): «Convergence and public investment allocation Spain 1980-1993», Dirección General de Análisis y Programación Presupuestaria, Ministerio de Economía y Hacienda, Documento de Trabajo, núm. D-99001.

- Dabán, T.; Díaz, A.; Escribá, F. J., y Murgui, M. J. (2002): «La base de datos BD.MORES», *Revista de Economía Aplicada*, vol. X (30), pp. 165-84.
- De Bustos, A.; Cutanda, A.; Díaz, A.; Escribá, F. J.; Murgui, M. J., y Sanz, M. J. (2008): «La BD.MORES en base 2000: Nuevas Estimaciones y Variables», Dirección General de Presupuestos, Ministerio de Economía y Hacienda, Documento de Trabajo, núm. D-2008-08.
- De la Fuente, A. (1994): «Capital público y productividad», en *Crecimiento y convergencia regional en España y Europa*, vol. 2, Instituto de Análisis Económico, Barcelona, 479-505.
- (1996a): «Infraestructuras y productividad: Un panorama de la evidencia empírica», *Información Comercial Española*, núm. 151, 25-40.
- (1996b): «Economía regional desde una perspectiva neoclásica. De convergencia y otras historias», *Revista de Economía Aplicada*, vol. IV, 5-63.
- (2004): «Capital humano y crecimiento. El impacto de los errores de medición y una estimación de la rentabilidad social de la educación», Dirección General de Análisis y Programación Económica, Ministerio de Hacienda, Documento de Trabajo, núm. D-2004-02, abril de 2004.
- (2010): «Infrastructures and productivity: An Updated Survey», Dirección General de Presupuestos, Ministerio de Economía y Hacienda, núm. D-2010-01.
- De la Fuente, A., y Doménech, R. (2006): «Capital humano, crecimiento y desigualdad en las regiones españolas», *Moneda y Crédito*, 222, 13-56.
- De la Fuente, A., y Vives, X. (1995): «Infrastructure and education as instruments of regional policy. Evidence from Spain», *Economic Policy*, 20, 11-51.
- Delgado, M. J., y Álvarez, I. (2000): «Las infraestructuras productivas en España: Estimación del stock en unidades físicas y análisis de su impacto en la producción privada regional», *Revista Asturiana de Economía*, 19, 155-180.
- Díaz, C., y Martínez, D. (2006): «Inversión pública y crecimiento: Un panorama», *Hacienda Pública Española/Revista de Economía Pública*, 176, 109-140.
- Diewert, W. E. (1986): «The Measurement of the Economic Benefits of Infrastructure Services», *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, vol. 278, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Dolado, J. J.; González Páramo, J. L., y Roldán, J. M. (1994): «Convergencia entre las Provincias Españolas», *Moneda y Crédito*, 198, 81-131.
- Draper, M., y Herce, J. A. (1994): «Infraestructuras y Crecimiento Económico», *Revista de Economía Aplicada*, núm. 6, vol. II, 129-168.
- Escribá, F. J., y Murgui, M. J. (2007): «El capital tecnológico como factor de producción en las regiones españolas 1980-2000», *Investigaciones Regionales*, 10, 33-52.
- (2008): «Factores de localización regional en las inversiones industriales», *Revista de Economía Aplicada*, 47, 101-125.
- (2009a): «Government policy and industrial investment determinants in Spanish Regions», *Regional Science and Urban Economics*, 39, 479-488.
- (2009b): «Human Capital and Infrastructures on Business Sector Investment in Spanish Regions: 1980 to 2003», Dirección General de Presupuestos, Ministerio de Economía y Hacienda, núm. D-2009-05.
- (2010): «El estímulo al capital privado de los fondos estructurales (2000-2006) en las regiones españolas objetivo 1», *Papeles de Economía Española*, 123, 55-72.
- Ezcurra, R.; Gil, C.; Pascual, P., y Rapún, M. (2005): «Public Capital, regional productivity and spatial spillovers», *Annals of Regional Science*, 39, 471-494.
- Fernández, M. (1999): «Política fiscal y capital público: Un modelo de equilibrio general de la economía española», Tesis Doctoral, UAB (IDEA).
- Fernández, M., y Polo, C. (2001): «Capital público y productividad privada en España: una panorámica», *Revista Galega de Economía*, vol. 10, núm. 1, 105-132.

- (2002): «Productividad del capital público en presencia de capital tecnológico y humano», *Revista de Economía Aplicada*, 29(X), 151-161.
- Flores, R. (1994): Comentario a Argimón *et al.* (1994), *Moneda y Crédito*, 198, 246-251.
- Freire, M. J., y Alonso, J. (2002): «Infraestructuras públicas y desarrollo económico en Galicia», en A. de la Fuente, Freire y Alonso, *Infraestructuras y Desarrollo regional*, Documento de Economía 15, Fundación Caixa Galicia.
- García-Fontes, W., y Serra, D. (1994): «Capital Público, Infraestructuras y Crecimiento», en *Crecimiento y convergencia regional en España y Europa*, vol. 2, Instituto de Análisis Económico, Barcelona, 451-478.
- Gil, C.; Pascual, P., y Rapún, M. (1997): «Evaluación del Impacto de las Infraestructuras en los Costes de las Regiones Españolas», *Cuadernos Aragoneses de Economía*, vol. 7, núm. 2, 361-381.
- Goerlich, F., y Mas, M. (2001): «Capitalización y Crecimiento», vol. I en *La evolución económica de las provincias españolas (1955-1998)*, FBBVA.
- González-Paramo, J. M. (1995): «Infraestructuras, productividad y bienestar», *Investigaciones Económicas*, vol. XIX (1), 155-168.
- Gorostiaga, A. (1999): «¿Cómo afectan el capital público y el capital humano al crecimiento?: un análisis para las regiones españolas en el marco neoclásico», *Investigaciones Económicas*, vol. XXIII (1), 95-114.
- Gramlich, E. (1994): «Infrastructure Investment: A Review Essay», *Journal of Economic Literature*, vol. XXXII, 1176-1196.
- Gumbau, M., y Maudos, J. (2006): «Technological activity and productivity in the Spanish regions», *Annals of Regional Science*, vol. (40).
- Hansen, N. (1965): «Unbalanced Growth and Regional Development», *Western Economic Journal*, vol. 4.
- Kamps, C. (2004): «The Dynamic Effects of Public Capital: VAR Evidence for 22 OECD Countries», Kiel WP, núm. 1224.
- Lafuente, A.; Salas, V., y Yague, M. J. (1985): *Productividad capital tecnológico e inversión en la economía española*, Ministerio de Industria y Energía, Madrid.
- Lanzas, J. R., y Martínez, D. (2003): «El capital público y privado como determinantes del crecimiento industrial en las regiones españolas», *Cuadernos de CCEE y EE*, núms. 44-45, 99-111.
- López, C., y Sanaú, J. (2001): «Impacto del capital tecnológico en la producción industrial», *Economía Industrial*, 341 (V), 103-112.
- López-Bazo, E., y Moreno, R. (2008): «Does human capital stimulate investment in physical capital?: Evidence from a cost system framework», *Economic Modelling*, vol. 25(6), 1295-1305.
- Mas, M., y Maudos, J. (2004): «Infraestructuras y crecimiento regional en España diez años después», *Competitividad regional en la Unión Europea Ampliada*, Instituto de Estudios Fiscales.
- Mas, M.; Maudos, J.; Pérez, F., y Uriel, E. (1993a): «Capital público y productividad de la economía española», WP-EC 93-08 IVIE.
- (1993b): «Competitividad, productividad industrial y dotaciones de capital público», *Papeles de Economía Española*, núm. 56, 144-159.
- (1994): «Capital Público y Productividad en las Regiones Españolas», *Moneda y Crédito*, núm. 198, 163-192.
- (1996): «Infrastructures and productivity in the Spanish regions», *Regional Studies*, 30(7), 641-649.
- Mas, M.; Pérez, F., y Uriel, E. (2003): *Stock de capital en España y su distribución territorial*, Fundación BBVA.
- (2007): *El stock y los servicios de capital en España y su distribución territorial (1964-2005)*. Nueva metodología, Fundación BBVA.

- Moreno, R., y Artís, M. (1996): «Threshold, Spatial and sectoral effects when analysing the role of public capital in Spanish regional development», Mimeo, Universitat de Barcelona.
- Moreno, R.; López-Bazo, E., y Artís, M. (2002): «Public infrastructure and the performance of manufacturing industries: short and long-run effects», *Regional Science and Urban Economics*, 32, 97-121.
- Otto, G., y Voss, G. (1994): «Public capital and private production in Australia», *The Economic Record*, 725-728.
- (1998): «Is public capital provision efficient?», *Journal of Monetary Economics*, 42, 47-66.
- Peña, A. R. (2008): «Las disparidades económicas regionales en España: Las infraestructuras como factor de convergencia en el periodo 1980-2000», *Revista de Estudios Regionales*, núm. 82, 105-132.
- Pereira, A. M., y Roca-Sagalés, O. (2006): «Public Infrastructures and Regional Asymetries in Spain», Departamento of Economics, College of William and Mary, WP 46.
- Rodríguez-Vélez, J. (2006): «Productividad y rentabilidad de las infraestructuras regionales a partir de estimaciones por máxima entropía», *Investigaciones Regionales*, vol. 8, 123-139.
- Romp, W. J., y De Haan, J. (2007): «Public Capital and Economic Growth: A critical Survey», *Perspektiven der Wirtschaftspolitik*, 8 (Special Issue), 6-52.
- Sainz, R.; Martínez, V.; Coto, P., y Casares, P. (2010): «Una función de producción ampliada para la economía española: 1980-2003», XXXVI Reunión de Estudios Regionales.
- Sanaú, J. (1995): *Infraestructuras y crecimiento. Análisis en la industria española*, Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza.
- Straub, S. (2008): «Infrastructure and Development: A Critical Appraisal of the Macro Level Literature», *Policy Research WP*, núm. 4590 Washington DC: World Bank.