



**LA INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURAS PÚBLICAS: UNA  
PANORÁMICA Y ALGUNAS CONCLUSIONES PARA LAS  
REGIONES ESPAÑOLAS**

***J.E. Boscá\****  
***J. Escribá\****  
***J. Ferri\****  
***M.J. Murgui\****

**D-2010-11**

**Diciembre 2010**

---

\*Universidad de Valencia

Los autores agradecen la ayuda económica recibida del FEDER, de la Fundación Rafael del Pino y de los proyectos ECO2009-09569 y ECO2008-04669/ECON.

Se puede acceder a los documentos de trabajo de la Dirección General de Presupuestos en la página Web: <http://www.spgg.pap.meh.es/SITIOS/SGPG/ES-ES/PRESUPUESTOS/DOCUMENTACION/Paginas/Documentacion.aspx>

Los Documentos de Trabajo de la Dirección General de Presupuestos no representan opiniones oficiales del Ministerio de Economía y Hacienda. Los análisis, opiniones y conclusiones aquí expuestos son los del autor, con lo que no tiene que coincidir, necesariamente la citada Dirección. Ésta considera, sin embargo, interesante la difusión del trabajo para que los comentarios y críticas que suscite contribuyan a mejorar su calidad.

## **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 en la literatura nacional e internacional sobre el tema. En el análisis se pone especial 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.

## 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. Por otra parte, se pretende también que este análisis haga una especial incidencia 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), Hämäläinen (2009), o de la Fuente (2010)).

---

<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, Diaz y Martinez (2006) sobre modelos de crecimiento

Los resultados obtenidos por Aschauer sobre la elevada elasticidad del output con respecto al capital público para el sector privado de la economía estadounidense 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, tanto a escala internacional como 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, cuál 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.

Como veremos posteriormente, en las secciones 2 y 3 de este trabajo se hablará, en general, del efecto del capital público, o de las infraestructuras de una forma bastante laxa, si bien en los cuadros del Apéndice se especifica claramente qué medida concreta del capital público se ha utilizado en cada trabajo. De cualquier manera, en aquellos casos donde puntualmente sea posible haremos referencia a los resultados que se han obtenido en trabajos que han empleado en sus estimaciones medidas más desagregadas de las infraestructuras, especialmente las referidas a las infraestructuras de transporte. Por otro lado, la sección 4 de este trabajo está íntegramente dedicada a repasar los resultados más notables de los últimos años en aquellos trabajos que han particularizado acerca de los efectos macroeconómicos de distintas alternativas de gasto público en infraestructuras sociales, I+D y formación de capital humano por comparación con los efectos de las infraestructuras económicas.

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 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 e internacional que ha abordado el problema utilizando el enfoque dual. La sección 4 está dedicada a comparar los hallazgos de la literatura referidos a las alternativas de las infraestructuras productivas. Por último, en la sección 5 se llevan a cabo toda una serie de consideraciones finales referidas exclusivamente al caso español.

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

### **2.1. El caso internacional.**

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. Concretamente, un incremento del 1% en la dotación de infraestructuras públicas representaba un aumento entre el 0,24% y el 0,39% en el output del sector privado norteamericano. 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. Además, si la caída en la productividad tenía su origen en el descenso del ritmo de inversión pública en infraestructuras, como se deducía del trabajo de Aschauer, la receta de política económica para restituir las tasas de crecimiento de la productividad a los niveles anteriores era evidente: incrementar el ritmo de dotación de infraestructuras a los niveles de años precedentes.

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, siempre 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:

$$Y_{it} = A_{it} Kp_{it}^{\alpha} Kg_{it}^{\beta} L_{it}^{\gamma} \quad [1]$$

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<sup>2</sup> 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.

---

<sup>2</sup> Un extenso repaso a la relevancia de estas críticas metodológicas se puede encontrar en las excelentes panorámicas de Draper y Herce (1994) o de la Fuente (1996) o más recientemente en el survey de Roomp y de Haan (2007).

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. Es decir, al ser las series económicas implicadas en la estimación (output, trabajo y stocks de capital privado y público), variables que muestran un comportamiento tendencial a lo largo del tiempo, en realidad, lo que las estimaciones estarían recogiendo es un efecto exagerado del capital público derivado del comportamiento tendencial de las variables. La solución econométrica consistiría en emplear técnicas de cointegración y/o estimar la función de producción en primeras diferencias en lugar de en niveles:

$$\Delta y_{it} = \Delta a_{it} + \alpha \Delta k p_{it} + \beta \Delta k g_{it} + \gamma \Delta l_{it} + \Delta u_{it} \quad [3]$$

donde, por ejemplo,  $\Delta y_{it} = y_{it} - y_{it-1}$  es la tasa de crecimiento del output.

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, si que admiten este tipo de análisis). Dicho de otra forma, una Cobb-Douglas no permite cuantificar si un aumento del capital público se traducirá en más o menos empleo o más o menos capital privado en la economía. 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 estas regiones o estados).

Como veremos a continuación, en general, existen notables diferencias en las estimaciones de la elasticidad output del capital público atendiendo a la forma concreta en la que los diferentes autores han intentado dar respuesta a uno o varios de los potenciales problemas enumerados anteriormente.

Empezaremos nuestro análisis describiendo algunos de los hallazgos más notables de la literatura internacional sobre el tema. Así, en los Cuadros A.1 y A.2 del Apéndice se recoge una descripción sintética de las características más destacables de algunos de los trabajos más relevantes de los últimos años, que han utilizado el enfoque de funciones de producción. En el primero de estos cuadros se presentan trabajos cuyo denominador común es la estimación de funciones de producción para países, bien individualmente (usando series temporales), o bien en grupos (usando técnicas de panel). Por su parte, en el Cuadro A.2 se recogen únicamente trabajos realizados con datos regionales o estatales que, en consecuencia, utilizan técnicas de estimación de paneles de datos.

Sin entrar en un excesivo detalle, una inspección visual rápida de las elasticidades output del capital público obtenidas en los diferentes trabajos, nos muestra que los valores entre 0.24 y 0.39 obtenidos por Aschauer son más que discutibles. Es verdad que podemos encontrar numerosos trabajos que obtienen elasticidades positivas y significativas del capital público, independientemente de la técnica de estimación empleada, la expresión funcional elegida (Cobb-Douglas o translogarímic) o el nivel de desagregación de los datos (países o regiones). Sin embargo, la heterogeneidad en el valor concreto estimado para la elasticidad es la norma. Por ejemplo, dos de los trabajos más populares de principios de los noventa (Munnell (1990) y García-Milá y McGuire (1992)) obtienen resultados que avalan los de Aschauer, en el sentido de que el impacto del capital público es claramente positivo, pero obtienen elasticidades muy inferiores oscilando entre 0.04 y 0.16. Nótese, además, que estos trabajos obtienen elasticidades específicas para las infraestructuras de transporte, también en el mismo orden de magnitud. Por otra parte, otro bloque importante de trabajos (por ejemplo, Holtz-Eakin (1994), Battagi y Pinnoi (1995) o García-Milá, McGuire y Porter (1996)) encuentran evidencia que cuestiona radicalmente los resultados de Aschauer, ya que en sus estimaciones preferidas la elasticidad estimada no es estadísticamente distinta de cero en unos casos, o es incluso negativa en otros.

Otros trabajos utilizaron también el enfoque basado en la estimación de funciones de producción para analizar, en otras economías distintas a la de Estados Unidos, tanto si el capital público es efectivamente un input productivo, como la

magnitud de sus efectos. En este sentido, los trabajos de Merriman (1990) y Tanaka (2000) para Japón, Berndt y Hansson (1992) para Suecia, Otto y Voss (1994) para Australia, Dalamagas (1995) para Grecia, Evans y Karras (1994a) para una muestra de siete países industrializados o Wylie (1996) para Canadá, Cadot et al. (1999 y 2006) para Francia, Albala- Bertrand (2004) para Chile y Méjico, Bonaglia et al. (2001), Marrocu y Paci (2008) para Italia<sup>3</sup>, Stephan (2003) para Alemania o Lighthart (2002)<sup>4</sup> para Portugal, hacen gala de la misma heterogeneidad en los resultados (véanse los cuadros A1 y A2). Así, en unos casos se obtienen elasticidades positivas y claramente superiores a las de Aschauer (entre 0.68 y 1.60 en el caso de las estimaciones para Suecia) y, en otros, las elasticidades son incluso negativas (en las estimaciones para Grecia, por ejemplo).

En trabajos recientes cada vez ha proliferado más la utilización de formas más flexibles de funciones de producción que la más usual Cobb-Douglas: funciones de producción Translog<sup>5</sup>, semi-Translog (Vijverberg et al. 1997), Leontief (Albala-Bertrand, 2004), entre otras cuestiones para estudiar el patrón de sustituibilidad o complementariedad entre inputs como se obtiene en el enfoque dual. Por otro lado, aunque en general se utiliza el método del inventario permanente como medida del stock de infraestructuras, algunos trabajos usan indicadores físicos como número de teléfonos, kms de carreteras y ferrocarriles (Canning, 1999; Canning y Pedroni, 1999 y Canning y Bennathan, 2000)<sup>6</sup>. Otra cuestión que ha ocupado un espacio importante en la reciente literatura ha sido el problema antes citado de la endogeneidad: Fernald (1999) presenta un test relacionando el crecimiento de las carreteras con la productividad de las industrias intensivas en vehículos, lo que le permite afirmar su exogeneidad. No obstante Canning y Pedroni (1999) encuentran que la causalidad actúa en ambas direcciones. Calderón y Servén (2002) utilizan para abordar el problema de la endogeneidad variables instrumentales, Zegeye (2000) o Kemmerling y Stephan (2002) sistemas de ecuaciones.

En realidad, una inspección un poco más detenida de los resultados en los Cuadros A.1 y A.2 permite observar algunos patrones de comportamiento. Así, el valor más elevado de las elasticidades del capital público se obtiene cuando se estima la función de producción en niveles y con datos de serie temporal. Por otra parte, los coeficientes son en general más bajos cuando se utilizan datos de panel para muestras

---

<sup>3</sup> También Cellini y Torrisi (2009) han estudiado el efecto de las infraestructuras sobre el sector turístico.

<sup>4</sup> Lighthart utiliza como variable dependiente GDP que incluye el output del sector público, lo que no parece correcto.

<sup>5</sup> Kemmerling y Stephan (2002), Stephan (2003) Albala-Bertrand y Mamatzakis (2004), Albala-Bertrand (2004), Canning y Bennathan (2000), Everaert y Heylen (2004) entre otros.

<sup>6</sup> La ventaja de medidas físicas es su disponibilidad para paneles de datos de muchos países y regiones, pero no contemplan diferencias de calidad y en muchos casos no guardan relación con el gasto del gobierno (Romp y de Haan, 2007).

regionales, o especificaciones de la función de producción en primeras diferencias. En cualquier caso, la conclusión más razonable que se puede obtener de este somero repaso a la literatura internacional de estimación de funciones de producción, es que lo más verosímil es que el capital público es, efectivamente, un input productivo con efectos positivos en la productividad privada de los países y/o regiones. No obstante, la magnitud de su incidencia en la economía (el valor concreto de la elasticidad output) es seguramente muy inferior a la que se estimó inicialmente por Aschauer.

## 2.2. 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 e internacional analizados anteriormente. 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), Fernandez y Polo (2001 y 2002), Alvarez y Polo (2008)), como los que utilizan datos de panel para las comunidades autónomas<sup>7</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), Gorostiza (1999), Delgado y Alvarez (2000), Goerlich y Mas (2001), Bajo, Diaz y Montávez (2002), Pereira y Roca (2003)<sup>8</sup>, Alvarez *et al.* (2003), de la Fuente y Domenech (2006), Escribá y Murgui (2007) o Peña (2008)) siempre obtienen resultados positivos aunque en muchos casos de menor magnitud que los obtenidos por Aschauer. Así, una inspección de los Cuadros A.3 y A.4 del Apéndice, donde se recoge información similar a la del caso internacional referida a trabajos que han analizado la economía española, muestra que las elasticidades

---

<sup>7</sup> Existen otros trabajos, como los de Mas *et al.* (1993b) o Sanaú (1995), que sólo analizan el sector manufacturero español.

<sup>8</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.

estimadas para el capital público son siempre y sin excepción positivas<sup>9</sup>. No obstante, al igual que ocurría en el caso internacional, los valores concretos estimados de la elasticidad output del capital público muestran también 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>10</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 (infraestructuras más capital social), otros solamente las infraestructuras (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<sup>11</sup>. Finalmente, también hay autores que, al utilizar datos desagregados por regiones, incluyen en la variable de capital público una parte del correspondiente al de las regiones colindantes. Aunque esta heterogeneidad en las medidas de capital público utilizadas dificulta establecer conclusiones generales, sí que es posible obtener algunos rasgos evidentes de los resultados obtenidos en los trabajos realizados para la economía española. Así, en general, se puede 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

---

<sup>9</sup> De hecho, los únicos signos negativos (aunque no siempre significativos) aparecen en uno de los dos únicos trabajos (García-Fontes y Serra, 1994) que han estimado una elasticidad output por separado para las infraestructuras de transporte en España. Sin embargo, en el otro trabajo (Sanaú, 1997) las elasticidades output de las infraestructuras de transporte son positivas, muy elevadas y significativas.

<sup>10</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.

<sup>11</sup> Por ejemplo, el capital productivo de titularidad privada correspondiente a carreteras, infraestructuras hidráulicas, puertos, ferrocarriles, etc. no provisto por las administraciones públicas, como son las Autopistas de las Sociedades Concesionarias, Aeropuertos, Puertos, Confederaciones Hidrográficas, RENFE y FEVE.

inclusión del capital público productivo de las regiones colindantes suele incrementar todavía más la magnitud de la elasticidad output del capital público estimada.

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 en la medida utilizada para aproximar el empleo en la estimación de las funciones de producción. 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.

Como veíamos anteriormente en el repaso de la literatura internacional, 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 denominador 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) utilizan mínimos cuadrados ordinarios corregidos por autocorrelación de primer orden. 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 (García-Fontes y Serra, 1994, Mas et al. 1994 y 1996) 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 para de la elasticidad output del capital público más elevados que si se utilizan datos desagregados regionalmente y, por tanto, técnicas de datos de panel.<sup>12</sup> 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<sup>13</sup>, 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

---

<sup>12</sup> Resultado este que ya señalaban Munnell (1990) o Nadiri y Mamuneas (1994) en sus trabajos.

<sup>13</sup> La excepción sería el trabajo de Flores et. al (1993) que utilizan un modelo estocástico multivariante (VARMA) aunque la ecuación de cointegración puede interpretarse como una función de producción Cobb-Douglas.

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>14</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.

### **2.3. Conclusiones.**

Si se analizan en su conjunto los resultados sobre la influencia de las infraestructuras en la productividad privada que se han obtenido tanto en la literatura internacional, como en la específicamente referida a la economía española, 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 de esta disparidad de resultados es que muchos de los trabajos donde se estimaban éstas 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 éstas elasticidades y, por lo 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.

---

<sup>14</sup> En Fernández (1999) se replican las estimaciones de algunos trabajos previos, como el de Argimón et al. (1994), que corroboran este resultado.

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:

$$\beta = \varepsilon_{YK_G} = \frac{\partial Y}{\partial K_G} \frac{K_G}{Y}$$

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 quinta 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.

#### 3.1. El caso internacional.

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,  $K_p$  el capital privado y  $K_g$  el capital público, la función de producción puede expresarse como

$$Y = F(L, CI, K_p, K_g, t) \quad [4]$$

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):

$$C(w, v, K_p, K_g, Y, t) = CV(w, v, K_p, K_g, Y, t) + P_{K_p} K_p$$

siendo  $w, v$  y  $P_{K_p}$  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

$$CV(w, v, P_{K_p}, K_g, Y, t)$$

Asimismo, a partir del enfoque dual es posible obtener la función de costes variables, utilizando el lema de Shephard, a partir de las demandas óptimas de los factores variables ( $L^*$ ,  $CI^*$ ). Por ejemplo, para el análisis de corto plazo ésta función vendría dada por:

$$CV = wL^* + vCI^*$$

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>15</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>16</sup>, es decir, de un incremento de un uno por cien en la dotación de infraestructuras, en qué porcentaje se reducen los costes de las empresas privadas de la economía. En tercer lugar, a partir de este enfoque también se puede recuperar la elasticidad output (el parámetro que llamábamos  $\beta$  en el capítulo anterior) de las infraestructuras ( $\varepsilon_{YKG}$ )<sup>17</sup>. Por último, también es posible obtener toda una serie de efectos del capital público sobre la productividad total de los factores, o en otras palabras, cuantificar qué parte del crecimiento de la productividad en la economía es debida a las infraestructuras públicas.

Un procedimiento semejante puede seguirse especificando una función de beneficios, por ejemplo a corto plazo, siendo  $p$  el precio del output:

$$\pi(p, w, v, K_P, K_G, t) \equiv \max_{Y, L, CI} [pY - wL - vCI \quad : \quad Y \leq F(\cdot)]$$

Los principales argumentos favorables a la utilización de funciones de coste se apoyan por un lado, en la restrictiva tecnología de la función de producción Cobb-Douglas y por otro, en la conveniencia de endogeneizar importantes variables de decisión como los inputs privados. En efecto aunque en algunos casos se han utilizado en el enfoque de la función de producción formas funcionales más flexibles, como hemos hecho notar anteriormente, como funciones CES o Translog, una función de producción supone exógenos todos los inputs, incluso los privados. Las funciones de coste, aunque a su vez suponen exógeno el nivel de output, aproximan de forma más completa que la función de producción, determinantes que influyen en los procesos de decisión de las empresas, tales como el papel que desempeñan los precios de los inputs.

---

<sup>15</sup>  $Z_{KG} \equiv -\frac{\partial CV}{\partial K_G} = -w\frac{\partial L(\cdot)}{\partial K_G} - v\frac{\partial CI(\cdot)}{\partial K_G}$

<sup>16</sup>  $\varepsilon_{CKG} \equiv \frac{\partial C}{\partial K_G} \frac{K_G}{C} = -Z_{KG} \frac{K_G}{C}$

<sup>17</sup>  $\varepsilon_{YKG} = \frac{\partial Y}{\partial K_G} \frac{K_G}{Y} = \beta$

Procesa entonces no solo la información tecnológica que recoge la función de producción sino además el comportamiento, dados los precios, minimizador del coste condicionado al nivel de output.

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. 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.

En los últimos años se ha intensificado la utilización del enfoque dual, respecto a lo que fue la primera generación de estimaciones de funciones de producción. 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 este es un aspecto muy poco analizado en la literatura. Por último, también puede haber problemas de endogeneidad en las estimaciones, si bien estos son menos severos y más sencillos de tratar que en el caso de la estimación de funciones de producción.

En los estudios empíricos que se han realizado desde este enfoque para distintos países y regiones, en general se presenta evidencia del impacto positivo del capital público sobre la productividad privada y sobre su crecimiento, como se puede apreciar en los cuadros A.5 y A.6 del Apéndice. Estos cuadros presentan, al igual que hicimos en el caso del enfoque de funciones de producción, los rasgos más destacables de los trabajos más relevantes que se han realizado a partir del enfoque dual para el caso internacional (Cuadro A.5) y para el caso español (Cuadro A.6). Como se puede observar, también es frecuente obtener que capital público y privado son factores complementarios, que capital público y consumos intermedios son sustitutivos, mientras que la relación entre capital público y factor trabajo es más heterogénea. No obstante, los resultados difieren considerablemente si se supone que el capital privado es un factor variable (largo plazo) o si por el contrario es un factor cuasi-fijo (corto plazo).

También difieren si no se incluyen otros inputs intermedios (por ejemplo consumos intermedios<sup>18</sup>, energía, etc) y únicamente se incluyen capital y trabajo, como por ejemplo en Mamatzakis (2007a y b) para las manufacturas griegas, en Feng, Vijverberg y Vijverberg (2004) para las regiones chinas, o en España Ezcurra et al (2005). Los resultados también difieren si se renuncia a dotar de estructura al modelo y no se estima el sistema de ecuaciones de costes y demanda de inputs conjuntamente sino únicamente la función de costes.

En general, desde el enfoque dual con funciones de coste, se obtienen resultados más modestos para el efecto de las infraestructuras que los obtenidos por Aschauer (1989) y por el resto de la literatura de funciones de producción. Por ejemplo, utilizando una función de costes translogarítmica, Nadiri y Mamuneas (1994) obtienen una elasticidad de reducción de costes entre -0,11 y -0,21 para 12 industrias manufactureras de Estados Unidos. Más recientemente Cohen y Morrison (2004) para 48 estados USA obtienen que la inversión en infraestructuras reduce los costes propios (-0,15) pero tomando en cuenta efectos spill-over entre estados adyacentes aumenta la elasticidad (-0,23). Paul et al.(2004) para las manufacturas canadienses elasticidades coste entre -0,10 y -0,40. Brox y Fader (2005) también para las manufacturas canadienses obtienen valores algo mayores (-0,476), Brox (2008) para las regiones atlánticas canadienses elasticidades coste entre -0,115 y -0,481.

También otros trabajos obtienen resultados mucho menos optimistas respecto al impacto de las infraestructuras. Conrad y Seitz (1994) para Alemania obtienen un precio sombra del capital público entre 0,03 y 0,056, lo que desde el punto de vista de la eficiencia (es decir, si se le imputa un coste de uso razonable al capital público) implicaría exceso de infraestructuras<sup>19</sup>. Morrison y Schwartz (1996) estiman una generalizada de Leontief a corto plazo para cuatro agrupaciones de estados americanos y sólo para el caso concreto de los estados del Sur obtienen para todo el periodo 1970-87 que sería adecuado aumentar las infraestructuras. La razón es que, aunque en todos los casos los precios sombra son positivos, en algunos años son tan reducidos que se ven superados por el coste de uso. Idéntico resultado obtienen Bonaglia et al. (2001) para las regiones italianas<sup>20</sup>. Berndt y Hansson (1992) para Suecia, obtienen también un exceso de infraestructuras desde finales de los sesenta. En este contexto, los resultados obtenidos por Paul (2003) para Australia son en esta literatura extraordinariamente

---

<sup>18</sup> Nótese que en el caso de elasticidades output, la inclusión de los consumos intermedios obliga a referirse al valor de la producción y no simplemente al valor añadido.

<sup>19</sup> Un precio sombra de 0,056 significa que por cada marco adicional que se gastara en capital público las empresas privadas obtendrían una reducción de 5,6 céntimos en sus costes variables (bien por que utilizarían menos empleo, menos consumos intermedios o las dos cosas a la vez).

<sup>20</sup> En Vijverberg y Vijverberg (2007) el resultado por sectores en USA puede ser adverso para el agregado de infraestructuras federal, aunque en general positivo para el estatal.

atípicos, en concreto, una elasticidad output del capital público de 1,18. En este trabajo y en muchos otros (Shah, 1992; Nadiri y Mamuneas, 1994; Deno 1991) cuando se desagrega en diferentes ramas manufactureras o varios sectores productivos los servicios del stock de infraestructuras se aproximan multiplicando el stock por el porcentaje del valor añadido de esa rama o sector en el total. Este tratamiento de los datos cuestiona claramente los resultados y en concreto el valor de la elasticidad output de las infraestructuras.<sup>21</sup>

En la otra vertiente del enfoque dual, la estimación de funciones de beneficio, los resultados son mucho más optimistas aunque aún hay muy escasa literatura al respecto (véanse en el Cuadro A5. del Apéndice). No obstante, hay que ser cuidadoso a la hora de interpretar el significado estricto de las elasticidades que se obtienen cuando se estiman funciones de beneficio ya que no son equiparables a las que se obtienen a partir de las funciones de producción o de costes. Cuando el enfoque dual es a partir de funciones de beneficio, inputs productivos y output son variables endógenas, en contraste con lo que ocurre con el enfoque vía función de costes. No es contradictorio con otros enfoques obtener relaciones de complementariedad del capital privado y del trabajo con todos los tipos de infraestructuras en Deno (1988) para las manufacturas de áreas metropolitanas americanas, o para 12 países de la OCDE en Demetriades y Mamuneas (2000). El capital en infraestructuras tiene un efecto positivo sobre el beneficio, la demanda de inputs privados y la oferta de output. La elasticidad output del total (core) de infraestructuras en Deno es de 0.688 (la de infraestructuras de transporte 0.313) y en Demetriades y Mamuneas oscila entre el 0.355 de U.K. al 2.056 de Noruega, según país.

### **3.2. 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 (véase el Cuadro A.6 del Apéndice). 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

---

<sup>21</sup> Evidentemente es el flujo de servicios la variable relevante pero estos deben aproximarse por indicadores de congestión, accesibilidad, eficiencia (Boarnet, 1997), tal como se aborda en la literatura de “congestion pricing” y que no es el método seguido en los trabajos de dualidad.

especialmente en el corto plazo. En el largo plazo, en todas las regiones el capital público estimula la demanda de capital privado, reduce- en todos los trabajos realizados para las regiones españolas que consideran como output el valor de la producción- la utilización de consumos intermedios y sus efectos sobre los requerimientos de trabajo son más ambiguos y depende de regiones en Boscá, Escribá y Murgui (2002), es complementario del trabajo en Moreno, Lopez-Bazo y Artis (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, Gomez 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 Artis (2002), que desagregan el sector manufacturero en 12 ramas, en algunas de ellas así como en algunas regiones se obtienen efectos adversos de las infraestructuras y en general efectos positivos bastante débiles. Mas 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>22</sup> 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>23</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 que 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 que en el largo plazo el capital

---

<sup>22</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.

<sup>23</sup> A excepción de los resultados de Moreno, López-Bazo y Artis (2002).

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), bajo criterios exclusivamente de eficiencia. 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 Artis (2002) obtienen una relación de sustituibilidad.<sup>24</sup>

### 3.3. 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 este imprescindible para evaluar la necesidad y/o suficiencia del gasto público en infraestructuras.<sup>25</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 básicas (precios sombra, elasticidades, rendimientos, tasas de rentabilidad etc.) impiden evaluar la calidad de los resultados, sin mencionar cuanto 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

---

<sup>24</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<sup>a</sup> y b).

<sup>25</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.

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 lo 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 EE.UU.) 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. Infraestructuras Económicas y Otras Inversiones Públicas.**

Algunos de los trabajos ya citados que utilizan tanto el enfoque de funciones de producción (enfoque primal) como el enfoque dual de funciones de coste y beneficio para estimar el efecto de las infraestructuras en la productividad del sector privado, han realizado adicionalmente el análisis descomponiendo el capital público o infraestructuras totales en distintos componentes. La mayoría de los estudios que utilizan el enfoque dual analizan el efecto del capital público productivo o infraestructuras económicas, descomponiendo estas a su vez en distintos tipos y recibiendo la mayor atención el impacto de las infraestructuras destinadas a transporte y comunicaciones. No obstante, también se han realizado trabajos que analizan la contribución del stock de I+D sobre la productividad privada (Nadiri y Mamuneas, 1994 y Morrison y Siegel, 1997).

Llegados a este punto del trabajo estamos especialmente interesados en plantear posibles alternativas a la dirección del gasto público en infraestructuras a partir de la evidencia encontrada en los trabajos realizados para España y su entorno. Mostramos,

en primer lugar los resultados sobre la rentabilidad de la inversión en capital tecnológico para posteriormente centrarnos en los efectos de lo que denominamos infraestructuras sociales y más concretamente la inversión en capital humano.

En general los estudios llevados a cabo en la economía española presentan una rentabilidad de la inversión en capital tecnológico muy alta, mayor que la alternativa en capital público tangible. En efecto, López y Sanau (2001) utilizando una función de producción Cobb-Douglas ampliada con capital tecnológico propio y capital tecnológico foráneo (ponderado por las importaciones) para las ramas industriales de los países de la Unión Europea para los años 1982-92, obtienen una elasticidad de la producción industrial respecto al capital tecnológico de una magnitud entre 0,04 y 0,15 según países y en concreto para España obtienen un valor de 0,08.

Balmaseda y Melguizo (2003) utilizan también una función de producción Cobb-Douglas ampliada con capital tecnológico propio así como un vector de variables que engloban el capital humano e incluso el capital tecnológico ajeno a la economía. La elasticidad de la producción respecto al capital tecnológico propio estimada se encuentra entorno a 0,06, valor muy robusto a la inclusión de variables adicionales como el capital humano o capital tecnológico ajeno. Ello implica que aunque el coeficiente fuera inferior al de otros tipos de capital público, la rentabilidad sería más elevada<sup>26</sup>, dado el reducido nivel de stock de capital tecnológico de la economía española. Ello sugiere la necesidad de intensificar este tipo de inversión.

Una conclusión en el mismo sentido obtienen estos autores a nivel sectorial. El capital tecnológico propio presenta una elasticidad entre 0,06 y 0,010 en los sectores tecnológicos (química, maquinaria, material de transporte, comunicaciones, etc) y no es significativamente distinta de cero en los sectores no tecnológicos (alimentación, textil, metalurgia, productos metálicos, etc). No obstante, la inversión en I+D a escala nacional repercute sobre el conjunto de la actividad sectorial, independientemente del carácter tecnológico del sector.

En efecto, la introducción del capital tecnológico 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>27</sup> Fernández y Polo (2002) no sólo encuentran evidencia de que los efectos de la inversión en I+D sobre la productividad privada son superiores a los del capital público tangible (coeficientes del

---

<sup>26</sup> En una función Cobb-Douglas, con rendimientos constantes a escala, la rentabilidad implícita de los factores de producción es igual a su elasticidad por la ratio del stock de capital del factor al output, como ya vimos al final de la segunda sección.

<sup>27</sup> Lafuente et al (1985), Fernández y Polo (2002), Balmaseda y Melguizo (2003), Gumbau y Maudos (2006), Escribá y Murgui (2007).

capital público de 0,10 y del capital tecnológico de 0,14) –lo que apuntaría a una rentabilidad muy superior de la inversión en I+D- sino 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. Escribá y Murgui (2007) obtienen valores de la elasticidad del capital en I+D alrededor de 0,05 y aunque mayores los de las infraestructuras (entre 0,11 y 0,13), de todas formas denota una rentabilidad muy superior del capital tecnológico.

A la hora de plantear alternativas de gasto público, además de la inversión en I+D, la inversión en capital humano parece ser el candidato “óptimo” como destinatario de fondos públicos. La razón descansa en que existen buenas razones para pensar que el capital humano, entendido como las habilidades y conocimientos de la fuerza de trabajo que se acumulan como resultado de la escolarización, la formación continua y la experiencia, es un determinante importante de la productividad. Por tanto, se esperaría que los trabajadores más cualificados fuesen más productivos y capaces de utilizar tecnologías más sofisticadas que los menos cualificados. Además, si consideramos que la educación acaba traduciéndose en una mayor capacidad de aprendizaje y generación de nuevos conocimientos, esperaríamos que una fuerza de trabajo mejor formada mantuviese un ritmo más elevado de crecimiento de la productividad, dada su mayor facilidad para adoptar, incorporar y desarrollar nuevas tecnologías.

Los resultados para la economía española en donde se incorpora simultáneamente capital público y capital humano apuntan en la misma dirección. En todos los trabajos encuentran efectos positivos del capital humano en la productividad aunque las diferencias cuantitativas son importantes. De la Fuente (1994) y De la Fuente y Vives (1995) estiman una función de producción para un panel de las CCAA españolas y obtienen una elasticidad del 0,37 para el capital humano y 0,14 para el capital público.<sup>28</sup> Valores positivos y significativos se obtienen también en Dabán y Murgui (1997) para el mismo panel de observaciones aunque cuantitativamente menores, una elasticidad del capital humano de 0,16 y del capital público de 0,11. En Fernández (1999) y Fernández y Polo (2002), los valores obtenidos realizando el mismo tipo de estimación que los dos trabajos anteriores son para el capital humano valores de la elasticidad comprendidos en el intervalo [0,09-0,014] y para el capital público [0,21-0,40].

---

<sup>28</sup> Señalar que en el trabajo de De la Fuente (1994) los valores de la elasticidad son mucho mayores en el caso de la educación (0,67) y distingue entre capital público productivo por ocupado (elasticidad del 0,159) y capital público productivo por superficie (elasticidad output del 0,07). Sin embargo, este es un trabajo más preliminar que amplía en número de observaciones y calidad de los datos en el De la Fuente y Vives (1995).

De todos estos resultados se deduce que la acumulación de capital humano es fundamental para el crecimiento económico de una economía, por lo que, diferencias en las dotaciones de este factor entre economías se traducirán en diferenciales importantes en la productividad. Por tanto, ello sugiere que la inversión en capital humano es un elemento decisivo y prioritario a la hora de elaborar las políticas destinadas a estimular el crecimiento de una economía.

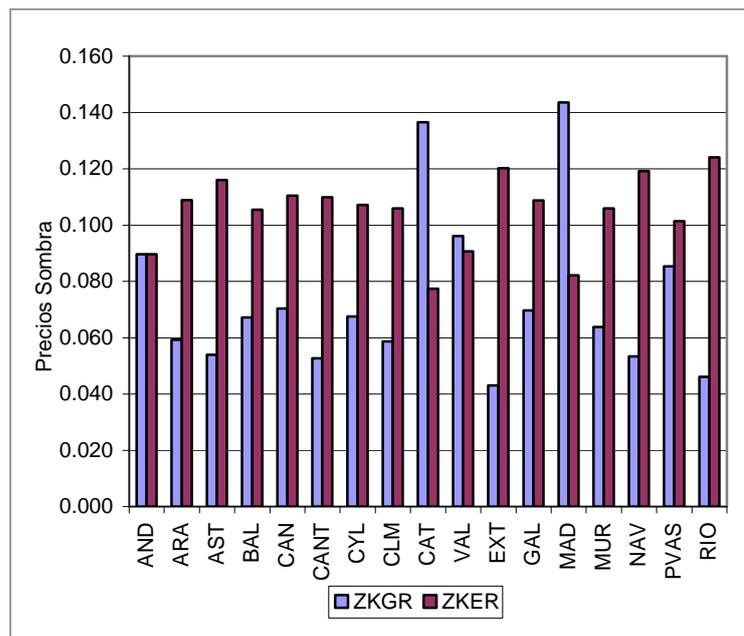


Gráfico 1. Precios sombra promedio 1980-2003.

En el gráfico 1 se recogen algunos resultados de Escrivá y Murgui (2010): en todas las regiones los precios sombra son positivos tanto de las infraestructuras públicas como del capital humano y tecnológico. Los precios sombra de las infraestructuras son muy diferentes entre regiones: En Madrid y Cataluña son muy superiores -más del doble e incluso el triple- al resto de regiones. Una situación prácticamente inversa presentan los precios sombra del capital en formación y tecnológico, que además muestra una rentabilidad, en general, muy superior respecto a las infraestructuras. Como puede observarse los precios sombra del capital humano y tecnológico son muy superiores- excepto en Madrid y Cataluña- a los de las infraestructuras, lo que significa una rentabilidad mucho mayor del capital en formación y tecnológico. En concreto, mientras que un incremento de un euro en infraestructuras generaría en promedio una reducción de costes de 7,4 céntimos, un incremento de un euro en capital tecnológico y humano reduciría los costes en 10,5 céntimos en promedio. Esta mayor rentabilidad del

capital en formación y tecnológico contrasta con el menor peso que absorbe de los fondos comunitarios.

Nuestros resultados -aún con todas las cautelas debidas a la falta de consenso sobre el valor de los parámetros estimados- apuntan a que la política de cohesión podría haber sido más efectiva si los fondos comunitarios en formación e I+D hubiesen adquirido mayor protagonismo. 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 (Lopez-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. Por el contrario, es cada vez más discutible el efecto del volumen de gasto en infraestructuras sobre la inversión privada una vez alcanzados ciertos umbrales. No obstante, casi el 55% de los fondos FEDER se dirigen a infraestructuras y únicamente el 13% a formación e I+D.

Los fondos destinados a la formación e I+D son los más rentables. Las regiones objetivo 1, que se encuentran por debajo de la media nacional en niveles educativos, presentan precios sombra en formación y tecnología muy superiores a los correspondientes en infraestructuras, por lo que la inversión en capital humano sería probablemente el instrumento más eficiente para promover la cohesión territorial<sup>29</sup>. Pero además, si la rentabilidad en la generalidad de regiones de la inversión en formación e I+D es más eficiente que la inversión en infraestructuras para acercarnos a los niveles de renta per cápita de los países de nuestro entorno sería deseable modificar el peso otorgado a cada tipo de gasto público.

## **5. 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

---

<sup>29</sup>Que en el futuro no se pueda disponer de niveles semejantes de fondos comunitarios, no debe abstenemos de tener en cuenta que tipo de gasto tiene mayor potencial para conseguir los objetivos de convergencia con el la UE-15 y la cohesión entre las regiones españolas.

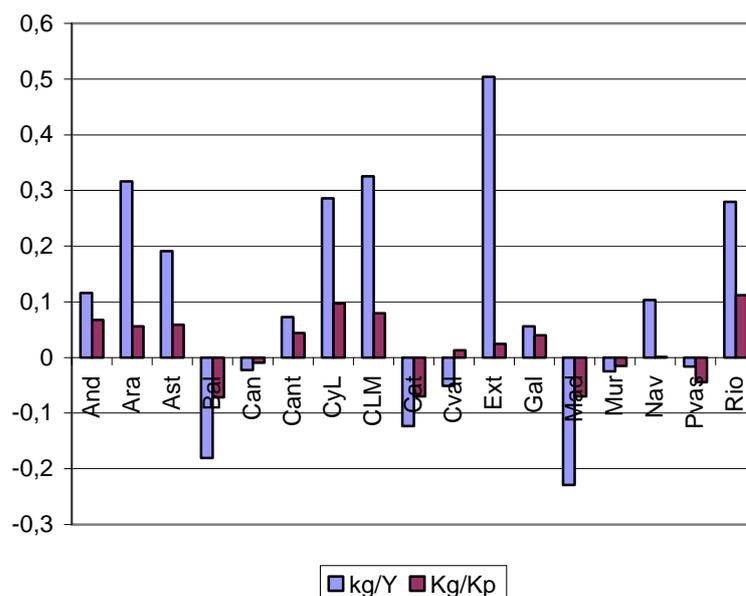
embargo, no es menos cierto que tales gastos de inversión en infraestructuras deben ofrecer a la sociedad beneficios suficientes para compensar su coste social y ser superiores a otros posibles usos alternativos de los recursos empleados. La mayoría de la literatura sobre los efectos macroeconómicos 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 haya 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 infratilización de las mismas. En el Gráfico 2 se presentan las desviaciones regionales (respecto a la media de España) en los ratios capital público-output y capital público-capital privado.



**Gráfico 2: Disparidades regionales en las dotaciones relativas de factores en las regiones españolas: valores promedio 1980-2003**

Como se aprecia en el Gráfico, existen grandes disparidades en las dotaciones de infraestructuras productivas 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>30</sup> en las que se suele obtener una mayor productividad de las infraestructuras (Boscá, Escribá y Murgui, 2002). Existen notables diferencias en la rentabilidad y productividad de la inversión pública en infraestructuras entre regiones españolas. 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 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 (dicho de forma simplista: si construimos una carretera para abaratar los costes de transporte a las empresas, tiene sentido que pase por lugares donde estén localizadas muchas empresas). 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 (y, en consecuencia, de su tasa de rentabilidad). 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, estimuló 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.

---

<sup>30</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).

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. Concretamente, las elasticidades output de capital privado, capital público y empleo que se obtienen en este trabajo para el caso español están en concordancia con las de otros países de nuestro entorno y son bastante similares a las que se obtenían como razonables en el otro trabajo mencionado anteriormente. 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 coherentes 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 por cien. 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 por cien. Como el coste de uso del capital público es más pequeño que el del privado (aproximadamente entre un 20 y un 30 por cien 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 porqué 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 visto, fundamentalmente en la sección 4, 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, 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.

## 6. Referencias Bibliográficas.

- Albala-Bertrand, J.M (2004): "Can the composition of Capital constrain potencial Output? A gap Approach". Queen Mary University of London, Department of Economics, WP No. 510.
- Albala-Bertrand, J.M y E.C. Mamatzakis (2004): "The Impact of Public Infrastructure on the Productivity of the Chilean Economy". *Review of Development Economics* 8, 266-278.
- Alvarez, A., L. Orea y J. Fernández (2003): "La Productividad de las Infraestructuras en España", *Papeles de Economía Española*, No. 95, 125-136.
- Alvarez, M.T. y C. Polo (2008): "Efectos del Capital Público sobre la Productividad privada en España" UAB, mimeo.
- Argimón, I, J.M. González-Paramo y J.M. Roldán (1994) "Productividad e infraestructuras en la economía española", *Moneda y Crédito*, 198, pp. 207-241.
- Aschauer, D.A. (1989a): "Is public expenditure productive?", *Journal of Monetary Economics*, 23, Marzo, pp. 177-200.
- Aschauer, D.A. (1989b): "Public investment and productivity growth in the Group of Seven", *Economic Perspectives*, 13(5), pp. 17-25.
- Avilés, A., R. Gómez y J. Sánchez (2001): "The effects of public infrastructure on the cost structure of Spanish industries", *Spanish Economic Review*, 3(2), pp. 131-50.
- Bajo, O., C. Diaz y M. D. Montávez (2002): "Optimal Endowments of Public Investment: An Empirical Analysis for the Spanish Regions", Centra, Documento de trabajo E2002/14.
- Bajo, O. y S. Sosvilla (1993): "Does public capital affect private sector performance? An analysis of the Spanish case, 1964-1988", *Economic Modelling*, Vol.10, N° 3, pp. 179-185.
- Balmaseda, M. (1996): "Production Function Estimates of the Rate of Return on Public Infrastructure", CEMFI, Working paper N° 9609.
- Balmaseda, M. y A. Melguizo (2003): "El capital tecnológico como factor productivo, un análisis regional y sectorial", Situación España, Servicio de Estudios de BBVA, pp. 29-35. Diciembre de 2003.
- Battagi y Pinnoi (1995): "Public capital stock and state productivity growth: further evidence from an error component model", *Empirical Economics*, 20, pp. 351-359.
- Berndt, E.R. y B. Hanson (1992): "Measuring the Contribution of Public Infrastructure Capital in Sweden", *Scandinavian Journal of Economics*, 94, pp. 151-168.
- Boarnet, M. (1997): "Infrastructure services and the productivity of public capital: the case of streets and highways", *National Tax Journal*, vol. 50(1), pp. 39-57
- Bonaglia, F., La Ferrara, E y M. Marcellino (2001): "Public Capital and Economic Performance: Evidence from Italy". *IGIER Working Paper No.163*.

- Boscá, J.E., A. Cutanda y F.J. Escribá (2004): “Rates of return to public and private capital: new estimates using nonlinear Euler equations”, *Applied Economics*, 36, pp. 1225-1232.
- Boscá, J.E., T. Dabán y F.J. Escribá (1999): “Capital privado e infraestructuras en la producción industrial regional”, *Revista de Economía Aplicada*, 21, Vol VII, pp. 61-94.
- Boscá, J.E., F.J. Escribá y M.J. Murgui (2002): “The effect of public infrastructures on the private productive sector of Spanish regions”, *Journal of Regional Science*, vol. 42 (2), pp. 301-26.
- Boscá, J.E., F.J. Escribá y M.J. Murgui (2003): “La elasticidad output del capital y su tasa de rentabilidad”, *Moneda y Crédito*, 2ª Época 217, 191-226.
- Boscá, J.E., F.J. Escribá y M.J. Murgui (2004): “TFP growth in Spanish regions: effects of quasi-fixed and external factors and varying capacity utilization”, *Regional Studies*. 38(6), 587-61.
- Brox, J. A (2008): Infrastructure Investment: The Foundation of Canadian Competitiveness”, IRPP Policy Matters, Vol. 9, No.2.
- Brox J. A., y C. A. Fader (2005): “Infrastructure Investment and Canadian Manufacturing Productivity”, *Applied Economics* 37, 1247-56.
- Cadot, O., Röller, L.H. y A. Stephan (1999): “A Political Economy Model of Infrastructure Allocation: an Empirical Assessment”. CEPR Discussion Paper No. 2336.
- Cadot, O., Röller, L.H. y A. Stephan (2006): “Contribution to Productivity or Pork-barrel? The Two Faces of Infrastructure Investment” *Journal of Public Economics* 90, 1133-1153.
- Calderón, C y L. Servén (2002): “The Output Cost of Latin American’s Infrastructure Gap” Central Bank Of Chile WP No. 186.
- Canning, D (1999): “The Contribution of Infrastructure to Aggregate Output”, World Bank WP No. 2246.
- Canning, D y E. Bennathan (2000): “The Social Rate of Return on Infrastructure Investments”, World Bank WP No.2390.
- Canning, D y P. Pedroni (1999):” Infrastructure and Long Run Economic Growth”, mimeo.
- Cantos, P., M. Gumbau y J. Maudos (2005): “Transport infrastructures and regional growth: evidence of the spanish case”, MPRA. Paper No. 15261.
- Cellini, R y G. Torrìsi (2009): “The Regional Public Spending for Tourism in Italy: An Empirical Analysis” MPRA Paper No. 16131.
- Charlot, S y B. Schmitt (1999): “Public Infrastructure and Economic Growth in France’s Regions”. Paper No. 129 ERSA, 39 congress, Dublin, Irlanda.
- Cohen, D y M. Soto (2001): “Growth and human capital: good data, good results”, CEPR Discussion Paper, No. 3025.

- Cohen, J.P y C.J. Morrison (2004): “Public Infrastructure Investment, Interstate Spatial Spillovers, and Manufacturing Costs”, *Review of Economics and Statistics* 86, 551-560.
- Conrad, K. y H. Seitz (1994): “The economic benefits of public infrastructure”, *Applied Economics* 26, pp. 303-311.
- Costa, J; Ellson, R. y Martin, R. (1987): “Public capital, regional output and development: some empirical evidence”, *Journal of Regional Science*, 27, pp. 419-37.
- Dabán, T. y M.J. Murgui (1997): “Convergencia y rendimientos a escala en las regiones españolas: La base de datos BD.MORES”, *Información Comercial Española* Nº 762, pp. 66-86.
- Dabán, T. y A. Lamo (1999): “Convergence and public investment allocation Spain 1980-1993”. Dirección General de Análisis y Programación Presupuestaria, Ministerio de Economía y Hacienda, Documento de Trabajo, Nº D-99001.
- Dabán, T., A. Díaz, F.J. Escribá y M.J. Murgui (2002): “La base de datos BD.MORES”, *Revista de Economía Aplicada*, vol X (30), pp. 165-84.
- Dalamagas, B. (1995): “A reconsideration of the public sector’s contribution to growth”, *Empirical Economics*, 20, pp. 385-414.
- 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, pp. 479-505.
- De la Fuente, A. (1996a): “Infraestructuras y productividad: Un panorama de la evidencia empírica”, *Información Comercial Española*, Nº 151, pp. 25-40.
- De la Fuente, A. (1996b): “Economía regional desde una perspectiva neoclásica. De convergencia y otras historias”, *Revista de Economía Aplicada*, vol. IV, pp. 5-63.
- De la Fuente, A. (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, Nº D-2004-02, Abril de 2004.
- De la Fuente, A. (2010): “Infrastructures and productivity: An Updated Survey”, Dirección general de Presupuestos. Ministerio de Economía y Hacienda. D-2010-01.
- De la Fuente, A. y R. Doménech (2006): “Capital humano, crecimiento y desigualdad en las regiones españolas”, *Moneda y Crédito* 222, 13-56.
- De la Fuente, A. y X. Vives (1995): “Infrastructure and education as instruments of regional policy. Evidence from Spain”, *Economic Policy*, 20, pp. 11-51.
- Delgado, M.J y I. Alvarez (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, 155-80.

- Demetriades, P. y T. Mamuneas (2000): “Intertemporal output and employment effects of public infrastructure capital: evidence from 12 OECD economies”, *Economic Journal*, 110, pp. 687-712.
- Deno, K.T. (1988): “The Effect of Public Capital on US Manufacturing Activity: 1970 to 1978”, *Southern Economic Journal*, 53 pp: 400-411.
- Deno, K.T. (1991): “Public Capital and the Factor Intensity of the Manufacturing Sector”, *Urban Studies*, vol 28, N° 1 pp: 3-14.
- Diaz, C y D. Martínez (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., J.L. Gonzalez Páramo y J.M., Roldán (1994): “Convergencia entre las Provincias Españolas”, *Moneda y Crédito*, 198, 81-131.
- Draper, M. y J.A. Herce (1994): “Infraestructuras y Crecimiento Económico”, *Revista de Economía Aplicada*, N° 6, vol.II, pp. 129-168.
- Duggal, V. G, C.Saltzman, y L.R. Klein (1999): “Infrastructure and Productivity: A Nonlinear Approach”, *Journal of Econometrics* 92, 47-74.
- Escribá F.J. y M. J. Murgui (2007): “El capital tecnológico como factor de producción en las regiones españolas 1980-2000” *Investigaciones Regionales*, 10. 33-52
- Escribá F.J. y M. J. Murgui (2008): “Factores de localización regional en las inversiones industriales”. *Revista de Economía Aplicada*, 47, 101-125.
- Escribá F.J. y M. J. Murgui (2009a): “Government policy and industrial investment determinants in Spanish Regions”, *Regional Science and Urban Economics*, 39, 479-488.
- Escribá F.J. y M. J. Murgui (2009b): “Human Capital and Infrastructures on Business Sector Investment in Spanish Regions: 1980 to 2003” D-2009-05, Dirección General de Presupuestos. Ministerio de Economía y Hacienda.
- Escribá F.J. y M. J. Murgui (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.
- Evans, P. y Karras, G. (1994a): “Is government capital productive? Evidence from a panel of seven countries”, *Journal of Macroeconomics*, 16(2).
- Evans, P. y Karras, G. (1994b): “Are government activities productive? Evidence from a panel of US States”, *Review of Economics and Statistics*, LXXVI(1), pp. 1-11.
- Everaert, G y F. Heylen (2004): “Public Capital and Long-Term Labour Market Performance in Belgium”, *Journal of Policy Modelling* 26, 95-112.
- Ezcurra, R., C. Gil., P. Pascual, y M. Rapún (2005): “Public Capital, regional productivity and spatial spillovers”, *Annals of Regional Science* 39, 471-494.

- Feng, F., W.P.M. Vijverberg, y C.P.C. Vijverberg (2004): “Public Infrastructure as a Determinant of intertemporal and interregional Productive performance in China” IZA DP No. 1019.
- Fernald, J. (1999): “Assesing the Link between Public Capital and Productivity”, *American Economic Review* 89, 619-638.
- Fernández, M. (1999): “Política Fiscal y Capital Público: Un modelo de Equilibrio General de la Economía Española”. Tesis Doctoral, UAB (IDEA).
- Fernández M. y C. Polo (2001): “Capital público y productividad privada en España: unha panorámica”, *Revista Galega de Economía*, vol 10, num 1, 105-132.
- Fernández M. y C. Polo (2002): “Productividad del capital público en presencia de capital tecnológico y humano”, *Revista de Economía Aplicada*, 29(X), pp. 151-61.
- Ferrara, E. L. y M. Marcellino (2000): “TFP, Costs, and Public Infrastructure: An Equivocal Relationship”, IGIER WP No. 176.
- Flores, R. (1994): Comentario a Argimón et al. (1994), *Moneda y Crédito*, 198, pp. 246-251.
- Flores, R., M. Gracia y T. Pérez (1993): “Efectos de la inversión en infraestructuras sobre la economía española, W-P, publicado posteriormente como DT nº 9404 de ICAE, 1994.
- Freire, M.J, y J. Alonso (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 D. Serra (1994): “Capital Público, Infraestructuras y Crecimiento”, en *Crecimiento y convergencia regional en España y Europa*, vol. 2. Instituto de Análisis Económico. Barcelona, pp. 451-78.
- García-Milá T. y T. McGuire (1992): “The Contribution of Publicly Provided Inputs to States Economics”, *Regional Science and Urban Economics*. Nº 22(2), pp. 229-41.
- García-Milá T., T. McGuire y R.Porter (1996): “The Effect of Public Capital in State-Level Production Functions Reconsidered”, *The Review of Economics and Statistics*, pp. 177-180.
- Gil, C., P. Pascual y M. Rapún (1997). “Evaluación del Impacto de las Infraestructuras en los Costes de las Regiones Españolas”, *Cuadernos Aragoneses de Economía*. Vol. 7, Nº2, pp. 361-81.
- Goerlich, F y M. Mas (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), pp. 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), pp. 95-114

- Gramlich, E. (1994): "Infrastructure Investment: A Review Essay", *Journal of Economic Literature*. Vol. XXXII. pp. 1176-1196.
- Gumbau, M y J. Maudos (2006): "Technological activity and productivity in the Spanish regions" *Annals of Regional Science*, Vol (40).
- Hämäläinen, P (2009a): "Review of Literature on the productivity of Public Capital". Aboa Centre for Economics. Discussion Paper No. 55.
- Hämäläinen, P y T. Malinen (2009b): "The relationship between regional value added and public capital in Finland: What do the new panel econometric techniques tell us?" Discussion Paper No. 637.
- Hansen, N. (1965): "Unbalanced Growth and Regional Development", *Western Economic Journal*, vol. 4.
- Holtz-Eakin, D. (1994): "Public Sector Capital and the Productivity Puzzle", *Review of Economics and Statistics*, 76 (1), pp. 12-21.
- Iwamoto, Y (1990): "An Evaluation of Public Investment Policy in Postwar Japan", *The Economic Review* Vol. 41, no.3 250-261.
- Kamps, C (2004): "The Dynamic Effects of Public Capital: VAR Evidence for 22 OECD Countries" Kiel WP No. 1224.
- Kamps, C (2005): "Is There a Lack of Public Capital in the European Union?" *EIB Papers* 10, 72-93.
- Kamps, C (2006): "New Estimated of Government Net Capital Stocks for 22 OECD Countries 1960-2001", *IMF Staff Papers* 53, 120-150.
- Kawaguchi, D., F. Ohtake y K. Tamada (2009): "The Productivity of Public Capital: Evidence from Japan's 1994 Electoral Reform". *Journal of the Japanese and International Economies*, Vol. 23, 332-43.
- Kemmerling, A y A. Stephan (2002): "The Contribution of Local Public Infrastructure to Private Productivity and its Political Economy: Evidence from a Panel of Large German Cities" *Public Choice*, Vol. 113, 403-24.
- Lafuente, A., V. Salas y M.J. Yague (1985): *Productividad capital tecnológico e investigación en la economía española*. Madrid: Ministerio de Industria y Energía.
- Lanzas, J. R. y D. Martinez (2003): "El capital público y privado como determinantes del crecimiento industrial en las regiones españolas" *Cuadernos de CC.EE y EE*, No.44-45, pp.99-111.
- Ligthart, J.E. (2002): "Public Capital and Output Growth in Portugal: An Empirical Analysis", *European Review of Economics and Finance* 1, 3-30.
- Lobo, J. y N. Rantisi (1999). "Investment in infrastructure as determinant of metropolitan productivity", *Growth and Change*, vol 30(1), pp. 106-27.
- López C y J. Sanaú (2001): "Impacto del capital tecnológico en la producción industrial", *Economía Industrial*, 341 (V), pp. 103-112.

- Lopez-Bazo, E y R. Moreno (2008): "Does human capital stimulate investment in physical capital?: Evidence from a cost system framework", *Economic Modelling*, Vol.25(6), 1295-1305.
- Lynde, C. (1992): "Private Profit and Public Capital", *Journal of Macroeconomics*. Vol. 14, nº 1, pp: 125-142.
- Lynde, C. y J. Richmond (1992): "The Role of Public Capital in Production", *The Review of Economics and Statistics*, pp. 37-44.
- Lynde, C. y J. Richmond (1993): "Public Capital and Long-Run Costs in U.K. Manufacturing", *The Economic Journal*, 103, pp: 880-893.
- Mamatzakis, E.C. (1999a): "Public Infrastructure, Private Input Demand, and Economic Performance of the Greek Industry", Queen Mary and Westfield College WP No. 406.
- Mamatzakis, E.C. (1999b): "Testing for Long Run Relationship between Infrastructure and Private Capital Productivity: A Time Series Analysis for the Greek Industry", *Applied Economics Letters* 6, 243-246.
- Mamatzakis, E.C. (2007a): "An Analysis of the impact of Public Infrastructure on Productivity Performance of Mexican Industry", CESifo WP No. 2099.
- Mamatzakis, E.C. (2007b): "EU infrastructure investment and productivity in Greek manufacturing", *Journal of Policy Modelling* 29, 335-344.
- Marrocu, E. y R. Paci (2008): "The Effects of Public Capital on the productivity of the Italian regions". *Applied Economics*, 1-14.
- Mas, M., J. Maudos, F. Pérez y E. Uriel (1993a): "Capital Público y Productividad de la Economía Española", WP-EC 93-08 IVIE.
- Mas, M., J. Maudos, F. Pérez y E. Uriel (1993b): "Competitividad, productividad industrial y dotaciones de capital público", *Papeles de Economía Española*, Nº 56, pp.144-159.
- Mas, M., J. Maudos, F. Pérez y E. Uriel (1994): "Capital Público y Productividad en las Regiones Españolas", *Moneda y Crédito*, Nº 198, pp. 163-192.
- Mas, M., J. Maudos, F. Pérez y E. Uriel (1996): "Infrastructures and productivity in the Spanish regions", *Regional Studies*, 30(7), pp. 641-49.
- Merriman, D. (1990): "Public capital and regional output", *Regional Science and Urban Economics*, 20, pp. 437-458.
- Moreno, R. y M. Artís (1996): "Threshold, Spatial and sectoral effects when analysing the role of public capital in Spanish regional development" Mimeo, Universitat de Barcelona.
- Moreno, R., E. López-Bazo y M. Artís (2002): "Public infrastructure and the performance of manufacturing industries: short and long-run effects", *Regional Science and Urban Economics*, 32, pp. 97-121.
- Morrison, C. y A. Schwartz (1996): "State Infrastructure and Productive Performance", *The American Economic Review*, pp. 1095-1111.

- Morrison, C. y D. Siegel (1997): "External capital factors and increasing returns in US manufacturing", *Review of Economics and Statistics*, pp. 647-54.
- Munnell, A. (1990): "How does public infrastructure affect regional economic performance?", *New England Economic Review*, Federal Reserva Bank of Boston, September-October, pp. 11-32.
- Nadiri, I. y T. Mamuneas (1994): "The Effect of Public Infrastructure and R&D Capital on the Cost Structure and Performance of US Manufacturing Industries", *Review of Economics and Statistics*, Febrero, 76 (1), pp. 22-37.
- Otto, G. y G.Voss (1994): "Public capital and private production in Australia", *The Economic Record*, pp. 725-28.
- Otto, G. y G.Voss (1998): "Is public capital provision efficient?", *Journal of Monetary Economics*, 42, pp. 47-66.
- Paul, S. (2003): "Effects of public infrastructure on cost structure and productivity in the private sector", *Economic Record*, vol. 79(247), pp.446-61.
- Paul, S., B.S. Shani y B.P. Biswal (2004): "Public Infrastructure and the productive performance of Canadian manufacturing industries". *Southern Economic Journal*. 70: 4. 998-1011.
- 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*, No. 82, 105-132.
- Pereira, A. M y O, Roca-Sagalés (2003): "Spillovers effects of public capital formation: evidence from the spanish regions", *Journal of Urban Economics* 53, 238-256.
- Pereira, A. M y O, Roca-Sagalés (2006): "Public Infrastructures and Regional Asymetries in Spain", Departamento f Economics. College of William and Mary. WP 46.
- Picci, L (1999): "Productivity and infrastructure in the Italian regions", *Giornali Degli Economisti e Annali di Economia*, vol. 58 (3-4), pp. 329-53.
- Ratner, J. (1983): "Government capital and the production function for US private output", *Economic Letters*, 13, pp. 213-17.
- Rodriguez-Velez, 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 J. de Haan (2007): "Public Capital and Economic Growth: A critical Survey", *Perspektiven der Wirtschaftspolitik*, 8 (Special Issue); 6-52.
- Rovolis, A. y N. Spence (2001): "Duality theory and cost function análisis in a regional context: the impact of public infrastructure capital in the Greek regions", *The Annals of Regional Science*, 36, pp.55-78.
- Sanaú, J. (1995): *Infraestructuras y crecimiento. Análisis en la industria española*. Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza.
- Seitz, H. (1994): "Public Capital and the Demand for Private Inputs", *Journal of Public Economics*, 54, pp. 287-307.

- Seitz, H. y G. Licht (1995): “The Impact of Public Infrastructure Capital on Regional Manufacturing Production Cost”, *Regional Studies*, 29, pp. 231-240.
- Shah, A. (1992): “Dynamics of Public Infrastructure, Industrial Productivity and Profitability”, *The Review of Economics and Statistics*, pp. 28-36.
- Shioji, E (2001): “Public Capital and Economic Growth: A Convergence Approach”, *Journal of Economic Growth* 6, 205-227.
- Slovoda, B. W y V.W.Yao ((2008): “Interstate spillovers of private capital and public spending” *Annals Regional Science* 42. 505-518.
- Stephan, A (2000): “Regional Infrastructure Policy and Its Impact on Productivity: A comparison of Germany and France”, *Applied Economics Quarterly* 46, 327-356
- Stephan, A (2003): “Assesing the contribution of public capital to private production: evidence from the german manufacturing sector”, *International Review of Applied Economics*. Vol. 17 No.4.
- Straub, S (2008): “Infrastructure and Growth in Developing Countries: Recent Advances and Research Challenges”. Policy Research WP No. 4460 Washington DC: World Bank.
- Tanaka, T (2000): *The Policy Appraisal and Evaluation of Public Capital Accumulation in Japan*. PHP Research Institute, Tokyo.
- Torrisci, G (2009): “Infrastructures and Economic performance: a critical comparison across four approaches”. Centre for Urban and Regional development Studies. Newcastle University.
- Vijverberg, W.P.M., C.P.C. Vijverberg, y J.L. Gamble (1997): “Public Capital and Private Production”, *Review of Economics and Statistics* 79, 267-278.
- Vijverberg, W.P.M., C.P.C. Vijverberg, (2007): “Diagnosing the productivity effect of Public Capital in the private sector”, *Eastern Economic Journal*, Vol. 33. No. 2 , 207-230.
- Wylie P. (1996): “Infrastructure and Canadian Economic growth, 1946-91”, *Canadian Journal of Economics*, XXIX, Special Issue, S-350-55.
- Yamano, N. y T. Ohkawara (2000): “The regional allocation of public investment: efficiency or equity”, *Journal of Regional Science*, 40(2), pp. 205-229.
- Zegeye, A (2000): “U.S. Public Infrastructure and its Contribution to Private Sector Productivity” U.S. Bureau of Labor Statistics, WP 329.

## **Apéndice.**

**Cuadro A.1. Resultados de la Estimación de Funciones de Producción con Datos Agregados de Países.**

Autor	Periodo	Especificación y Estimación	Elasticidad capital público		Observaciones
			Total	Transporte	
Ratner (1983)	1949-1973 USA (Series temp)	Cobb-Douglas (MCO niveles)	0.056		Kp y Kg ajustados por la UCP
Aschauer (1989a)	1949-1985 USA (Series temp)	Cobb-Douglas (MCO niveles)	0.39	0.24 ("core")	UCP manufact. Dummies tempor
Aschauer (1989b)	1966-1985 G7 (Panel)	Cobb-Douglas (MCO diferencias)	0.41		Ig/PIB y Ip/PIB como proxies de los stocks UCP;Dummies años crisis petróleo
Iwamoto (1990)	1955-1984 Japón (Series temp)	Cobb-Douglas	0.238 a 0.408		
Berndt y Hansson (1992)	1964-1988 Suecia (Series temp)	Cobb-Douglas Aschauer(1989a) Munnell(1990)	1.601 0.687		

**Cuadro A.1 (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Producción con Datos Agregados de Países.**

Autor	Periodo	Especificación y Estimación	Elasticidad capital público		Observaciones
			Total	Transporte	
Evans y Karras (1994a)	1963-1988  (Bel, Can, Fin, Alem, Gre, RU y EEUU)	Cobb-Douglas  Diferencias  Dumm temp  E. Aleatorios	0.182  -0.103(no signif)  -0.108(no signif)		
Otto y Voss (1994)	1953:3-1992:2 (Trim)  Australia	Cobb-Douglas  Cointegración	0.167  0.296		Utilizan  Kg y Kp complem  Kg y Kp sustit
Dalamagas (1995)	1950-1992  Grecia (Series temp)	Translogarítmica  MC3E	-1.24		Sector Industrial  Kg sustitutivo de L, Kp y Energía
Wylie (1996)	1946-1991  Canada	Cobb-Douglas  (MCO niveles) y AR(1)	0.407	0.299  Escuelas, Hosp., Univ y otros : 0.112	Tasa desempleo

**Cuadro A.1 (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Producción con Datos Agregados de Países.**

Autor	Periodo	Especificación y estimación	Elasticidad capital público		Observaciones
			Total	Transporte	
Vijverberg et al (1997)	1958-1989 USA	Cobb-Douglas y semi-translog	0.465 a 0.550		Resultados imprecisos debido a multicolinealidad (no militar)
Canning y Pedroni (1999)	1950-1992 Distintos países (Panel)	Modelo de corrección de error	Efecto positivo pero diferente dependiendo del país y tipo de infraestructura.	Numero de teléfonos, kms. de carreteras y ferrocarriles.	Se cuantifica el efecto a largo plazo de las infraestructuras en el crecimiento económico
Duggal et al (1999)	1960-1989 USA	La tecnología es función no lineal de las infraestructuras	0.270		
Canning (1999)	1960-1990 57 países	Cobb-Douglas Modelo de corrección de errores en primeras diferencias	Diferentes tipos de infraestructuras: Elasticidad de la telefonía por encima de la del transporte.		Infraestructuras: número de teléfonos, capacidad de generar electricidad, kms de carreteras y vías férreas.

**Cuadro A.1 (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Producción con Datos Agregados de Países.**

Autor	Periodo	Especificación y Estimación	Elasticidad capital público		Observaciones
			Total	Transporte	
Canning y Bennathan (2000)	1960-1990  62 países	Cobb-Douglas y translog. Corrección de errores.	0,048,0,03,0,117 roads  0,057,0,012,0,134 electri, según nivel de renta		Sólo los países de renta baja y media se benefician de más infraestructura.
Ferrara y Marcellino (2000)	1970-1994  Italia	Cobb-Douglas	Elasticidad negativa en los 70, positiva en los 80 y 90.		Estimación también por región (ver Cuadro A2)
Calderón y Servén (2002)	1960-1997  101 países	Cobb-Douglas	0.16 (incluye transporte, comunicaciones y capital general)		
Ligthart (2002)	1965-1995  Portugal	Cobb-Douglas  OLS  Coint.	Efectos significativos y positivos, 0,186-0,199  0,387		Utiliza GDP como dependiente que incluye sector público

**Cuadro A.1 (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Producción con Datos Agregados de Países.**

Autor	Periodo	Especificación y estimación	Elasticidad capital público		Observaciones
			Total	Transporte	
Albala-Bertrand y Mamatzakis (2004)	1960-1998 Chile	Traslog	(incluye transporte, comunicaciones y capital general)		Efecto negativo hasta 1971, positivo desde entonces.
Kamps (2006)	1960-2001 22 países OCDE (individual y panel)	Modelo de Aschauer (1989)	0.22 (con panel)  Mucho mayor (con Series temporales)		Demasiado alta por ejemplo para USA (0,8). No presenta elasticidades de cap. Privado y trabajo.

**Cuadro A.2. Resultados de la Estimación de Funciones de Producción con Datos Desagregados de Regiones o Estados.**

Autor	Periodo	Especificación y estimación	Elasticidad capital público		Observaciones
			Total	Transporte	
Costa, Ellson y Martin (1987)	1972 48 Estados USA	Translogarítmica (MCO)	Todos sect. : 0.20 Indus: 0.189 No-agric.: 0.259		Comp. L-Kg y Kp-Kg Sustit. L-Kp
Munnel (1990)	1970-1986 48 Estados USA	Cobb-Douglas (MCO niveles) Translogarítmica	0.06 a 0.15  0.16	0.06 (Highways) 0.12 (Water-Sewers) 0.01(no sign) Others	Tasa de desempleo para captar el ciclo
Merriman (1990)	1954-1963 Japón  1972 48 Estados USA	Translogarítmica	Agr: 0.58 Ind. :0.43 Ser. :0.46 0.20		Dummies temporales y regionales Comp. L-Kg Sustit. Kp-Kg
García-Milá y McGuire (1992)	1969-1983 48 Estados USA	Cobb-Douglas (MCO niveles)		0.044 (Highways) 0.165(Education) 0.045(Highways) 0.072 (Education)	Dummies temporales. Población y medida de la industrialización Años escolarización

**Cuadro A.2. (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Producción con Datos Desagregados de Regiones o Estados.**

Autor	Periodo	Especificación y estimación	Elasticidad capital público		Observaciones
			Total	Transporte	
Holtz-Eakin (1994)	1969-1986	Cobb-Douglas		“core”	
	48 Estados USA	MCO niveles DTemp	0.203	0.086	
		Efec.Fijos	-0.051	-0.0354	
		1ªDiferenc	-0.115(no signif)		
		Efec. Aleat	0.007(no signif)	-0.0015(no signif)	
		<b>V.Instrum</b>	-0.0218(no signif)		
Evans y Karras (1994b)	1970-1986	Cobb-Douglas			Tasa de desempleo Servicios públicos (gasto corriente de los estados en educación, carreteras, sanidad, policia...)
	48 Estados USA	MCO niveles	0.096		
		Efec.Fijos	-0.048(no signif)		
		1ªdiferencias	-0.029(no signif)		
Battagi y Pinnoi (1995)	1970-1986	Cobb-Douglas		Highways:	Tasa de desempleo
	48 Estados USA	MCO niveles	0.16	0.002 (no signif)	
		Efec.Fijos	0.39	Water-Sewers: 0.22	
		<b>V.Inst</b>	0.04 (no signif)	(1%) Others:-0.20	

**Cuadro A.2. (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Producción con Datos Desagregados de Regiones o Estados.**

Autor	Periodo	Especificación y estimación	Elasticidad capital público		Observaciones
			Total	Transporte	
García-Milá, McGuire y Porter (1996)	1970-1983 48 Estados USA	Cobb-Douglas MCO niveles Efec. Aleat Efec.Fijos 1ªDifer. EFijos		0.370 0.120 0.127 -0.058(no sign)	Otras Elasticidades output (1D E.Fijos): W-S:-0.029(no signif) Others:-0.022(no significativa)
Picci (1999)	1970-1995 20 regiones Italianas (4 grupos)	Cobb-Douglas MCO niveles Efec. Aleat Efec.Fijos 1ªDifer	-0.248 0.358 0.072 0.184		0.501(core); -0.05 (no core)

**Cuadro A.2. (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Producción con Datos Desagregados de Regiones o Estados.**

Autor	Periodo	Especificación y estimación	Elasticidad capital público		Observaciones
			Total	Transporte	
Cadot et al (1999)	1985-1991 Regiones Francia	Función de producción y ecuaciones de política económica		0.10	
Charlot y Schmitt (1999)	1982-1993 Regiones Francia	Cobb-Douglas Translog	0.3 0.4		Estimaciones muy sensibles a las regiones y periodos
Lobo y Rantisi (1999)	1977-1992 Áreas metropolitanas USA (261)	CES			Relación positiva entre la tasa de crecimiento de la $I_g$ y la productividad
Stephan (2000)	1970-1995(Alema-Oest) 1978-1992 (Francia) Regiones	Cobb-Douglas	Resultados imprecisos debido a la multicolinealidad.		Capital: equipamiento no militar en manos del gobierno.
Ferrara y Marcellino (2000)	1970-1994 Regiones Italia	Cobb-Douglas	Noroeste: negativa Noreste: negativa Centro: positiva Sur: positiva		

**Cuadro A.2. (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Producción con Datos Desagregados de Regiones o Estados.**

Autor	Periodo	Especificación y estimación	Elasticidad capital público		Observaciones
			Total	Transporte	
Yamano y Ohkawara (2000)	1970-1994 47 prefecturas Japón	Cobb-Douglas MCO niveles Efectos Fijos Dum. por prefectura	0.034 (1%) 0.148 (1%) 0.150 a 0.190		
Bonaglia et al (2001)	1970-1994 Regiones Italia	Cobb-Douglas	0.05 no significativa para el conjunto de Italia Mucha variación regional		Test de endogeneidad, que no encuentran
Shioji (2001)	1963-1993 (estados USA) 1955-1995 (regiones Japón)	Modelo de equilibrio general computable	0.10 a 0.15		Intervalos temporales de 5 años en la muestra.
Everaert y Heilen (2004)	1965-1996 Regiones Bélgica	Translog en un modelo de equilibrio general.	0.31 (Inversión pública)		

**Cuadro A.2. (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Producción con Datos Desagregados de Regiones o Estados.**

Autor	Periodo	Especificación y estimación	Elasticidad capital público		Observaciones
			Total	Transporte	
Cadot et al (2006)	1985-1992 Regiones Francia	Cobb-Douglas con ecuaciones de política económica para transporte.		0.08	
Sloboda y Yao (2008)	1989-2002, estados USA	Cobb-Douglas		Elasticidades negativas	Elasticidades positivas en educación y otros servicios públicos
Marrocu y Paci (2008)	1996-2003 regiones italianas	Cobb-Douglas	0,095 infr. Económicas, otras 0,011. Ad. Central 0,043 y Regional 0,075		Estima junto a capital humano y tecnológico
Hamalainen y Malinen (2009)	1975-2004 Regiones Findlandia	Cobb-Douglas Panel dinámico OLS y SUR.	0,11		
Kawaguchi, Ohtake y Tamada (2009)	1994-1999 Prefecturas japonesas	Cobb-Douglas primeras diferencias	- 0,16		El capital público no es productivo

**Notas a los cuadros:**

En la estimación : MCO (Mínimos cuadrados ordinarios); MCNL (Mínimos cuadrados no lineales); E.Fijos (Efectos Fijos); E.Aleatorios (Efectos Aleatorios); MC3E (Mínimos Cuadrados en tres etapas); V.Inst ( Variables Instrumentales); MCG (Mínimos Cuadrados Generalizados)

En las elasticidades del capital público: “core” (infraestructuras productivas)

En las observaciones: UCP (Utilización de la capacidad productiva); Ig (Inversión Pública); Ip (Inversión Privada); comp.(factores complementarios); sust.(factores sustitutivos)

**Cuadro A.3. Resultados de la Estimación de Funciones de Producción con Datos Agregados para España.**

Autor	Periodo	Especificación y Estimación	Elasticidad capital público		Datos	Observaciones
			Total	Transporte		
Bajo y Sosvilla (1993)	1964-1988	Cobb-Douglas Cointegración	0.19		MOISEES (VABcf, asalariados, Kp productivo, Kg AAPP)	UCP RCS
Argimón, González- Páramo y Roldán (1994)	1964-1989	Cobb-Douglas Cointegración	MCO MCNL 0.60 0.71 (a) <b>0.59 0.59</b> (b) 0.49 0.67 (c)		MOISEES (PIBcf, Kp) García y Gómez (1993) (asalariados) Argimón y Martín (1993), (Infraestructuras)	AAPP (peor result) Infraest del Estado (CN) (a) Infraest. Estado (C Pública) (b) Infr.Estado (CP con TRF) (c) RCS
Flores, Gracia y Pérez (1993)	1964-1992	Modelo Estocástico Multivariante	0.21		MOISEES (PIBcf, Kp) García y Gómez (1993) (asalariados) Argimón y Martín (1993), (Infraestructuras)	RCS

**Cuadro A.3. (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Producción con Datos Agregados para España.**

Autor	Periodo	Especificación y Estimación	Elasticidad capital público		Datos	Observaciones
			Total	Transporte		
Mas, Maudos, Pérez y Uriel (1993a)	1965-1989	Cobb-Douglas MCO corregidos por autocorrelación 1er orden	Kg total (Rdtos. 1.53) 0.29	Kg produc. (Rdtos. 1.52) 0,36	INE (PIB y ocupados) IVIE (Kp y Kg total y productivo)	
García-Fontes y Serra (1994)	1964-1988	Cobb-Douglas  MCO niveles Diferencias	Kg productivo  0.27 0.18		CRE (INE): VAB y empleo IVIE (Kg productivo) Calabuig, et al. (1993): Kp	UCP RCS
Flores (1994)	1964-1989	Análisis de Cointegración	Kg productivo 0.50		Series de Argimón et al (1994). Réplica	RCS
González-Páramo (1995)	1964-1989 1964-1989 1966-1989 1966-1989	Análisis de Cointegración (MCNL)	0.21 0.59 0.51 0.61		Bajo y Sosvilla(93) Argimón et al (94) Mas et al (93)KgTotal Mas et al (93)KgProductivo	RCS

**Cuadro A.3. (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Producción con Datos Agregados para España.**

Autor	Periodo	Especificación y Estimación	Elasticidad capital público		Datos	Observaciones
			Total	Transporte		
Fernández (1999)	1964-1988  1964-1991	Cobb-Douglas  MCO  MCO (RCS)  MCO RCS con T  Mecanismo de Corrección de .Error	Kg productivo  0.15-0.30			Examina la solidez de las conclusiones de cada trabajo (By S, ARG, Mas, SGF) con datos +- orig y distintos métodos de estimación y distintas especificaciones
Fernández y Polo (2001)	Trabajos que estudian el periodo 1964- 1989(91)		Se decantan por un rango de 0.15 a 0.30			<i>Survey</i> de estudios agregados para España limitado a trabajos con función de producción.
Fernández y Polo (2002)	1964-1988(91)	Función de producción con infraestructuras  Además, con cap. Tecnológico y humano  MCO	0.29 a 0.45  0.04 0.13		Diferentes:  Argimón  Canales y Taguas  BBV	La elevada productividad de las infraestructuras se desvanece si se incluyen otras variables.

**Cuadro A.3. (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Producción con Datos Agregados para España.**

Autor	Periodo	Especificación y Estimación	Elasticidad capital público		Datos	Observaciones
			Total	Transporte		
Alvarez y Polo (2008)	1980-2003	VAR  15 sectores productivos	Efectos positivos sobre la producción. privada, especialmente sobre el capital privado.		Estada y López-Salido	

**Notas a los cuadros:**

RCS (rendimientos constantes a escala)

Rdtos. (Rendimientos)

CN (contabilidad Nacional)

CRE (Contabilidad regional de España)

C Pública (Contabilidad Pública)

CP con TRF (Contabilidad Pública con transferencias)

AAPP (Administraciones Públicas)

IVIE (Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas)

**Cuadro A.4. Resultados de la Estimación de Funciones de Producción con Datos Desagregados de las Regiones Españolas.**

Autor	Periodo	Especificación y Estimación	Elasticidad capital público		Datos	Observaciones
			Total	Transporte		
Mas, Maudos, Pérez y Uriel (1993b)	<b>INDUSTRIA</b> 1980-1989	Cobb-Douglas E. Aleatorios (MCG)	0.22 (Kg total) 0.21 (Kg productivo)		CRE (INE): VAB y empleo Calabuig et al (Kp) IVIE(1993): Kg	
García-Fontes y Serra (1994)	1980-1988	Cobb-Douglas Niveles Dtemporales EFijos(Dgrupos) Diferencias Dtemporales EFijos(Dgrupos)	0.04 (1%) 0.06 0.02(no sig) 0.06 0.06 0.08 0.27(1%) 0.18(1%) 0.38(1%) 0.34(1%) 0.25(1%) 0.24(1%)	-0.04(1%)   -0.06  -0.04  0.16(1%)  0.07(no sig)  0.05(no sig)	CRE (INE): VAB y empleo IVIE (Kg productivo) Calabuig, et al. (1993): Kp	RCS

**Cuadro A.4. (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Producción con Datos Desagregados de las Regiones Españolas.**

Autor	Periodo	Especificación y Estimación	Elasticidad capital público		Datos	Observaciones
			Total	Transporte		
De la Fuente (1994)	1980;1985 y 1990	Cobb-Douglas Niveles Kg por ocupada Kg por suèrficie	0.159 0.070		CRE y EPA (VAB y Pob.ocupada) IVIE (KG)	F. de producción en dos niveles, no dispone de Kp. V dependiente la productividad media. DTemporales y VFicticia regional (proximidad a Europa)
Mas, Maudos, Pérez y Uriel (1994)	1980-1989	Cobb-Douglas Niveles E.Fijos Colindantes	Productivo 0.18 0.23 0.19 0.24 0.21 0.30	Social: 0.026(no sign) 0.056(no sign)	CRE (VAB y empleo) IVIE (Kg productivo) Calabuig et al (1993): Kp	RCS RCS (factores privados) RCS RCS (factores privados) RCS RCS (factores privados)

**Cuadro A.4. (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Producción con Datos Desagregados de las Regiones Españolas.**

Autor	Periodo	Especificación y Estimación	Elasticidad capital público		Datos	Observaciones
			Total	Transporte		
Moreno y Artís (1996)	1964-1991	Cobb-Douglas Efectos Aleatorios (T.Hausman)	Kg normaliz. 0.044 Kg no normaliz 0.045		FBBV (VABcf y empleo) FBBV (Kg y Kp) Kg productivo, el social no es significativo	Normalizac= superf y pob. RCS Rdtos = 0.878
Mas, Maudos, Pérez y Uriel (1996)	1964-1991	Cobb-Douglas EFijos	Kg Total 0.071 0.065 Kgproductiv 0.083 0.086 Kg+colindan 0.141	Social: -0.021(no significativo)	FBBV (VAB y empleo) FBBV (IVIE): Kp y Kg	RCS RCS factores privados Rdtos todos inputs 1.073 RCS factores privados Rdtos 1.10
Dabán y Murgui (1997)	1980-1991	Cobb-Douglas Niveles (MCO) E.Aleatorios (MCG)	Kg productivo 0.29 0.11		BD.MORES (Kp, Kg, empleo, VABcf) Fundac Bancaja (Khumano)	Khumano; UCP, Superficie y tendencia

**Cuadro A.4. (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Producción con Datos Desagregados de las Regiones Españolas.**

Autor	Periodo	Especificación y Estimación	Elasticidad capital público		Datos	Observaciones
			Total	Transporte		
Sanaú (1995)	<b>INDUSTRIA</b> 1980-1990	Cobb.Douglas E.Fijos		Transporte y redes telecom. 0.28 Tranporte terrest: 0.375 Marítimo y aéreo: 0.111 Total transporte: 0.493	CRE (INE): VAB y empleo Calabuig et al (Kp) Kg: elaboración propia de 8 categorías	RCS inputs privados 15 regiones peninsulares
Dabán y Lamo (1999)	1980-1993	Cobb-Douglas MGM(VI;L <sub>-1</sub> ;Kp <sub>-1</sub> ; Kg colindantes)	Kg productivo 0.099 a 0.13		BD.MORES (Kp, Kg, empleo, VABcf) Fundación Bancaja (Khumano)	K Humano; UCP; tasa desempleo; Superficie; diferencia poblacional; altitud.

**Cuadro A.4. (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Producción con Datos Desagregados de las Regiones Españolas.**

Autor	Periodo	Especificación y Estimación	Elasticidad capital público		Datos	Observaciones
			Total	Transporte		
Gorostiaga (1999)	1969-1991	Ecuación de convergencia ala Mankiw, Romer y Weil	0.01 (Inversión pública productiva)		FBBVA-IVIE	No significativamente diferente de 0.
Delgado y Álvarez (2000)	1980-1995	OLS, Ef fijos niveles OLS, diferencias IV, niveles ef. Fijos IV, diferencias Función Cobb-Douglas	0.20 0.10 0.25 0.25		Indicador sintético de una medida física de las infraestructuras a través de componentes Principales. Elaboración propia y diferente a las mediciones monetarias	Utilizan información de km de carreteras, autopistas y ferrocarriles, capacidad de puertos y aeropuertos, telecomunicaciones, kilómetros de líneas de gas, red eléctrica. Dividen km área de la región por población.
Goerlich y Mas (2001)	1965-1996 Provincias		0.02		FBBVA-IVIE	

**Cuadro A.4. (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Producción con Datos Desagregados de las Regiones Españolas.**

Autor	Periodo	Especificación y Estimación	Elasticidad capital público		Datos	Observaciones
			Total	Transporte		
Bajo, Díaz y Montávez (2002)	1965-1995	Cobb-Douglas GMM	0.04		FBBVA-IVIE	
Freire y Alonso (2002)	1964-1993	Cobb-Douglas MCO con dummies para algunas regiones	0.12 (Capital Público) 0.17 (Capital Humano)			
Alvarez et al (2003)	1980-1995	CRTS CRTS No CRTS No CRTS	0.11 0.21 0.22 0.20	FBBVA Indicador D-A FBBVA Indicador D-A		
Pereira y Roca (2003)	1979-1995	VAR	0.02		FBBVA-IVIE	Capital productivo
Lanzas y Martínez (2003)	1980-95 manufacturas regiones	Cobb-Douglas, panel	Desde 0,28 a 0,08 si con tendencia		BD.MORES	Efectos desbordamiento

**Cuadro A.4. (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Producción con Datos Desagregados de las Regiones Españolas.**

Autor	Periodo	Especificación y Estimación	Elasticidad capital público		Datos	Observaciones
			Total	Transporte		
Cantos, Gumbau-Albert y Maudós (2005)	1965-1995	Cobb-Douglas IV con Ef. Fijos	0.04			
De la Fuente y Doménech (2006)	1965-1995	Función Cobb- Douglas en diferencias.  Efectos periodo y regional	0.0567		FBBVA-IVIE	Gap tecnológico
Rodríguez- Vélez (2006)	1980-98, regiones	Cobb-Douglas máxima entropía	Entre 0,210 y 0,233 según regiones		FBBVA	
Escribá y Murgui (2007)	1980-2000	Función Cobb- douglas ampliada  Ef. Fijos	0.10 o 0.08 (si efecto difusión)		BD MORES	Se incluye cap. humano y tecnológico en la función de producción

**Cuadro A.5. Resultados de la Estimación de Funciones de Coste y/o Beneficio para distintos Países.**

Autor	Ámbito	Especificación y estimación	Tipo de infraestructuras	Elasticidad capital público		Observaciones
				coste	output	
Deno (1988)	Manufacturas americanas 36 áreas metropolitanas 1970-1978	F. Bfo. Translog	Carreteras, autopistas y puentes Alcantarillado y trat de aguas residuales Abastecimiento de agua Agregados los tres tipos		0.313  0.300  0.075 0.688	Kp, L y tres tipos de infraestructuras son complementarios.
Deno (1991)	Manufacturas 36 áreas metropolitanas USA 1970-1978	Intensidad capital trabajo	3 tipos de capital HWY, SEW y WAT			SEW y HWY afectan positivamente a K/L y WAT negativamente
Lynde y Richmond (1992)	USA sector no financiero 1958-1989	Función de costes Translog	Capital público local y federal  Capital público Total no militar	Kg reduce costes		Kg y Kp complementarios. Kg y L sustitutivos.

HWY (Highways = carreteras, autopistas y puentes); SEW (Sewers = alcantarillado y tratamiento de aguas residuales); WAT (Water = abastecimiento de agua)

**Cuadro A.5. (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Coste y/o Beneficio para distintos Países.**

Autor	Ámbito	Especificación y estimación	Tipo de infraestructuras	Elasticidad capital público		Observaciones
				coste	output	
Berndt y Hansson (1992)	Suecia 1960-1988	F. Costes variable Corto plazo	Core			Kg y L complement. Exceso de infraestructuras públicas desde 1968.
Lynde (1992)	USA sector productivo 1958-1988	Tasa de beneficio	Capital público Federal y local	1.2		Menor impacto sobre la tasa de beneficio privada del capital federal que del local. El Kg contribuye positivamente a la tasa de beneficio y al incremento del output.

**Cuadro A.5. (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Coste y/o Beneficio para distintos Países.**

Autor	Ámbito	Especificación y estimación	Tipo de infraestructuras	Elasticidad capital público		Observaciones
				coste	output	
Shah (1992)	26 Industrias Mejicanas 1970-1987	F. costes Translog A corto y a largo plazo	Capital público en electricidad, comunicaciones y transporte	-0.915 (corto) -0.866 (largo)	0.046 (valor de la producción)	Kg sustit de CI Kg compl. de L a corto y substitut. a largo Kg complem con Kp a largo Escasez de infraestructuras
Lynde y Richmond (1993)	UK sector manufacturero 1966-1990	Función de costes Translog	Capital público total menos el residencial			Capital público reduce costes privados y aumenta la productividad del trabajo
Lynde y Richmond (1993)	USA business Sector financiero no 1958-1989	F. Bfo. Translog	Capital público no militar			El 40% de la caída en la productividad es debido a la caída del capital público.

**Cuadro A.5. (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Coste y/o Beneficio para distintos Países.**

Autor	Ámbito	Especificación y estimación	Tipo de infraestructuras	Elasticidad capital público		Observaciones
				coste	output	
Nadiri y Mamuneas (1994)	Manufacturas 12 ramas USA 1953-86	F.costes y participaciones de empleo y Kp	Infraestructura no militar y no residencial I+D	Inferiores a las de la literatura -0.11 a -0.21 -0.009 a -0.056		Kg sust de L y Kp Kg complem de CI I+D sust de Kp y CI y complemen de L
Conrad y Seitz (1994)	Manufacturas (M), Construcción (C) Comercio y transporte (C y T) Alemania Fed 1961-1988	F. Coste Translog largo plazo	Core	Precios sombra Muy reducidos y decrecientes desde 1980 0.056 (M) 0.031 (C) 0.055 (C y T)		Kp y Kg complem L y Kg substitut. Contribuyen a la PTF
Seitz (1994)	Manufactura Panel de 31 industrias Alemania Fed 1970-1989	F. Costes Generalizada de Leontief. Largo plazo	Capital público total y Core			Kp y Kg complement. L y Kg substitutivos

**Cuadro A.5. (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Coste y/o Beneficio para distintos Países.**

Autor	Ámbito	Especificación y estimación	Tipo de infraestructuras	Elasticidad capital público		Observaciones
				coste	output	
Seitz y Licht (1995)	Manufacturas 11 regiones Alemania Fed 1970-88	F.costes  Translogarítmica	Core	-0.216		0.219 elast demanda maquinaria  -0.317 elast demanda de L
Morrison y Schwartz (1996)	Manufacturas Regiones Este (E), Norte (N), Sur (S) y Oeste (W) agrupac de 48 estados USA 1970-1987	F. Costes Generalizada de Leontief con inputs fijos		Precios sombra: E de 0.10 a 0.21 N de 0.08 a 0.21 S de 0.08 a 0.35 W de 0.06 a 0.23		El impacto sobre la reducción de costes se va reduciendo en ese periodo y su rendimiento neto llega a anularse prácticamente
Morrison y Siegel (1997)	Manufacturas USA 1959-1989	F. de Costes Generalizada de Leontief a corto y a largo	I+D Human Capital Hightech Capital			Los tres tipos aumentan el crecimiento de la productividad
Vijverberg et al (1997)	1958-1959 USA	Translog para costes y beneficios	Equipamiento no militar en manos del Gobierno			Tanto la función de costes como de beneficios sufren de multicolinealidad.

**Cuadro A.5. (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Coste y/o Beneficio para distintos Países.**

Autor	Ámbito	Especificación y estimación	Tipo de infraestructuras	Elasticidad capital público		Observaciones
				coste	output	
Mamatzakís (1999b)	1959-1990 20 Industrias Grecia	Translog	Transporte y comunicaciones	Desde 0.02 (industria de alimentos) hasta 0.78 (madera y corcho)		
Bonaglia, Ferrara y Marcellino (2000)	1970-1994 Regiones Italia	Cobb-Douglas y Generalizada de Leontief	Stock de capital público	Positivos cuando se considera el coste de uso.		Los resultados sugieren sobre-inversión en capital público. Reducidos precios sombra del capital público.
Demetriades y Mamuneas (2000)	12 países OCDE Total Manufacturas 1972-1991 (Aust, Bel, Nor; Sue; Fin, USA, Can, Jap, Ale, Fra, Ita, UK)	Función de costes y Función de Beneficios intertemporal. Corto plazo ( $\bar{K}_p$ ) Intermedio (ajuste parcial del $K_p$ ) Largo plazo ( $K_p$ óptimo)	Capital público no militar		Oscila entre 0.35 de UK hasta 2.06 de Noruega	$K_g$ complement de $K_p$ y L Exceso de $K_g$ en el corto plazo y escasez en el largo plazo. Importancia políticas que consideren no solo el horizonte corto.

**Cuadro A.5. (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Coste y/o Beneficio para distintos Países.**

Autor	Ámbito	Especificación y estimación	Tipo de infraestructuras	Elasticidad capital público		Observaciones
				coste	output	
Rovolis y Spence (2001)	1976-1992 Manufacturas Grecia Prefectures	Función de costes Translog (solo interactiva)		Reduce los costes privados		Kp y Kg complemetn. L y Kg sustitutivos CI y Kg sustitutivos
Paul (2003)	Australia (nacional) 1968-1996	Función de costes Translog (índice de uso del capital $= \frac{GDP_{sector}}{GDP_{Total Nacional}}$ )	Todos sectores privados Agricultura Manufacturas Construcción Comercio Transp. y Comunicac. Otros servicios		1.1868 0.9395 0.6784 0.8236 1.1511 1.2310 0.9943	
Cohen y Morrison (2004)	1982-1996 USA (estados)	Generalizada de Leontief	Stock de autopistas públicas	-0,15 Y con efectos spillovers -0,023		La inversión en infraestructuras reduce el coste del propio estado y aumenta la reducción del coste en los estados adyacentes.

**Cuadro A.5. (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Coste y/o Beneficio para distintos Países.**

Autor	Ámbito	Especificación y estimación	Tipo de infraestructuras	Elasticidad capital público		Observaciones
				coste	output	
Paul et al (2004)	1961-1995 Canadá (manufacturas)	Dual y primal translog	Únicamente el capital de las AA.PP	Entre -0.10 y -0.40		Importante papel de las infraestructuras en la industria manufacturera.
Brox y Fader (2005)	1961-1997 Canadá, industria manufacturera	Función de costes CES-translog FIML(full information Maximum Likelihood)	Infraestructuras en general	-0.476		Sustitutos del capital privado
Vijverberg y Vijverberg (2007)	1959-2000 USA manufacturas y servicios	Función de costes FIML	Infraestructuras no militares agregadas y desagregadas  Gs: estatal Gf: federal	Gs = -0.280 Gf = 0.195		

**Cuadro A.5. (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Coste y/o Beneficio para distintos Países.**

Autor	Ámbito	Especificación y estimación	Tipo de infraestructuras	Elasticidad capital público		Observaciones
				coste	output	
Mamatrakis (2007a)	Ramas manufacturas Grecia	Función de costes translog	Infraestructuras productivas	Insuficiente dotación de infraestructura sobre todo del transporte.		En general sustitutivo del trabajo y complementario del capital privado.
Mamatrakis (2007b)	Ramas manufacturas Grecia	Función de beneficios translog	Stock de electricidad, transporte y comunicaciones	-0.02 entre 1991-95 -0.31 en los 80 -0.4 en los 70		Su escasa dotación responsable del slowdown en productividad
Brox (2008)	Canadá. Regiones atlánticas y sectores manufactureros	Función de costes CES-translog	Infraestructuras en general	De -0.115 a -0.481		Sustitutivo del capital privado

**Cuadro A.6. Resultados de la Estimación de Funciones de Coste para España.**

Autor	Ámbito	Especificación y estimación	Tipo de infraestructuras	Elasticidad capital público		Observaciones
				coste	output	
Gil, Pascual y Rapún (1997) o Ezcurra et al. (2005)	Regiones Españolas 1964-1991 3 grandes Sectores: agricultura(A) industria(I) servicios(S)	F. Costes Translogarítmica Estiman por MV el sistema: Ecuación Costes y participación del trabajo, con dummies regionales  -También considera la existencia de Spillovers	-Capital público	-0.144 (A)	0.165	Kg y L sustitutivos Kg y Kp complementar No incluyen inputs intermedios.
				-0.154(I)	0.173	
				-0.145(S)	0.156	
			-Infraestructuras de transporte (carreteras, puertos y aeropuertos)		-0.058(A) 0.028(I) 0.012(S)  VAB	

**Cuadro A.6. (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Coste para España.**

Autor	Ámbito	Especificación y estimación	Tipo de infraestructuras	Elasticidad capital público		Observaciones
				coste	output	
Boscá, Dabán y Escribá (1999)	Regiones Españolas 1980-1993 Sector industrial (excluido energía)	F costes Generalizada de Leontief a Corto Estiman SURE el sistema: ec. Costes, demandas de factores (variables: L y CI) y $P=CMg$ .	Capital público productivo (Kg total menos educación, sanidad, servicios generales de las admones públicas)	-0.012 -0.04 (pond) $Z_{kg}=0,067$	Valor de la producción: 0.01 0.04 (pond) Valor Añadido: 0.05 y 0.08	Kg sustitutivo L Kg complementario CI Pero heterogeneidad regional -Parte del crecimiento de la PTF debería atribuirse al capital público.
Avilés, Gómez y Sánchez (2001)	14 ramas industriales de la Economía Española (incluyen construcción) 1980-1991	F Costes Translogarítmica Factores variables: L y CI Factores fijos: $K_p$ y $K_g$ Estiman MV	Infraestructuras públicas (streets, roads, highways, sewers and water systems, airports, railroads and electric facilities)		Valor de la producción: 0.24 (media) Importantes diferencias entre ramas.	Kg y L sustitutivos Kg y CI sustitutivos

**Cuadro A.6. (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Coste para España.**

Autor	Ámbito	Especificación y estimación	Tipo de infraestructuras	Elasticidad capital público		Observaciones
				coste	output	
Moreno, López-Bazo y Artís (2002)	12 ramas industriales en las 15 regiones peninsulares españolas 1980-1991	F costes Translogarítmica Estiman SURE el sistema: ec. Costes y demandas de factores (variables:L y CI)	Core infraestructuras (todas menos las sociales)	C/P (Kp fijo) -0.02 Zkg=0.0087  L/P (Kp opt) -0.0185 Zkg=0.002		Kg y L complement Kg y CI sustitutivos Elast Kp-Kg -0.24 (sustitutivos) Kg y L complement Kg y CI sustitutivos
Boscá, Escribá y Murgui (2002)	Sector privado productivo Regiones Españolas 1980-1993	F costes generalizada de Leontief Estiman SURE el sistema: ec. Costes, demandas de factores (variables:L y CI) y P=CMg.	Capital público productivo (Kg total menos educación, sanidad, servicios generales de las admones públicas)	C/P (Kp fijo) -0.043 (med) -0.028 (pond)  L/P (Kp opt) -0.035 -0.037	C/P (Kp fijo) 0.042(media) 0.026(Esp) (0.09 VAB) L/P (Kp opt) 0.033(media) 0.035(Esp) (0.12 VAB)	Kg y L sustitutivos Kg y CI sustitutivos Elast Kp-Kg 0.8 (com) Kg y L sustitutivos (excepto 4 regiones) Kg y CI comp y sust según regiones El precio sombra cae.

**Cuadro A.6. (Cont.) Resultados de la Estimación de Funciones de Coste para España.**

Autor	Ámbito	Especificación y estimación	Tipo de infraestructuras	Elasticidad capital público		Observaciones
				coste	Output	
Boscá, Escribá y Murgui (2004)	Sector privado productivo Regiones españolas 1980-1993	F costes generalizada de Leontief  (A partir de Boscá et al (2002))	Capital público productivo (Kg total menos educación, sanidad, servicios generales de las admones públicas)			Al capital público cabe atribuirle el (10-15%) del crecimiento de la PTF.
Escribá y Murgui (2010)	Sector privado productivo. Regiones españolas 1980-2003	F. costes generalizada de Leontief. Largo plazo	Infraestructuras productivas y sanitarias, educativas y sociales	-0.023 España Regiones desde: -0.031 (Andalucía) hasta -0.013 (Navarra)	0.021 España Regiones desde: 0.12 Navarra hasta 0.28 (Andalucía).	