

INFRAESTRUCTURAS PÚBLICAS Y DESARROLLO ECONÓMICO REGIONAL.

Manuel Jaén García

Laura Piedra Muñoz

Universidad de Almería

Resumen

En este trabajo se estudia la relación entre crecimiento económico y capital público en la economía española. El objetivo principal es analizar si las dotaciones de capital público en España favorecen el crecimiento de la productividad del sector privado en el territorio nacional y de qué forma es importante la composición del capital público de la región y la de las regiones adyacentes. Para ello se consideran de forma alternativa un modelo Cobb-Douglas con rendimientos constantes a escala y una función de producción translog concluyendo que tanto el capital público productivo como el capital humano tienen una fuerte influencia en el crecimiento de la economía española tanto si considera la escala regional como la nacional.

Palabras clave: *infraestructuras públicas; crecimiento económico; política regional.*

Clasificación JEL: *H54; O47.*

Abstract

In this paper we study the relationship between economic growth and public capital in the Spanish economy. The main aim is to analyse if the provision of public capital in Spain favours the growth of private sector's productivity and how the public capital's composition of the region and the adjacent regions is important. For this purpose, we consider a Cobb-Douglas model with constant returns and a translog production function concluding that both productive public capital and human capital have a strong influence in the growth of the Spanish economy, considering it on both a regional and a national scale.

Keywords: *public infrastructures; economic growth; regional policy.*

JEL Classification: *H54; O47.*

1. Introducción.

La influencia de la dotación de infraestructuras sobre el crecimiento de un país o región parece fuera de toda duda después de diversos trabajos realizados tanto para otros países como para España. Está en discusión, sin embargo, la magnitud de esa influencia y su persistencia en el tiempo.

El trabajo pionero de Aschauer (1989) para un conjunto de cuarenta y ocho estados en USA ponía de manifiesto que: 1º) El capital público ejercía un efecto positivo y significativo sobre la producción privada y la productividad de los factores, siendo la elasticidad estimada de 0,39; y 2º) la composición de dicho capital era relevante al ser las denominadas infraestructuras productivas las que mostraban una relación más estrecha con la productividad, siendo menos relevante el capital público dedicado a sanidad, educación o a los servicios de carácter general.

Estos resultados fueron cuestionados por ser inusualmente elevados y derivarse de ecuaciones con dificultades metodológicas y econométricas (para una discusión véase Romp y Haahn, 2005 y Díaz y Martínez, 2006).

En cuanto a la economía española, la evidencia muestra que el stock de infraestructuras públicas ha contribuido significativamente al crecimiento de la productividad. Los resultados de Mas y otros (1994), con datos de panel para las 17 comunidades autónomas, dan valores para la elasticidad output del capital público productivo que oscilan entre 0,182 y 0,315, mientras Argimón y otros (1994), considerando el capital público de forma agregada para España, obtienen valores entre 0,11 (para el total de las administraciones públicas) y 0,71 (para el Estado).

En este trabajo se analiza la relación entre crecimiento económico y capital público utilizando las formas funcionales desarrolladas por Aschauer (1989) y, de forma alternativa, una función translog que permite una mayor flexibilidad en el análisis.

En el segundo apartado se analiza el concepto de infraestructura y su relación con el crecimiento económico. En el tercero se describe el stock de capital público en España y su evolución, utilizando distintos indicadores que permiten realizar comparaciones interregionales a lo largo del tiempo. En el apartado cuarto se formula el primer modelo y se realiza su contrastación empírica. En el quinto se formula el segundo modelo y se comparan los resultados obtenidos con los derivados de la función Cobb-Douglas. En el sexto se resume el trabajo, se esbozan algunas conclusiones y se delinean las posibles líneas alternativas o de continuidad en la investigación.

2. Infraestructuras y crecimiento económico.

Las infraestructuras son todos aquellos bienes de capital que constituyen la base de la actividad socioeconómica, en la medida en que determinan o condicionan la potencialidad productiva de las distintas partes del territorio y la localización geográfica de los factores de producción móviles.

De esta definición se sigue que el desarrollo de una región y la desigualdad interregional de rentas se relacionan estrechamente con la dotación de infraestructuras (Argimón y González-Páramo, 1997).

Los bienes de capital que constituyen las infraestructuras suelen ser de naturaleza pública, de muy difícil sustitución y sus efectos externos poseen una acusada dimensión espacial. La dotación de infraestructuras ejerce una influencia directa sobre las

posibilidades de crecimiento a medio y largo plazo de una economía por lo que su déficit puede convertirse en un factor de estrangulamiento.

La inversión en infraestructuras se ha convertido, en los últimos decenios, en un aspecto fundamental de la política de gasto público. El crecimiento económico experimentado en España ha permitido financiar el esfuerzo inversor pero también ha puesto en evidencia la insuficiente cantidad y calidad de las infraestructuras y el desfase con los países de nuestro entorno.

Siguiendo a Hansen (1965) se suelen distinguir dos grandes categorías de infraestructuras: la económica que apoya directamente a las actividades productivas y la social vinculada directamente al bienestar del consumidor e indirectamente a las actividades productivas.

La primera está compuesta por un conjunto de equipamientos que se conocen en la literatura como infraestructura básica y que comprenden la infraestructura de transporte, telecomunicaciones, servicios públicos locales de abastecimiento de agua, gas y electricidad así como recogida de basuras y las infraestructuras hidráulicas.

En la infraestructura social se consideran esencialmente la infraestructura educativa y sanitaria, así como los centros asistenciales y culturales, la infraestructura de medio ambiente y una serie de instalaciones tales como comisarías de policía, estaciones de bomberos y ayuntamientos.

Desde el trabajo de Aschauer (1989), mencionado anteriormente, se han realizado, utilizando diferentes métodos econométricos, diversas contrastaciones empíricas en las que se analiza la relación entre el stock de infraestructuras y la productividad.

Como se ha puesto de manifiesto en el apartado anterior, en la economía española la evidencia muestra que el stock de infraestructuras públicas ha contribuido significativamente al crecimiento de la productividad. Este efecto positivo parece más

favorable en el caso español que en el estadounidense. La explicación que se le ha dado a este hecho es que el efecto de las infraestructuras públicas sobre la producción depende del nivel de desarrollo conseguido y, por tanto, del stock de infraestructuras públicas ya acumulado. Así, el efecto del establecimiento de un nivel mínimo de infraestructuras que garantice un nivel de actividad económica sostenido tiene un impacto muchísimo más grande sobre la productividad que mejoras o ampliaciones por encima de ese nivel. Del mismo modo, existe un grado de saturación por encima del cual incrementos en el stock de infraestructuras públicas apenas tienen efectos sobre la productividad. Se puede sostener que, de acuerdo con la ley de rendimientos decrecientes, “un incremento del stock de capital público producirá un efecto pequeño (grande) en el output si el stock de capital público en el período previo era grande (pequeño)”.

Según Cutanda y Paricio (1992) las vías fundamentales por las que las infraestructuras afectan a las actividades productivas y al bienestar en las distintas comunidades son básicamente tres. La primera es la de sus efectos en la producción y el empleo de una región que se derivan de su característica de bien público intermedio que interviene directamente en los procesos de producción. La segunda es consecuencia de los incentivos que afectan a los individuos y empresas cuando éstos consideran sus decisiones de localización en las distintas comunidades. Por último, ciertos servicios derivados del uso del capital público son utilizados directamente como bienes finales, mejorando el bienestar y la calidad de vida de aquellos que los consumen. Por tanto, tal como sugiere el sentido común y los resultados econométricos obtenidos, una política de inversión pública que incremente el stock de capital público a partir de la realización de los mejores proyectos de infraestructuras, además de no expulsar a la inversión

privada, puede tener efectos muy favorables sobre la renta y el bienestar a largo plazo (Argimón y González-Páramo, 1997).

3. La composición del stock de capital público en España. Una comparación regional.

Las infraestructuras son, a la vez, soporte y factor del desarrollo, ya que ordenan el espacio físico y permiten orientar e intensificar los flujos económicos. Por ello, favorecen la estructura productiva y contribuyen al crecimiento económico regional, beneficiando directamente al sector de la construcción.

La construcción de nuevas infraestructuras es un elemento motor de otras ramas de actividad que se benefician de la mejora de la accesibilidad resultante, como son, entre otras, el sector del transporte y las industrias vinculadas a la fabricación de componentes y material de transporte.

En este apartado analizamos y comparamos la evolución de los principales componentes del capital público nacional. En primer lugar, estudiamos la evolución general del capital público productivo. En segundo lugar, algunos ratios que relacionan el capital público productivo nacional con otras variables y, por último, pasamos a centrarnos, dada su importancia, en la red viaria y ferroviaria.

3.1. Evolución general del capital público productivo.

En el gráfico 1 y el cuadro 1 se reflejan las tasas de crecimiento (en %) del capital público productivo y del PIB (también en %).

(INSERTAR GRÁFICO 1)

Vemos cómo el crecimiento se ha producido de forma irregular obedeciendo a los períodos de crisis económicas los valores más pequeños y a períodos de auge los más elevados. Si nos limitamos al período entre 1980 y 2000, las tasas son similares en los primeros años pero hay un gran desfase entre 1987 y 1994. Mientras la tasa de crecimiento del capital productivo alcanza un máximo en 1990 y después vuelve a descender suavemente, el PIB desciende de forma brusca hasta alcanzar un mínimo en 1993 y asciende bruscamente en los períodos siguientes hasta igualarse en el crecimiento con el de las infraestructuras, de forma que, a partir de 1995, la evolución es análoga.

(INSERTAR CUADRO 1)

En el cuadro 1 se tienen las tasas de crecimiento promedio del PIB y el capital productivo español. Se observa que, en todo el período, el capital productivo nacional ha crecido por encima del PIB. Los períodos de bajo crecimiento del PIB van acompañados de períodos de bajo crecimiento del capital productivo e igual ocurre en los períodos de mayor crecimiento. Los mayores desfases se producen en los tres últimos promedios. Entre 1987 y 1991, el capital productivo aumenta un 1,5% más que el PIB mientras que en 1992-96 el crecimiento es de un 2,23% superior. Por el contrario, entre 1997 y 2000 es el PIB el que aumenta en mayor proporción, 0,9% que el capital productivo.

En el cuadro 2 se especifica la distribución porcentual a lo largo del tiempo de los componentes del capital público nacional para algunos años escogidos.

(INSERTAR CUADRO 2)

Se observa la cada vez mayor importancia del transporte por carretera pues el stock dedicado a ese rubro suma un porcentaje creciente que llega al 41,51% en 2000, en detrimento del ferrocarril que cada vez tiene menos importancia, bajando en 2000 hasta

el 13,81% a pesar de la construcción de ferrocarriles de alta velocidad desde Madrid a Sevilla y Lérida. El stock de capital correspondiente a aeropuertos experimenta un ligero repunte en 2000 pero no ocurre lo mismo con el correspondiente a puertos que ha disminuido. Las estructuras urbanas suponen un porcentaje cada vez mayor en correspondencia con el proceso de desagrarización y urbanización que se ha producido en España

3.2.Indicadores de capital público y situación regional.

Dada la ambigüedad de los ratios anteriores y para poder realizar una comparación de forma adecuada consideramos, en segundo lugar, los indicadores para el capital público con relación a la superficie y la población ocupada.

Considerando los años 1980, 1985, 1990, 1995 y 2000 tenemos los siguientes cuadros comparativos (cuadros 3 y 4):

(INSERTAR CUADRO 3)

La primera reflexión que sugiere el cuadro 3 es el fuerte crecimiento que se ha producido en el capital público, en términos relativos, durante el período considerado pues, mientras el número de ocupados ha crecido en un 129,2%, el capital público relativo lo ha hecho en un 191,24%. Este crecimiento, sin embargo, es bastante desigual de manera que la situación de las diferentes comunidades con respecto a la media y entre ellas varía a lo largo del tiempo. En 1980 estaban por debajo de la media Asturias, Baleares, Cantabria, Cataluña, Extremadura, Galicia, Madrid y la Rioja, situándose Andalucía muy cercana a ella. La región con mejor dotación, en términos relativos, era el País Vasco y la peor Extremadura. En 2000 están situadas por debajo de la media Baleares, Canarias, Cataluña, Galicia, Madrid y la Rioja, con Extremadura y Andalucía

en valores muy cercanos. La mejor dotación corresponde, ahora, a Asturias y la peor a Baleares. Llama poderosamente la atención la baja dotación relativa de las dos regiones más industrializadas del país cual son Madrid y Cataluña.

(INSERTAR CUADRO 4)

La situación es bastante distinta si consideramos la dotación de capital público por unidad de superficie. Al ser la superficie constante, el crecimiento a lo largo del tiempo es muy superior al caso anterior y también es muy diferente la situación de las regiones en el ranking.

En 1980 están por debajo de la media Andalucía, Aragón, Castilla-León, Castilla-La Mancha, Valencia, Extremadura y Madrid. La región con mejor dotación relativa es Galicia y la peor dotada es la Comunidad Valenciana. Andalucía se sitúa en duodécimo lugar en el ranking de mejor dotadas. En 2000 están por debajo de la media Aragón, Castilla-León, Castilla-La Mancha, Valencia, Murcia y País Vasco. La región con mejor dotación relativa sigue siendo Galicia y la peor dotada es Castilla-La Mancha. Andalucía se sitúa en noveno lugar en el ranking de las mejor dotadas.

Dada la disparidad de resultados y la consiguiente ambigüedad a la hora de decidir qué regiones están mejor dotadas que otras, hemos optado por elaborar una medida comprensiva de las dos anteriores que exponemos en el apartado cuarto de este trabajo.

3.3. Infraestructuras de transporte y comunicaciones.

La evidencia empírica muestra que del conjunto total de infraestructuras, las de transporte y comunicaciones son las que mayor impacto tienen en el potencial de desarrollo de un espacio determinado. No debe olvidarse que las redes de transporte

desempeñan un papel esencial para el intercambio comercial, actividad sin la cual no es concebible una economía moderna.

En los países y regiones más desarrollados, el sistema regional de transportes se caracteriza por la intermodalidad, de manera que se aprovechan al máximo las ventajas y oportunidades de cada modo de transporte.

Dicho sistema persigue la integración de las funciones específicas de cada modo de transporte y de las funciones complementarias que cada uno de éstos aporta al resto, dependiendo su capacidad de la eficiencia de las conexiones entre los distintos modos de transporte y comunicaciones para el tráfico de viajeros y mercancías.

En este sentido, las áreas metropolitanas, aglomeraciones urbanas, puertos y otros puntos importantes de encrucijada de los principales tráficos de pasajeros y mercancías carecen todavía de suficientes centros de intercambio modal que respondan a la lógica global del sistema de transporte. Ello es especialmente importante para los intercambios de mercancías transportadas por ferrocarril y carretera; y también entre los principales puertos y el resto de modos de transporte, así como para la continuidad de los itinerarios entre el transporte aéreo y otras modalidades de transporte.

Para poder realizar comparaciones en cuanto a la infraestructura de carreteras se utilizan dos indicadores de densidad: longitud/superficie y longitud/población. En los cuadros 5 y 6 observamos los valores de estos indicadores para los años 1986, 1996 y 2004 a efectos de proporcionar una visión dinámica.

(INSERTAR CUADRO 5)

La media nacional se mantiene casi constante desde 1986 y se observan sólo ligeros ascensos en las CC.AA. A destacar la dotación, muy por encima de la media, de País Vasco, Canarias y Galicia mientras que la dotación para Andalucía, las dos Castillas, Aragón y Extremadura está muy por debajo de la media. Asimismo, resulta llamativa la

situación de las dos CC.AA más industrializadas, Madrid y Cataluña, muy por debajo de otras zonas con menor potencial económico.

(INSERTAR CUADRO 6)

La situación cambia mucho cuando se consideran los indicadores por población. En este caso, ambas Castillas, Aragón, Extremadura, Navarra y Galicia se sitúan muy por encima de la media nacional mientras Madrid, Cataluña, y Valencia tienen unos valores muy bajos.

Los indicadores de densidad a escala nacional nos indican un estancamiento de la red ferroviaria española, con un ligero aumento en el caso del indicador de superficie en algunas comunidades, que se refleja en el indicador nacional, mientras el indicador por población nos señala una fuerte disminución excepto en la comunidad aragonesa. La conclusión es que la dotación ferroviaria española está disminuyendo en los últimos años a favor de la red viaria.

(INSERTAR CUADROS 7 Y 8)

Esta situación, que se repite en menor medida en toda Europa, contrasta con la apuesta que han realizado por el ferrocarril todos los estamentos sociales de la Unión Europea tanto en el sector de mercancías como en el del transporte de viajeros y de forma especial en las cercanías de las grandes ciudades y en el largo recorrido. Es necesario hacer del ferrocarril un medio de transporte competitivo con la carretera en las distancias cortas y con el avión en las distancias largas. Para ello es necesaria una apuesta clara por la modernización, la puesta en marcha de trazados alternativos a los actuales y, por supuesto, la de recorridos de altas prestaciones, fundamentalmente de alta velocidad, en los recorridos medios y largos.

4. El modelo teórico-empírico.

4.1. Estimación de un modelo Cobb-Douglas.

El punto central en este trabajo es analizar si las dotaciones de capital público en España favorecen el crecimiento de la productividad del sector privado en el territorio nacional y de qué forma es importante la composición del capital público de la región y la de las regiones adyacentes.

Para realizar dicho análisis se ha considerado el modelo teórico desarrollado por Aschauer (1989) y utilizado profusamente en la literatura empírica y, de forma alternativa, una función de producción translog más flexible que la Cobb-Douglas y que permite la consideración de diversas alternativas.

El primer modelo tiene como punto de partida una función de producción del tipo Cobb-Douglas

$$Y = A \cdot L^\alpha \cdot K^\beta \quad (1)$$

a la que Aschauer (1989) añadió, como factor de producción, el capital público, de forma que tenemos

$$Y_t = A_t \cdot L_t^\alpha \cdot KPRIV_t^\beta \cdot KPUBPROD_t^\mu \cdot KPUBNPROD_t^\gamma \quad (2)$$

donde $A = A_0 \cdot e^{gt}$, siendo Y la producción agregada (PIB a precios de mercado) a precios constantes, L el empleo agregado, $KPRIV$ el stock de capital productivo privado, $KPUBPROD$ el stock de capital público productivo, y $KPUBNPROD$ el stock de capital público no productivo, todos ellos considerados a precios constantes. Finalmente g es la tasa de crecimiento del progreso tecnológico exógeno. Esta función es nomotética y fuertemente separable.

Expresando (2) en términos logarítmicos y llamando $a = \ln A_0$, tenemos:

$$\ln Y_t = a + g_t + \alpha \cdot \ln L_t + \beta \cdot \ln KPRIV_t + \mu \cdot \ln KPUBPROD_t + \gamma \cdot \ln KPUBNPROD_t \quad (3)$$

A partir de la estimación de esta ecuación queremos conocer los efectos del capital público y privado sobre el crecimiento económico a escala regional, sin imponer restricciones sobre el tipo de rendimientos en la función de producción, analizar si la influencia del capital público en una región depende sólo de las infraestructuras instaladas en ella o también de las dotaciones de las regiones adyacentes (efecto desbordamiento) y analizar la importancia de la composición del capital social.

La contrastación empírica la realizamos de diferentes formas:

- a) Considerando las series temporales correspondientes a España como un todo y analizando el modelo empírico correspondiente.
- b) Considerando un panel de datos de las diecisiete comunidades autónomas para el período 1980-2002 y analizando los efectos fijos o aleatorios según corresponda¹.

En el caso b) se analizarán los efectos desbordamiento.

Existen diferentes formas de tener en cuenta el efecto desbordamiento para incluirlo en la ecuación a contrastar. Mas y otros (1994) consideran como stock de capital regional la suma del capital físico localizado en la región más el ubicado en las regiones vecinas o adyacentes. Gil, Pascual y Repún (1997, 2002) así como Álvarez y otros (2003) consideran una combinación ponderada del capital localizado en todas las regiones, estando las ponderaciones determinadas por el flujo comercial entre ellas. Asimismo se puede considerar una ponderación por la distancia entre las regiones.

El primer índice se puede definir en la siguiente manera²:

$$GT_i = G_i + \sum \left(\frac{TMC_{ir}}{TMC_i} \right) \cdot G_r \quad (4)$$

¹ Las series de capital proceden de la publicación de la Fundación BBVA y el IVIE: “El stock de capital en España y su distribución territorial”. Las series de empleo proceden de la publicación de la Fundación Bancaja y el IVIE: “Capital humano, series históricas 1964-2004”. El resto de los datos proceden de las bases del Instituto Nacional de Estadística (INE).

² Dada la insuficiencia de datos hemos optado por no utilizar este índice.

donde G_i es el capital público de la región considerada, G_r el capital público del resto de las regiones, GT_i el capital público con efecto desbordamiento, TMC_i es el tráfico de mercancías por carretera dentro de la región i , TMC_{ir} es el tráfico entre dicha región y la región r , y el sumatorio se extiende al resto de las regiones.

El segundo se define como:

$$GD_i = G_i + \sum (e^{-D_{ir}}) \cdot G_r \quad (5)$$

donde G_i es el capital público de la región considerada, G_r el capital público del resto de las regiones, GD_i el capital público con efecto desbordamiento, D_{ir} es la distancia entre la región r y la analizada i y el sumatorio se extiende a la totalidad de las restantes regiones.

En primer lugar se ha realizado la estimación utilizando datos agregados. Dada la existencia de raíces unitarias en las series, se ha considerado la posibilidad de realizar la estimación utilizando un Modelo de Corrección de Error o, alternativamente, Mínimos Cuadrados no Lineales (Procedimiento de Johansen). Previamente es necesario contrastar el orden de integración de las diversas series consideradas. En este contraste obtenemos los siguientes resultados:

(INSERTAR CUADRO 9)

Dado el diferente orden de integración de las series resulta imposible que estén cointegradas con lo que renunciamos a realizar un análisis agregado.

En la estimación utilizando datos de panel para las diecisiete comunidades autónomas hemos considerado inicialmente la posibilidad de que existan rendimientos constantes a escala en todos los factores de producción. Por ello hemos formulado la ecuación en la siguiente forma:

$$\ln \frac{PIB_t}{L_t} = a + g_t + \theta \cdot \ln L_t + \beta \cdot \ln \frac{KPRIV_t}{L_t} + \mu \cdot \ln \frac{KPUB_t}{L_t} \quad (6)$$

donde $\theta = \alpha + \beta + \mu - 1$ si se considera el capital público en su totalidad. Si consideramos capital público productivo y no productivo $\theta = \alpha + \beta + \mu + \gamma - 1$.

Si en (6) el coeficiente de LnL no es significativamente distinto de cero tendremos rendimientos constantes a escala en todos los factores de producción y realizamos nuevamente la estimación de la ecuación sin considerar esa variable. Los resultados obtenidos se tienen en el siguiente cuadro:

(INSERTAR CUADRO 10)

Estos resultados nos indican rendimientos constantes a escala, tanto en la ecuación que considera la totalidad del capital público (modelos 1 y 2) como en la que se consideran de forma diferenciada el capital público productivo y no productivo o social (modelos 3 y 4). Muestran una fuerte relación positiva entre el output por ocupado, el capital privado por ocupado y el capital público por ocupado. En concreto, una subida del 1% en el primer ratio provocaría una subida del 0,37% en el output por ocupado y, análogamente, una subida del 1% en el capital público por ocupado daría lugar a una subida del 0,26% en el PIB privado por ocupado. Si consideramos la división entre capital productivo y no productivo, una subida del 1% en el capital productivo induciría un aumento del 0,19% en el output por ocupado.

En la línea de Aschauer (1989) hemos introducido en el modelo el grado de utilización de la capacidad productiva (modelos 5 y 6) que nos permite controlar por la influencia del ciclo de negocios. Vemos que el coeficiente de la variable es positivo y significativo, lo que indica que la productividad del capital es altamente procíclica como era de esperar³.

³ El ajuste es mejor que en los casos anteriores pues además de lo señalado en el texto, la suma de los cuadrados de los residuos es más baja y los valores del logaritmo de la verosimilitud y de los criterios AIC y SIC son, respectivamente, mayor y menores.

Dichos resultados están en la línea, tanto en los signos como en la magnitud de los coeficientes para el capital público, de los obtenidos por otros autores. Debe destacarse la no significatividad del capital social en ninguna de las ecuaciones lo que nos indica la no detectable influencia de éste sobre el crecimiento económico.

La fuerte relación positiva entre capital público y crecimiento del output es también robusta a la elección del período muestral. La tabla siguiente nos indica que la reestimación de las ecuaciones de output por ocupado para los períodos 1980-90 1980-95 y el ya considerado 1980-2000 nos da respuestas del output por ocupado a movimientos en el capital público variando entre 0,44 y 0,24. Menor es la variación de la elasticidad del capital privado por ocupado que varía entre 0,4 y 0,41.

(INSERTAR CUADRO 11)

Por otra parte, si se considera el cuadro 11 se constata que, en términos medios, el stock de capital público por ocupado es superior en 1995 que en 2000, lo que nos lleva a considerar la hipótesis formulada en la sección dos, en el sentido de que “el efecto de las infraestructuras sobre la producción depende del nivel de desarrollo conseguido y, por tanto, del stock de infraestructuras públicas ya acumulado”.

Para analizar el efecto desbordamiento utilizamos, en primer lugar, la metodología sugerida por Mas y otros (1994), es decir, sumamos al capital físico ubicado en cada región el de las regiones vecinas o adyacentes.

Los resultados obtenidos se reflejan en la siguiente tabla:

(INSERTAR CUADRO 12)

Al considerar los efectos desbordamiento, la elasticidad output-capital privado aumenta, así como la elasticidad output-capital público, que tiene una magnitud mayor

que sin tener en cuenta dichos efectos, con lo confirmamos la existencia de efectos desbordamiento a escala nacional considerando los datos regionales⁴.

Para paliar los problemas del planteamiento anterior, hemos analizado el efecto desbordamiento utilizando el índice de la ecuación (5)⁵.

El resultado obtenido lo tenemos en el cuadro 13.

(INSERTAR CUADRO 13)

Los resultados son aún más considerables que en el caso anterior pues el coeficiente del capital público con efecto desbordamiento es superior al anterior e incluso al del capital privado.

4.2.Consideración de la superficie y el capital humano.

Siguiendo a De la Fuente (1994) y De la Fuente y Vives (1995), introducimos en el modelo la superficie mediante la consideración de un proceso de producción regional que se desarrolla en dos etapas. En una primera, las empresas producen bienes intermedios y, en la segunda, esos bienes son enviados a otras empresas que los utilizarán como bienes de consumo final. El supuesto crucial es que estos envíos están sujetos a costes de transporte que dependen negativamente del stock de infraestructuras públicas y positivamente de la extensión del territorio de la región.

Con ese planteamiento podemos suponer que la producción de bienes intermedios en la comunidad i , X_i , se realiza de tal manera que viene dada por la función de producción

$$X_i = B_i \cdot KPRIV_i^h \cdot L_i^{1-h} \cdot KPUBNPROD^b \quad (7)$$

⁴ Esta metodología impone que la productividad marginal de una unidad adicional de capital público en la región considerada es la misma que la de una unidad en las regiones adyacentes.

⁵ Se ha considerado la distancia entre regiones a partir de la distancia a Madrid de la capital de cada región. Se ha optado por denominar a GD con la misma nomenclatura anterior.

donde B es la productividad total de los factores y el resto de variables tiene los significados ya conocidos. El output final de la región Y_i es una función decreciente de los inputs intermedios que llegan a su destino, de manera que se introducen los costes de transporte a partir de que una fracción de los inputs intermedios se “desvanece” por el camino. Este coste de transporte depende negativamente del stock de infraestructuras, $KPUBPROD$, y positivamente de la superficie de la región, S . Suponiendo que la producción final presenta rendimientos constantes a escala tendremos:

$$Y_i = X_i^c \cdot KPUBPROD_i^\gamma \cdot S_i^{1-c-\gamma} \quad (8)$$

donde debe cumplirse la desigualdad $c < 1 < c + \gamma$ para que los costes de transporte sean, efectivamente, una fracción creciente de la superficie.

Sustituyendo X en la última ecuación obtenemos:

$$Y_i = A_i \cdot KPRIV_i^\alpha \cdot L_i^\beta \cdot KPUBNPROD_i^\lambda \cdot KPUBPROD_i^\gamma \cdot S_i^{1-\alpha-\beta-\gamma} \quad (9)$$

donde $\alpha = h \cdot c$; $\beta = (1-h) \cdot c$; $\lambda = b \cdot c$; y $A = B^c$. La ecuación a estimar será:

$$\begin{aligned} \ln Y_i - \ln L_i = & a + \alpha \cdot (\ln KPRIV_i - \ln L_i) + \lambda \cdot (\ln KPUBNPROD_i - \ln L_i) + \\ & \gamma \cdot (\ln KPUBPROD_i - \ln L_i) + \varphi \cdot (\ln S_i - \ln L_i) + \theta \cdot \ln L_i + \varepsilon_i \end{aligned} \quad (10)$$

donde $\theta = \alpha + \beta + \gamma + \lambda + \varphi$.

Los resultados obtenidos los tenemos en la siguiente tabla:

(INSERTAR CUADRO 14)

Estos resultados difieren muy ligeramente de los obtenidos anteriormente. En consonancia con lo esperado, el coeficiente de $\ln S$ es negativo pero muy pequeño y no significativo. Tanto en el modelo con el capital público agregado como en el que lo dividimos en capital productivo y no productivo, obtenemos rendimientos constantes a escala con lo que estamos interesados en los modelos numerados como 2 y 4.

Dado que la superficie es una constante a lo largo del tiempo y puede generar problemas de multicolinealidad, una alternativa es controlar el efecto de esta variable de

tamaño suponiendo que los costes de transporte aumentan con la población a cubrir. Esto evitaría los problemas de multicolinealidad mencionados anteriormente, pues la población varía con el tiempo aunque no en exceso (Argimón y González-Páramo, 1997). El resultado obtenido lo hemos reflejado como modelos 5 y 6, en los que vemos que el coeficiente de $LnPob$ no es significativo.

Si en la ecuación (7) consideramos el capital humano, con objeto de controlar por diferencias de capital humano entre regiones⁶, obtenemos:

$$X_i = B_i \cdot KPRIV_i^a \cdot L_i^{1-\alpha} \cdot H_i^b \quad (11)$$

donde las variables tienen el mismo significado que anteriormente y H_i es un indicador del capital humano⁷. En la ecuación equivalente a la (8):

$$Y_i = X_i^c \cdot KPUB_i^\gamma \cdot S_i^{1-c-\gamma} \quad (12)$$

sustituimos X_i y obtenemos

$$Y_i = A_i \cdot KPRIV_i^\alpha \cdot L_i^\beta \cdot H_i^\eta \cdot KPUB_i^\gamma \cdot S_i^{1-\alpha-\beta-\gamma} \quad (13)$$

Tomando logaritmos y considerando rendimientos constantes a escala, obtenemos la ecuación (14):

$$LnY_i - LnL_i = a + \alpha \cdot (LnKPRIV_i - LnL_i) + \gamma \cdot (LnKPUB_i - LnL_i) + \eta \cdot LnH_i + \varphi \cdot (LnS_i - LnL_i) + \theta \cdot LnL_i + \varepsilon_i \quad (14)$$

Estimamos esta ecuación considerando efectos temporales, con el siguiente resultado:

(INSERTAR CUADRO 15)

La introducción del capital humano en el modelo nos lleva a varias diferencias con el modelo anterior. La más significativa es que la superficie responde en la forma

⁶ En la línea de García-Milá y McGuire (1992), De la Fuente (1994) y De la Fuente y Vives (1995), Dabán y Murgui (1997), Gorostiaga (1999), Alvarez y otros (2003) y Freire y Alonso (2002).

⁷ Se ha considerado como índice el porcentaje de ocupados con estudios superiores o anteriores al superior. Los datos se han tomado de la base “Capital humano, series históricas 1964-2004” de la Fundación Bancaja-IVIE.

esperada. Es decir, su influencia es negativa pero el coeficiente es significativo. El coeficiente del capital público es sensiblemente menor que anteriormente y el del capital humano es elevado y significativo. Eso nos lleva a considerar que, probablemente, en las ecuaciones anteriores se haya sobreestimado dicho coeficiente y la influencia del capital público sea realmente menor que la obtenida anteriormente. Los resultados obtenidos están en línea con los trabajos anteriores citados en el sentido de la fuerte influencia de la formación y educación de los trabajadores en el crecimiento económico. Al dividir el capital público en sus dos componentes, los resultados no difieren de los anteriores en forma cualitativa aunque sí cuantitativa. Así, el coeficiente del capital productivo es ligeramente superior al del capital público mientras que el del no productivo es significativo y negativo, los coeficientes del capital humano son mayores que los del capital público productivo lo que nos indicaría la fuerte influencia de esta variable en el crecimiento económico, por encima del capital público aunque, probablemente condicionada a éste y al capital privado.

5. Una función de producción alternativa.

La elección de una función de producción Cobb-Douglas para analizar la influencia del capital público sobre el crecimiento de la economía viene determinada por sus buenas propiedades. Sin embargo, es posible trabajar con funciones con menores restricciones y un mejor ajuste a los datos.

En esta línea se ha analizado la posibilidad de utilizar una función translogarítmica (translog) que es más general que la Cobb-Douglas y contiene a ésta como caso particular. En su forma general, la función translog (Christensen, Jorgenson y Lau, 192, 1973) puede ser definida como

$$\ln y(t, x) = \beta_0 + \beta_1 t + \sum_{i=1}^n \beta_i \ln x_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln x_i \ln x_j \quad (15)$$

donde $x = (x_1, \dots, x_n)$ denota un vector de inputs. Esta función se puede interpretar como un aproximación numérica de segundo orden a una función arbitraria en la vecindad de $x_0 = (1, \dots, 1)$.

En el caso de tres inputs, la función translog⁸ es usualmente aproximada en términos de función logarítmica en la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \ln Y = & \alpha_0 + \beta_1 \ln K \text{ Pr } iv + \beta_2 \ln K \text{ Pub} + \beta_3 \ln L + \frac{1}{2} \lambda_{11} (\ln K \text{ Pr } iv)^2 + \frac{1}{2} \lambda_{22} (\ln K \text{ Pub})^2 \\ & + \frac{1}{2} \lambda_{33} (\ln L)^2 + \lambda_{12} \ln K \text{ Pr } iv \ln K \text{ Pub} + \lambda_{13} \ln K \text{ Pr } iv \ln L + \lambda_{23} \ln K \text{ Pub} \ln L \end{aligned} \quad (16)$$

La función se considera bien construida si el output aumenta de forma monótona con todos los inputs y si las isocuantas son convexas.

La monoticidad requiere que $\frac{\partial y}{\partial x_i} > 0$ o lo que es equivalente, puesto que y y x son

siempre positivas:

$$\frac{\partial \ln y}{\partial \ln x_i} = \frac{\partial y}{\partial x_i} \frac{x_i}{y} > 0 \text{ o bien } \beta_i + \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln x_j > 0 \quad (17)$$

La convexidad de las isocuantas es equivalente a la cuasiconcavidad estricta y requiere que la matriz hessiana orlada sea definida negativa. En el caso de tres inputs se requiere que los menores principales orlados sean positivo y negativo respectivamente. Ambas condiciones han de ser verificadas para cada punto.

La función translog no supone ningún tipo de separabilidad sino que ésta debe ser contrastada. Para ello, los parámetros de los términos cruzados deben ser iguales a cero, es decir, $\beta_{ij} = 0$ para $i \neq j$. La separabilidad débil de x_i y x_j de x_k implicaría $\beta_{ik} = 0$, $\beta_{jk} = 0$.

La elasticidad de Y con respecto a cada una de las variables viene dada por

⁸ Dado el elevado número de variables posibles, se ha optado por considerar en esta función las de la ecuación (6) con lo que las comparaciones las realizamos con los modelos 1 y 2 del cuadro 10.

$$\begin{aligned}
M_1 = \varphi_{K \text{ Priv}} &= \frac{\delta \text{Ln} Y}{\delta \text{Ln} K \text{ Priv}} = \beta_1 + \lambda_{11} \text{Ln} K \text{ Priv} + \lambda_{12} \text{Ln} K \text{ Pub} + \lambda_{13} \text{Ln} L \\
M_2 = \varphi_{K \text{ Pub}} &= \frac{\delta \text{Ln} Y}{\delta \text{Ln} K \text{ Pub}} = \beta_2 + \lambda_{22} \text{Ln} K \text{ Pub} + \lambda_{12} \text{Ln} K \text{ Priv} + \lambda_{23} \text{Ln} L \\
M_3 = \varphi_L &= \frac{\delta \text{Ln} Y}{\delta \text{Ln} L} = \beta_3 + \lambda_{33} \text{Ln} L + \lambda_{13} \text{Ln} K \text{ Priv} + \lambda_{23} \text{Ln} K \text{ Pub}
\end{aligned} \tag{18}$$

Las elasticidades varían en cada punto del espacio considerado, a diferencia de la función Cobb-Douglas en la que la elasticidad-input es constante. Para poder esbozar una comparación entre los resultados obtenidos en uno y otro modelo, podemos considerar los valores medios de cada una de ellas y la variación alrededor de dichos valores. Puesto que estamos analizando las diecisiete comunidades autónomas obtendremos una elasticidad media diferente para cada una de ellas.

En el caso de la función Cobb-Douglas, la elasticidad de sustitución entre dos factores productivos era igual a uno. En la translog podemos aplicar el concepto de Allen (1938). La elasticidad de sustitución parcial Allen, σ_{ij} , se define

$$\sigma_{ij} = \frac{\sum_{h=1}^n F_h x_h \overline{F_{ij}}}{x_i x_j \overline{F}} \quad \text{donde } \overline{F} \text{ es el determinante de la matriz hessiana orlada } \overline{F} \text{ y}$$

$\overline{F_{ij}}$ es el cofactor de F_{ij} en \overline{F} .

En el caso de la translog de tres factores se tiene

$$\sigma_{ij} = \frac{|G_{ij}|}{|G|} \quad \text{donde } |G| \text{ es el determinante de}$$

$$G = \begin{pmatrix} 0 & M_1 & M_2 & M_3 \\ M_1 & \lambda_{11} + M_1^2 - M_1 & \lambda_{12} + M_1 M_2 & \lambda_{13} + M_1 M_3 \\ M_2 & \lambda_{12} + M_1 M_2 & \lambda_{22} + M_2^2 - M_2 & \lambda_{23} + M_2 M_3 \\ M_3 & \lambda_{13} + M_1 M_3 & \lambda_{23} + M_2 M_3 & \lambda_{33} + M_3^2 - M_3 \end{pmatrix} \tag{19}$$

y G_{ij} es el cofactor correspondiente en G .

La elasticidad de sustitución parcial de Allen se refiere al grado de sustituibilidad entre pares de factores de producción. Mide la curvatura de una isocuanta de producción y, de ahí, mide la sustituibilidad de pares de factores cuando el producto permanece constante. Los factores son complementarios cuando la elasticidad de sustitución es negativa y sustitutivos cuando la elasticidad es positiva (Berndt y Christensen, 1973).

La función translog puede ser estimada bajo diferentes hipótesis anidadas. Para elegir entre los diferentes modelos utilizamos el logaritmo de la verosimilitud y los criterios de información AIC y SC. Podemos contrastar, además diversas hipótesis en el modelo:

1) Tecnología homogénea.

$$\sum_{i=1}^n \sum_j \lambda_{ij} = 0$$

2) Existencia de rendimientos constantes a escala.

$$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 1, \quad \sum_{l=1}^n \sum_j \lambda_{lj} = 0 \text{ con lo que la función será homogénea de grado uno.}$$

3) Reducción a una función Cobb-Douglas.

$$\lambda_{ij} = 0, \forall i, j$$

En la estimación del modelo de forma anidada obtenemos el siguiente resultado:

(INSERTAR CUADRO 16)

En el modelo 1 hemos contrastado las hipótesis nulas de que sean iguales a cero los nueve coeficientes, seis de ellos o tres. Las tres primeras son rechazadas tanto a nivel de significación de 0,05 como de 0,01 mientras que se acepta la hipótesis nula en el tercer caso. Por ella hemos analizado los modelos 2 y 3 en los cuales se han considerado iguales a cero los términos cruzados y los cuadráticos, respectivamente. Tanto en uno

como en el otro rechazamos la hipótesis nula de igualdad a cero de los coeficientes de forma conjunta. Dados los valores de los logaritmos de verosimilitud y de los criterios de información, el modelo que mejor se ajusta a los datos es el modelo 3. En dicho modelo no podemos rechazar la hipótesis nula de que el coeficiente del término $LnKPriv*LnL$ sea igual a cero con lo que consideramos que el modelo adecuado es el modelo 4. En este modelo, rechazamos la hipótesis nula de que los coeficientes de los términos cruzados sean iguales a cero y contrastamos las siguientes hipótesis:

1) Homogeneidad: para ello contrastamos

$$\lambda_{12} + \lambda_{23} = 0$$

Obtenemos un valor de chi-cuadrado de 2,403 con lo que aceptamos la hipótesis nula y la función será homogénea⁹.

2) Rendimientos constantes a escala: para ello contrastamos

$$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 1$$

$$\lambda_{12} + \lambda_{23} = 0$$

Obtenemos un valor de chi-cuadrado igual a 11,55 con lo que rechazamos la hipótesis nula a cualquier nivel de significación¹⁰.

3) Reducción a una función Cobb-Douglas.

$$\lambda_{12} = 0, \quad \lambda_{23} = 0$$

El valor de la chi-cuadrado sería igual a 11,74 con lo que rechazamos la hipótesis nula a cualquier nivel de significación.

Las variables no son separables pues λ_{12} y λ_{13} son distintas de cero aunque sí es cero λ_{23} .

⁹ El valor crítico, al 0.005 es igual a 3,84.

¹⁰ Los valores críticos son 5.99 y 9.21 según consideremos el nivel de significación del 5 del 1%.

Como modelo 5 hemos calculado los valores correspondientes a las variables en el supuesto de considerar una función de producción Cobb-Douglas. Se observa que los datos se ajustan mejor a la función translog que a la Cobb-Douglas con lo que se considera aquélla como la función a adoptar.

Para este modelo obtenemos los siguientes valores para las elasticidades:

$$\frac{\delta \text{Ln}Y}{\delta \text{Ln}K \text{ Priv}} = 2,83 - 0,1627 \text{Ln}K \text{ Pub}$$

$$\frac{\delta \text{Ln}Y}{\delta \text{Ln}L} = -2,64 + 0,196 \text{Ln}K \text{ Pub}$$

$$\frac{\delta \text{Ln}Y}{\delta \text{Ln}K \text{ Pub}} = 1,82 - 0,1627 \text{Ln}K \text{ Priv} + 0,196 \text{Ln}L \quad (20)$$

Se han calculado las elasticidades medias para las 17 comunidades autónomas con los siguientes resultados:

(INSERTAR CUADROS 17, 18 Y 19)

Dados los valores positivos de las elasticidades en todo punto podemos afirmar que la función es monótona (creciente).

En el cuadro siguiente resumimos los estadísticos descriptivos de las tres elasticidades calculadas.

(INSERTAR CUADRO 20)

A partir de los resultados obtenidos en el cuadro 16 (modelo 5) podemos construir intervalos de confianza para los coeficientes de las variables en la forma $b_j \pm t_{n-k}(\alpha/2)S_b$ donde b es el estimador de β_j y S_b es el error estándar en la estimación. El valor según tablas será $t_{n-k}(\alpha/2) = t_{335}(0,025) = 1,96$. De ahí, el intervalo de confianza para $\text{Ln}K \text{ Priv}$ será (0,187, 0,57), para $\text{Ln}K \text{ Pub}$ será (0,157, 0,36) y para $\text{Ln}L$ (0,28, 0,44). Las elasticidades medias estimadas, con la función translog, de las comunidades autónomas están dentro del intervalo para el capital privado, para el capital público excepto Galicia y para el empleo excepto Andalucía, Cataluña y Madrid.

Asimismo se han calculado las elasticidades de sustitución parcial de Allen¹¹ con el resultado reflejado en la siguiente tabla:

(INSERTAR CUADRO 21)

Los resultados nos indican que capital público y privado y capital privado y empleo privado son factores de producción sustitutivos en todas las comunidades autónomas mientras el capital público y el empleo son complementarios en la mayoría de ellas. El grado de sustituibilidad es bastante elevado, siempre por encima de la unidad excepto en tres casos de elasticidad privada-empleo en Andalucía, Cataluña y Madrid. Dado que los cálculos están realizados para los valores medios de las elasticidades para cada comunidad autónoma, los resultados pueden que no sean invariantes en el tiempo.

6. Conclusiones.

En este trabajo se han ajustado dos funciones de producción a los datos de la economía española con objeto de analizar la influencia del capital público, en particular las infraestructuras públicas, sobre el crecimiento económico. Los resultados nos indican que las dos funciones de producción analizadas son adecuadas para explicar esa influencia. No obstante, el ajuste a través de la función translog es más adecuado que con la Cobb-Douglas. Además, la función translog nos permite analizar algunos aspectos complementarios. Nos permite considerar las elasticidades de sustitución entre capital público y privado y capital privado y empleo mostrando que dichas parejas de factores son siempre sustitutivos y que, dependiendo de la CC.AA., capital público y empleo pueden ser sustitutivos o complementarios.

¹¹ Se han tomado como valores de M_i los valores medios calculados en los cuadros 18, 19 y 20 para las diferentes comunidades autónomas.

Tanto para el caso Cobb-Douglas como en la función translogarítmica, la elasticidad del PIB privado con respecto al capital público es muy elevada. En el caso de la función Cobb-Douglas alcanza valores entre 0,19 y 0,26 sin considerar el efecto desbordamiento y hasta 0,42 si consideramos dicho efecto.

Para la función de producción translog, los valores medios de las elasticidades oscilan entre 0,38 para Galicia y 0,22 para Baleares con un valor medio de 0,29 con lo que se sitúa en el valor más elevado, sin considerar efectos desbordamiento, de la función de producción Cobb-Douglas.

En consecuencia, en cualquiera de las formas consideradas, parece demostrado que el capital público influye fuerte y positivamente en el crecimiento económico.

Queda por analizar si esta influencia se produce asimismo en la tasa de crecimiento de la economía. Es decir, cuáles son las condiciones para que el crecimiento del capital público provoque un crecimiento en la economía.

Referencias bibliográficas

- Allen, R.G.D. (1938), *Mathematical analysis for economists*, London: MacMillan, 503-509.
- Álvarez, A., Orea, L. y Fernández, J. (2003), La productividad de las infraestructuras en España, *Papeles de Economía Española*, 95, 125-136.
- Argimón, I. y González-Páramo, J. M. (1997), Efectos de la inversión en infraestructuras sobre la productividad y la renta de las comunidades autónomas: Especial referencia al transporte por carretera en Galicia, en E. Pérez-Tourinho (dir.), *Infraestructuras y desarrollo regional: Efectos económicos de la autopista del Atlántico*, Editorial Civitas.
- Argimón, I., González-Páramo, J. M., Martín, M. J. y Roldán, J. M. (1994), Productividad e infraestructuras en la economía española, *Moneda y Crédito*, 198, 207-252.
- Aschauer, D. A. (1989), Is public expenditure productive?, *Journal of Monetary Economics*, 23, 177-200.
- Berndt, E. y Christensen, L. (1973), The translog function and the substitution of equipment, structures, and labor in U.S. manufacturing 1929-1968, *Journal of Econometrics*, I, 81-114.
- Christensen, L. Jorgenson, D. y Lau, L. (1971), Conjugate duality and the transcendental logarithmic production function, *Econometrica*, 39, 255-256.
- Christensen, L. Jorgenson, D. y Lau, L. (1973), Transcendental logarithmic production frontiers, *The Review of Economics and Statistics*, February, 28-45.
- Cutanda, A. y Paricio, J. (1992), Crecimiento económico y desigualdades regionales. El Impacto de la infraestructura, *Papeles de Economía Española*, 51.

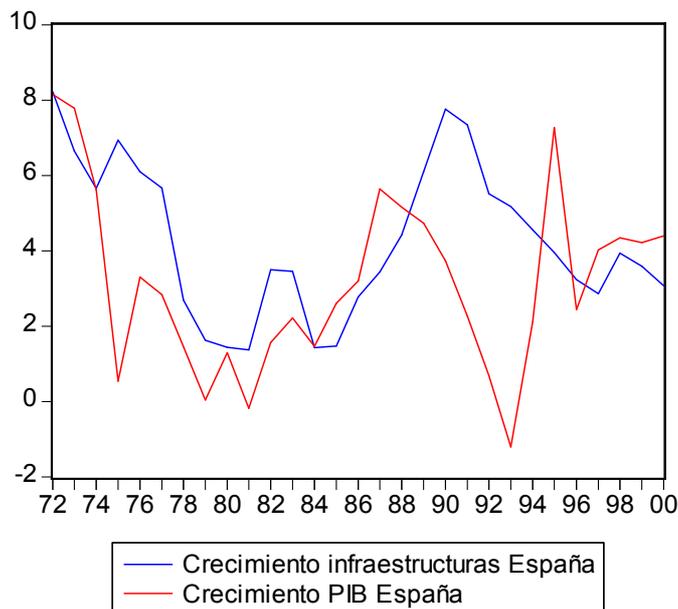
- Dabán, M.T. y Murgui, M.J. (1997), Convergencia y rendimiento a escala en las regiones españolas: La base de datos BD.MORES, *Información Comercial Española*, 762, 66-86.
- De la Fuente, A. (1994), Capital público y productividad, en J.M. Esteban y J. Vives (dirs), *Crecimiento y convergencia regional en España y Europa. Vol II*, Instituto de Análisis Económico y Fundación de Economía Analítica.
- De la Fuente, A. y X. Vives (1995), Infrastructure and education as instruments of regional policy: Evidence from Spain, *Economic Policy*, 20, 13-51.
- Díaz , C. y Martínez, D. (2006), Inversión pública y crecimiento: Un panorama, *Hacienda Pública Española/Revista de Economía Pública*, 176, 109-140.
- Freire, M.J. y Alonso, J. (2002), Infraestructuras públicas y desarrollo económico de Galicia, en A. De la Fuente, M.J. Freire y J. Alonso, *Infraestructuras y desarrollo regional, Doc. De Economía 15*, Fundación Caixa Galicia.
- García-Milá, T y McGuire, T. (1992), The contribution of public provided inputs to state's economies, *Regional Science and Urban Economics*, 2282, 229-241.
- Gil, C. Pascual, P y Repún, M.(1997), Evaluación del impacto de las infraestructuras en los costes de las regiones españolas, *Cuadernos Aragoneses de Economía*, 7(2), 361-381.
- Gil, C. Pascual, P y Repún, M. (2002), Structural change, infrastructure and convergence in the regions of the European Union, *European Urban and Regional Studies*, 9(2), 115-135.
- Gorostiaga, A. (1996), ¿Cómo afectan el capital público y el capital humano al crecimiento?. Un análisis para las regiones españolas en el marco neoclásico, *Investigaciones Económicas*, Vol XIII (1), 95-114.

Hansen, N. (1965), Unbalanced growth and regional development, *Western Economic Journal*, Vol 4.

Mas, M., Maudos, J., Pérez, F y E.Uriel (1994), Capital público y productividad en las regiones españolas, *Moneda y Crédito*, 198, 193-206.

Romp y Haan (2005), Public capital and economic growth: A critical survey, *European Investment Bank Papers*, Vol 10, nº 1, 41-65.

Gráfico 1



Cuadro 1. Tasas de crecimiento PIB y capital productivo

Tasas de crecimiento	1972/76	1977/81	1982/86	1987/91	1992/96	1997/00
PIB	5,08046019	1,09355412	2,21299297	4,30984026	2,26469193	4,24995226
Capital Productivo España	6,71177012	2,56300864	2,52843736	5,81391166	4,49064906	3,37112743

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 2. Distribución porcentual de las infraestructuras productivas en España

	1955	1965	1975	1985	1995	2000
Carreteras	34,18	32,49	29,37	27,8	36,45	37,01
Autopistas	0	0,21	9,06	11,07	5,68	4,5
Infr. Hidráulicas	16,88	26,29	26,82	25,8	20,96	19,64
Estr.Urbanas	5,55	6,28	6,44	9,3	15,4	17,27
Puertos	9,3	9	6,66	6,44	5,62	5,4
Ferrocarril	28,9	23	19,13	17,36	13,92	13,81
Aeropuertos	5,1	2,7	2,49	2,13	1,94	2,3

Fuente: Elaboración propia con datos BBVA- IVIE.

Cuadro 3. Capital público por ocupado (euros de 1986)

	1980	1985	1990	1995	2000
Andalucía	5739,89	7588,62	9291,5	12887,68	11411,5
Aragón	8772,65	10,446,8	10519,7	12887,63	14011,3
Asturias	5208,44	7374,2	9168,3	13509,4	15240,6
Baleares	3991,65	4958,5	6271,98	7634,55	7238
Canarias	5928,32	7589	9033	10986,26	10028,24
Cantabria	4912,34	6882,1	9730,6	12998	13650,13

Castilla-León	7033,89	9047,5	10039,43	13271,73	13937,81
Castilla-La Mancha	6986,3	8354,55	10521,12	14732,08	13522,25
Cataluña	4527,13	5874	6078,3	8350,98	7776,26
Valencia	5946,36	8079,9	10112,5	15864,23	14992,3
Extremadura	3439,6	4500	6284,2	9563,71	10956,62
Galicia	4807,6	5766,2	5996,25	7612,6	7739,15
Madrid	4266,51	5873,3	7086,16	9656	8963,1
Murcia	8584,92	9464,15	10947,55	13843,95	13014,4
Navarra	5906	8292,3	9624,11	13022	12097
País Vasco	11167,07	13630,64	13380,5	14792,24	12854,73
La Rioja	4554,347	6159,2	6812,3	9350,64	9014,32
España	5700,2	7371,1	8464,2	11376,5	10901,3

Fuente: IVIE-BBVA y elaboración propia.

Cuadro 4. Capital público por unidad de superficie (miles de euros de 1986 por Km²)

	1980	1985	1990	1995	2000
Andalucía	107,52	131,6	200,4	264,45	386,15
Aragón	73,83	80,28	96,12	111,71	137,92
Asturias	192,84	242,26	312,14	416,65	505,1
Baleares	180,17	217,6	318,81	414,15	508,86
Canarias	327,76	391,9	553,56	718,67	897
Cantabria	165,19	212,14	314,49	399,55	496,74
Castilla-León	64,15	74,3	91,81	111,47	133,72
Castilla-La Mancha	42,9	50,39	71,78	93,35	104,71
Cataluña	280,96	327,32	422,35	568,73	657,36
Valencia	42,25	52,86	75,55	108,41	124,98
Extremadura	129,7	162,83	222,85	309,73	385,6
Galicia	870,9	1000,96	1286,371	1615,78	2067,71
Madrid	106,41	141,1	210,88	281,82	338,83
Murcia	146,45	154,1	203,97	268,48	311,74
Navarra	582,45	735,73	969,32	1293,5	1437,1
País Vasco	203,27	211,99	239,17	256,9	271,13
La Rioja	235,12	289,99	387,48	517,7	637,32
España	134,36	160,73	217,29	282,1	332

Fuente: IVIE, BBVA e INE, Elaboración propia.

Cuadro 5. Indicadores de densidad de carreteras Long/Sup (Km/Km²) para las CCAA

Comunidad Autónoma	1986	1996	2004
Andalucía	0,27	0,28	0,28
Aragón	0,21	0,21	0,23
Asturias, Principado	0,47	0,45	0,47
Baleares, Islas	0,42	0,44	0,43
Canarias, Islas	0,60	0,60	0,57
Cantabria	0,46	0,49	0,49
Castilla-La Mancha	0,23	0,23	0,24
Castilla-León	0,32	0,34	0,34
Cataluña	0,35	0,37	0,38
Comunidad Valenciana	0,36	0,36	0,37

Extremadura	0,20	0,21	0,21
Galicia	0,52	0,57	0,59
Madrid, Comunidad	0,40	0,42	0,42
Murcia, Región	0,29	0,32	0,33
Navarra, Comunidad Foral	0,35	0,36	0,37
País Vasco	0,58	0,59	0,59
Rioja, La	0,34	0,36	0,37
España	0,31	0,32	0,33

Fuente: Elaboración propia con datos del BBVA-IVIE.

Cuadro 6. Indicadores de densidad de carreteras Long/Pobl (Km/1000 hab.) para CCAA

Comunidad Autónoma	1986	1996	2004
Andalucía	3,40	3,38	3,14
Aragón	8,08	8,37	8,82
Asturias, Principado	4,43	4,26	4,65
Baleares, Islas	2,81	2,78	2,20
Canarias, Islas	2,70	2,67	2,16
Cantabria	4,65	4,75	4,60
Castilla-La Mancha	10,87	10,66	10,00
Castilla-León	11,43	12,55	12,92
Cataluña	1,87	1,90	1,74
Comunidad Valenciana	2,25	2,09	1,82
Extremadura	7,72	7,83	8,26
Galicia	5,49	5,93	6,31
Madrid, Comunidad	0,66	0,64	0,57
Murcia, Región	3,25	3,22	2,81
Navarra, Comunidad Foral	7,08	7,02	6,57
País Vasco	1,99	2,03	2,00
Rioja, La	6,56	6,69	6,23
España	3,97	4,01	3,76

Fuente: Elaboración propia con datos del BBVA e IVIE.

Cuadro 7. Indicadores de densidad de tráfico ferroviario Long/Pob (Km/1000 hab) para las CCAA

Comunidad autónoma	1986	1996	2004
Andalucía	0,30692983	0,35504093	0,32242864
Aragón	1,04529356	0,95870071	1,3388998
Asturias	0,20770468	0,27728945	0,26861471
Cantabria	0,26372413	0,23148104	0,21678472
Castilla y León	1,19842735	0,90350105	0,98245653
Castilla-La Mancha	1,11266522	1,57897393	1,34071053
Cataluña	0,29720449	0,30567618	0,27817623
Extremadura	0,77218537	0,79421092	0,72711068
Galicia	0,32229451	0,34686014	0,34240847
Madrid	0,17887982	0,19600105	0,19530048
Murcia	0,28802221	0,27524199	0,2060201

Navarra	0,27761165	0,63606221	0,41872237
País Vasco	0,25767298	0,24337601	0,24444124
Rioja (La)	0,63434249	0,50584012	0,37431414
Valencia	0,24519467	0,25673424	0,22508502
España	0,39301652	0,40507955	0,3787204

Fuente: Elaboración propia con datos del Ministerio de Fomento.

Cuadro 8. Indicadores de densidad de tráfico ferroviario (Longitud/Superficie) (Km/Km²) para las CCAA

Comunidad autónoma	1986	1996	2004
Andalucía	0,02357091	0,02893105	0,02889566
Aragón	0,02632186	0,02404084	0,03562204
Asturias	0,02197284	0,02818748	0,02727273
Cantabria	0,02636589	0,02330097	0,02320579
Castilla-La Mancha	0,03318055	0,02409555	0,02629458
Castilla-León	0,02339156	0,03388659	0,03198882
Cataluña	0,05570409	0,05835904	0,06063694
Extremadura	0,01998607	0,02027189	0,01892924
Galicia	0,03046933	0,03175086	0,03198079
Madrid	0,10782847	0,12375966	0,1452007
Murcia	0,02564307	0,02685406	0,024326
Navarra	0,01468218	0,03474135	0,02535456
País Vasco	0,07814925	0,07130766	0,07326844
La Rioja	0,03297534	0,02651154	0,02241448
Valencia	0,0397179	0,04330438	0,04542014
España	0,02997176	0,03169	0,03310208

Fuente: Elaboración propia con datos del Ministerio de Fomento.

Cuadro 9. Contrastes de raíces unitarias

Serie	Orden de integración
LnY	1
LnKPub	1
LnKPriv	0
LnKPubProd	2
LnKPubnProd	1

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 10. La variable dependiente es LnY-LnL^a

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6
C	3,51 (3,36)	3,21 (5,7)	3,67 (3,02)	3,4 (5,7)	1,78 (2,76)	2,05 (1,98)
LnKPriv-LnL	0,37 (3,85)	0,4 (5,5)	0,41 (3,8)	0,43 (5,01)	0,44 (6,2)	0,45 (3,98)

LnKPub-LnL	0,26 (5,16)	0,26 (5,4)			0,27 (5,9)	
LnL ^b	-0,02 (-0,32)		-0,015 (-0,23)			
LnUc					0,21 (4,1)	0,21 (2,3)
LnKPubProd-LnL			0,19 (2,3)	0,19 (3,03)		0,18 (2,2)
LKPubnProd-LnL			0,02 (0,32)	0,02 (0,35)		0,08 (1,1)
R	0,98	0,98	0,98	0,98	0,982	0,982
DW	1,8	1,75	1,76	1,76	1,82	1,81

^aDada la autocorrelación de primer orden en los residuos, todas las estimaciones se han realizado añadiendo un término AR(1) (El término AR(2) no era significativo en ningún caso). Dada la existencia de heterocedasticidad y correlaciones cruzadas, se han realizado todas las estimaciones con MCO con corrección de errores estándar en panel (PCSE) pues aunque con estos defectos los estimadores MCO de los parámetros son consistentes, los estimadores de los errores estándar son sesgados e inconsistentes.

^bEl valor de α sería 0,35, prácticamente de la misma magnitud que el capital privado, lo que nos indica la fuerte influencia del capital humano en el crecimiento económico.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 11. La variable dependiente es LnY-LnL

	Modelo 1 (1980-90)	Modelo 2 (1980-95)	Modelo 3 (1980-00)
C	1,44 (1,49)	3,1 (4,43)	3,21 (5,71)
LnKPriv-LnL	0,41 (3,8)	0,41 (4,3)	0,4 (5,45)
LnKPub-LnL	0,44 (6,7)	0,24 (4,3)	0,26 (5,42)
R ²	0,98	0,98	0,98
DW	1,62	1,54	1,75

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 12. La variable dependiente es LnY-LnL

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
C	2,49 (2,3)	2,66 (4,13)	1,24 (1,81)
LnKPriv-LnL	0,47 (4,26)	0,45 (5,49)	0,48 (6,1)
LnKPubdesb-LnL	0,28 (5,03)	0,29 (5,77)	0,26 (5,4)
LnL	0,01 (0,2)		
LnKPubnProd-LnL	-0,09 (-1,24)	-0,1 (-1,25)	-0,05 (-0,65)
Ln Uc			0,25
R	0,98	0,98	0,98
DW	1,7	1,7	1,85

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 13. La variable dependiente es LnY-LnL

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
C	1,83 (1,83)	2,34 (3,68)	0,88 (0,7)
LnKPriv-LnL	0,39 (3,46)	0,34 (3,95)	0,38 (4,6)
LnKPubdesb-LnL	0,39 (5,22)	0,42 (5,9)	0,39 (5,8)
LnL	0,03 (0,67)		
LnKPubnProd-LnL	-0,11 (-1,47)	-0,12 (-1,49)	-0,07 (-1,01)
LnUc			0,25 (4,82)
R	0,98	0,98	0,98
DW	1,71	1,71	1,83

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 14. La variable dependiente es LnY-LnL

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6
C	4,39 (2,85)	3,2 (5,029)	4,46 (2,63)	3,2 (4,8)	3,25 (5,7)	3,47 (5,73)
LnKPriv-LnL	0,37 (3,75)	0,4 (4,41)	0,41 (3,72)	0,44 (4,41)	0,38 (3,84)	0,41 (3,73)
LnKPub-LnL	0,26 (5,2)	0,26 (5,2)			0,26 (5,2)	
LnL ^c	-0,1 (-0,86)		-0,009 (-0,69)			
LnKPubProd-LnL			0,19 (2,98)	0,19 (3,03)		0,19 (2,98)
LKPubnProd-LnL			0,03 (0,39)	0,03 (0,37)		0,02 (0,29)
LnS-LnL	-0,08 (-0,77)	-0,002 (-0,0059)	-0,071 (-0,66)	-0,009 (-0,19)		
LnPob-LnL					0,02 (0,35)	0,03 (0,37)
R ²	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
DW	1,76	1,76	1,77	1,75	1,76	1,8

^cEl coeficiente del capital humano sería, en este caso, de 0,44.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 15. La variable dependiente es LnY-LnL

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
C	1,16 (2,98)	1,7 (4,3)	3,67 (7,3)	4,4 (8,3)
LnKPriv-LnL	0,6 (19,37)	0,61 (18,7)	0,54 (17,5)	0,57 (17,4)
LnKPub-LnL	0,22 (8,4)	0,1 (5,33)		
LKProd-LnL			0,22 (10,5)	0,11 (6,9)
LKPubnProd-LnL			-0,11 (-3,47)	-0,12 (-3,37)
LnS-LnL	-0,05 (-6,35)		-0,05 (-7,4)	
LnH	0,16 (6,15)	0,27 (12,1)	0,22 (7,91)	0,32 (12,82)
R ²	0,85	0,83	0,86	0,84
DW	1,76	1,76	1,7	1,69

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 16. La variable dependiente es LnY^d

	Modelo 1^c	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
C	-10,23 (-0,5)	-12,9 (-0,84)	-23,3 (-2,1)	-19,76 (-1,81)	3,51 (3,37)
LnKPriv	1,14 (0,33)	3,78 (1,49)	3,37 (3,19)	2,83 (2,98)	0,38 (3,84)
LnL	-0,21 (-0,07)	-0,71 (-1,489)	-2,52 (-2,68)	-2,64 (-2,83)	0,34 (6,57)
LnKPub	1,5 (0,83)	-0,91 (-0,86)	1,65 (2,25)	1,81 (2,5)	0,26 (5,1)
1/2LnKPriv ²	0,16 (0,45)	-0,2 (-1,35)			
1/2LnL ²	0,22 (0,77)	0,17 (2,33)			
1/2LnKPub ²	-0,03 (-0,18)	0,08 (1,12)			
LnKPub*LnKPriv	-0,13 (-0,66)		-0,17 (-2,77)	-0,162 (-2,59)	
LnKPub*LnL	0,24 (1,62)		0,26 (3,1)	0,19 (3,2)	
LnKPriv+LnL	-0,26 (-1,00)		-0,0625 (-1,07)		
R ²	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999
R ² ajustado	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999
SER	0,026	0,026	0,0259	0,0259	0,0263
SSR	0211	0,214	0,212	0,213	0,22
LI	772,25	770,41	771,87	771,28	765,13
DW	1,74	1,71	1,72	1,726	1,76
AIC	-4,38	-4,39	-4,399	-4,4	-4,38
SC	-4,07	-4,12	-4,129	-4,14	-4,14

Chi-cuadrado (9) ^f	959,1				
Chi-cuadrado (6)	18,43				
Chi-cuadrado (3)	3,91/4,42	19,12	35,92		
Chi-cuadrado (2)				11,74	

^dDado el elevado número de variables posibles hemos optado por considerar en esta función las de la ecuación (6) con lo que las comparaciones las realizaremos con los modelos (1) y (2) del cuadro 10.

^eEn todos los modelos se han considerado efectos fijos espaciales. Dada la existencia de autocorrelación de primer orden en los residuos, todas las estimaciones se han realizado añadiendo un término AR(1). Asimismo, dada la existencia de heterocedasticidad y correlaciones cruzadas se han realizado todas las estimaciones con corrección de error estándar en panel (PCSE).

^fLos valores críticos, al 0,005, son los siguientes. Chi-cuadrado (9)=16,92, Chi-cuadrado (6)=12,59, Chi-cuadrado (3)= 7,81.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 17. Elasticidades capital público

CCAA	Media	Máximo	Mínimo	Desviación Estándar
Andalucía	0,35	0,38	0,33	0,015
Aragón	0,29	0,32	0,26	0,017
Asturias	0,28	0,32	0,25	0,019
Baleares	0,22	0,25	0,18	0,018
Canarias	0,30	0,33	0,27	0,017
Cantabria	0,24	0,27	0,22	0,014
Castilla-León	0,31	0,36	0,28	0,021
Castilla-La Mancha	0,3	0,34	0,27	0,019
Cataluña	0,31	0,32	0,3	0,0085
Extremadura	0,3	0,35	0,28	0,018
Galicia	0,38	0,43	0,33	0,03
Madrid	0,31	0,32	0,29	0,01
Murcia	0,28	0,31	0,26	0,01
Navarra	0,26	0,28	0,23	0,01
País Vasco	0,29	0,3	0,28	0,006
Rioja	0,24	0,29	0,21	0,002
Valencia	0,3	0,34	0,28	0,01

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 18. Elasticidades capital privado

CCAA	Media	Máximo	Mínimo	Desviación Estándar
Andalucía	0,13	0,22	0,05	0,06
Aragón	0,33	0,38	0,275	0,032
Asturias	0,39	0,465	0,31	0,05
Baleares	0,51	0,6	0,43	0,05
Canarias	0,36	0,44	0,27	0,05
Cantabria	0,51	0,6	0,43	0,06
Castilla-León	0,23	0,29	0,17	0,04
Castilla-La Mancha	0,3	0,38	0,24	0,05
Cataluña	0,16	0,22	0,1	0,05
Extremadura	0,4	0,49	0,31	0,06
Galicia	0,27	0,36	0,19	0,06
Madrid	0,2	0,27	0,12	0,04
Murcia	0,45	0,55	0,36	0,06

Navarra	0,47	0,52	0,4	0,04
País Vasco	0,27	0,35	0,2	0,05
Rioja	0,55	0,58	0,53	0,02
Valencia	0,22	0,3	0,14	0,05

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 19. Elasticidades empleo

CCAA	Media	Máximo	Mínimo	Desviación Estándar
Andalucía	0,61	0,7	0,5	0,07
Aragón	0,36	0,43	0,31	0,04
Asturias	0,3	0,39	0,2	0,06
Baleares	0,15	0,25	0,05	0,07
Canarias	0,34	0,44	0,24	0,066
Cantabria	0,15	0,25	0,04	0,07
Castilla-León	0,49	0,56	0,42	0,05
Castilla-La Mancha	0,4	0,48	0,31	0,06
Cataluña	0,58	0,66	0,5	0,06
Extremadura	0,29	0,39	0,18	0,07
Galicia	0,43	0,54	0,33	0,07
Madrid	0,52	0,61	0,45	0,05
Murcia	0,22	0,33	0,1	0,08
Navarra	0,2	0,28	0,13	0,05
País Vasco	0,44	0,52	0,34	0,06
Rioja	0,1	0,12	0,06	0,02
Valencia	0,5	0,6	0,4	0,06

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 20. Estadísticos descriptivos de las elasticidades

Estadísticos descriptivos	Capital privado	Capital público	Empleo
Media	0,33823529	0,28882353	0,35764706
Error típico	0,03159062	0,00992184	0,03814185
Mediana	0,33	0,3	0,36
Moda	0,51	0,3	0,15
Desviación estándar	0,13025145	0,04090879	0,15726289
Varianza de la muestra	0,01696544	0,00167353	0,02473162
Curtosis	-1,16886027	0,37390553	-1,10775562
Coefficiente de asimetría	0,08828361	0,3316349	-0,08163663
Rango	0,42	0,16	0,51
Mínimo	0,13	0,22	0,1
Máximo	0,55	0,38	0,61
Suma	5,75	4,91	6,08
Cuenta	17	17	17

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 21. Elasticidades de sustitución Allen

CCAA	Elastic privpub	Elastic privempl	Elastic pubempl
Andalucía	4,69	0,11	0,71
Aragón	2,72	1,70	-0,26

Asturias	2,76	2,15	-0,81
Baleares	22,4	30,84	-42,30
Canarias	2,46	1,73	-0,33
Cantabria	8,77	12,5	-15,18
Castilla-León	3,05	1,05	0,29
Castilla-La Mancha	2,67	1,45	-0,02
Cataluña	4,61	0,55	0,54
Extremadura	2,44	2,04	-0,67
Galicia	1,93	1,04	0,32
Madrid	3,50	0,89	0,39
Murcia	2,97	3,15	-2,02
Navarra	3,76	4,22	-3,53
País Vasco	3,04	1,34	0,06
Rioja, La	7,94	16,52	25,5
Valencia	3,38	1,04	0,29

Fuente: Elaboración propia.