

Elasticidad del producto marginal de los factores productivos para las provincias españolas. Estimación a partir de una función *translog*

María del Pópulo Pablo-Romero Gil-Delgado *, María de la Palma Gómez-Calero Valdés, Gema Cerro Gutiérrez

RESUMEN: La relación entre los principales factores productivos de una economía es, junto con sus niveles de dotación, uno de los elementos determinantes del crecimiento económico. Actualmente existen todavía escasos trabajos empíricos que hayan estudiado la forma en que estos factores se relacionan entre sí y cómo esa relación afecta al crecimiento de la productividad en los distintos territorios. En este trabajo se estima una función de producción obtenida mediante el producto de la productividad total de los factores y del *input* total de factores, que viene dado a su vez por una función translogarítmica para cuatro factores productivos, lo que permite dotar de mayor flexibilidad a la función estimada. Los parámetros de la función estimada permiten una interpretación en términos de la posible complementariedad o sustituibilidad entre factores, así como la existencia o no de rendimientos crecientes o decrecientes de los factores considerados. Asimismo, se calcula la elasticidad del producto marginal de cada factor respecto al resto de los factores y respecto al mismo factor, con el fin de analizar las relaciones entre estos factores y el modo en que afectan al crecimiento de la productividad en las provincias españolas, en el periodo comprendido entre 1985-2008.

Clasificación JEL: C23; J24; O47; R11.

Palabras clave: Elasticidad del producto marginal; función *translog*; complementariedad entre factores; crecimiento económico.

Marginal product elasticity of productive factors. a translog function estimate for spanish provinces

ABSTRACT: The relationship between the main production factors in an economy is, along with their levels, one of the determinants of economic growth. Currently there are still few empirical studies which have examined how these factors relate

* Departamento de Análisis Económico y Economía Política. Universidad de Sevilla. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Avda. Ramón y Cajal, 1 C.P. 41018 Sevilla. E-mail contacto: mpablrom@us.es.

Recibido: 15 de abril de 2013 / Aceptado: 29 de enero de 2014.

to each other and how that relationship affects the productivity growth in different territories. This paper considers a production function obtained by the product of the total factor productivity and the total factor input. The total factor input is given by a translog function of four factors of production, allowing greater flexibility to the estimated function. The parameters of the estimated function allows an interpretation in terms of the possible complementarity or substitutability between factors as well as the existence of increasing or decreasing returns to the factors considered. Also, the elasticity of the marginal product of each factor relative to other factors, and compared to the same factor, is calculated in order to analyze the relationships between these factors. How these relationships affect productivity growth in the Spanish provinces is estimated at the period from 1985 to 2008.

JEL Classification: C23; J24; O47; R11.

Keywords: Elasticity of marginal product; translog function; complementarity among factors; economic growth.

1. Introducción

Las relaciones entre el capital humano, el capital físico y el progreso técnico han sido largamente tratadas en la literatura económica. Los mayores niveles de capital humano atraen de algún modo al capital tecnológico y físico haciendo que las regiones prosperen. El capital humano favorece la generación y absorción de tecnología (Nelson y Phels, 1966; Benhabib y Spiegel, 1994, 2005; Acemoglu, 1998, 2003; Caselli y Coleman, 2006; De la Fuente y Da Rocha, 1996; Glaeser y Resseger, 2010) y si el progreso técnico está ligado a la inversión en nuevo capital físico intensivo en mano de obra cualificada, entonces se genera una relación positiva entre capital humano y ese capital físico. A su vez, esas nuevas tecnologías generan un aumento de productividad de los trabajadores con mayor cualificación, haciendo que este fenómeno se intensifique (Ciccone y Papaioannou, 2010). Por el contrario, los niveles escasos de capital físico no permiten rentabilizar adecuadamente el capital humano existente, pues, de acuerdo con Chambers y Krause (2010), cuando el capital físico es escaso la productividad marginal del capital humano es baja. Y conforme aumenta la dotación de capital físico, dicha productividad tiende a ser mayor.

La importancia que el capital humano tiene para generar crecimiento económico no es la misma en todas las industrias. Así Liu (2013) muestra que la influencia del capital humano sobre la productividad varía a lo largo de las diferentes industrias que conforman el tejido industrial de una determinada zona geográfica. Las mayores externalidades de capital humano se producen en industrias pertenecientes a sectores altamente capitalizados con un nivel tecnológico elevado, mientras que estos efectos son sustancialmente inferiores en industrias con niveles de capitalización escasa. La baja productividad del capital humano cuando el nivel de capital es escaso permite justificar la baja elasticidad del capital humano en las estimaciones de las regresiones de crecimiento de algunos estudios empíricos, que asocian esa baja elasticidad a

niveles escasos de capital físico (Barro, 1991; Sianesi y Van Reenen, 2003; Krueger y Lindahl, 2001).

La complementariedad de los factores productivos fue puesta de manifiesto por primera vez por Griliches (1969). Se considera que dotaciones elevadas de capital humano aumentan la productividad de capital físico, estimulando las inversiones en determinados tipos de capital físico haciéndolas atractivas, contrarrestando las disminuciones de productividad relacionadas con el aumento de la dotación de este factor y permitiendo que se siga acumulando capital físico en regiones con niveles elevados de dotación de este factor (López-Bazo y Moreno, 2008).

Asimismo, puede considerarse que los mayores niveles de ese capital físico harán que la rentabilidad del capital humano aumente. Los mayores niveles de capital físico hacen que aumente la productividad tanto de los trabajadores alta y bajamente cualificados, pues la efectividad del capital humano aumenta cuando éste es escaso en relación al capital físico (Acemoglu, 1998; Wheeler, 2001; Winters, 2012; Lopez-Bazo y Moreno, 2012). De esta forma, los efectos del capital humano no son homogéneos en todas las regiones, sino que dependen del nivel de dotación de otros factores productivos.

Es por tanto que la relación entre el capital físico y humano se convierte en un elemento determinante del grado en que el capital físico y humano afectan a la productividad en distintos territorios, pudiéndose generar círculos virtuosos o viciosos que hagan que una región tienda a mantenerse en su situación respecto a otras a lo largo del tiempo. No son tanto las dotaciones de factores las que determinan el crecimiento de las regiones, sino las relaciones entre los factores productivos y sus externalidades las que causan las diferencias de crecimientos entre ellas (Rodríguez-Clare y Klenow, 2005; Mamuneas *et al.*, 2006). En este sentido y tal como afirman Durlauf *et al.* (2008), el modelo de crecimiento lineal, con parámetros constantes, puede estar mal especificado. Puede ser necesario establecer especificaciones no lineales, que permitan que las elasticidades de la productividad respecto a los factores varíen a lo largo del tiempo y de los ámbitos territoriales considerados, en función de la relación existente entre los factores productivos. En este sentido, utilizando técnicas semi-paramétricas, Mamuneas *et al.* (2006), muestran que la elasticidad respecto al capital humano no sólo varía en función del nivel de capital humano existente en el país, sino también y de forma importante, a lo largo de los países o del tiempo. Asimismo, Kalaitzidakis *et al.* (2001), ponen de manifiesto que hay una no linealidad sustancial en las relaciones entre el capital humano y el crecimiento económico que los modelos lineales no son capaces de detectar.

Esta falta de linealidad entre el capital humano y el crecimiento económico ha determinado que algunos autores resalten el papel que este capital tiene en la explicación de las diferencias de crecimiento que se observan entre países, regiones o provincias. Entre ellos, pueden mencionarse los estudios de Bassanini y Scarpetta (2002), Engelbrecht (2003), Mamuneas *et al.* (2006) y Ketteni *et al.* (2007) a escala nacional. A nivel regional, destacan los recientes estudios de Di Liberto (2008), que concluyen que el capital humano sólo tiene efectos positivos en las regiones más atrasadas de Italia, o el estudio de López-Bazo y Moreno (2012) que muestran que

existen marcadas diferencias de rentabilidad del capital humano entre las regiones españolas. Asimismo, a nivel provincial Pablo-Romero y Gómez-Calero (2008, 2013) concluyen que existen claras diferencias en el efecto del capital humano sobre la productividad de las provincias españolas.

El propósito de este trabajo es avanzar en el análisis de las causas que determinan que el capital humano, y otros tipos de capital, tengan diferentes efectos sobre la productividad según el territorio considerado para el caso de España, analizando para ello las relaciones de complementariedad entre los factores productivos. En concreto, el objetivo de este trabajo es analizar cómo las relaciones entre capital físico y humano y las propias dotaciones de los factores afectan al grado de incidencia de cada factor sobre el crecimiento de la productividad en las provincias españolas, mediante la estimación de un modelo que permita visualizar la no linealidad que existe entre las dotaciones de los factores productivos y el crecimiento de la productividad. Para ello, se estima una función de producción agregada de tipo *translog*¹ para las provincias españolas desde 1985 hasta 2008. A partir de los coeficientes estimados se calculan las elasticidades *output* de los factores productivos, que varían entre provincias y a lo largo del tiempo. A continuación, a partir de estas elasticidades se halla la elasticidad del producto marginal de cada *input* con respecto a las dotaciones del mismo *input* y de otros factores. Estos parámetros permiten una interpretación en términos de la posible complementariedad o sustituibilidad entre factores, así como la existencia o no de rendimientos crecientes o decrecientes de los factores considerados.

Con este fin, se ha organizado el trabajo del siguiente modo. En la sección 2 se describe el procedimiento metodológico a utilizar. En la sección 3 se describen las fuentes de información estadística utilizadas. En la sección 4 se presentan los resultados. Por último, en la sección 5 se presentan las principales conclusiones.

2. Metodología

2.1. La función de Producción Translog

El Valor Añadido Bruto (VAB) de cada provincia en el periodo de tiempo considerado puede expresarse como el producto de la productividad total de los factores (PTF) y del *input* total de factores (X). Para el caso de cuatro factores y expresando las variables en términos de logaritmos neperianos, la función del VAB provincial adopta la siguiente forma:

$$Y_{it} = A_{it} + \beta_L L_{it} + \beta_K K_{it} + \beta_h h_{it} + \beta_P P_{it} + \beta_{KL} K_{it} L_{it} + \beta_{Kh} K_{it} h_{it} + \beta_{KP} K_{it} P_{it} + \beta_{hL} h_{it} L_{it} + \beta_{hP} h_{it} P_{it} + \beta_{LP} L_{it} P_{it} + \frac{1}{2} \beta_{KK} K_{it}^2 + \frac{1}{2} \beta_{hh} h_{it}^2 + \frac{1}{2} \beta_{PP} P_{it}^2 + \frac{1}{2} \beta_{LL} L_{it}^2 \quad (1)$$

¹ De acuerdo con Ostbye (2010), la función *translog* es más conveniente que la función CES (Elasticidad de Sustitución Constante), debido a que la primera es más flexible, al permitir que la elasticidad de sustitución varíe con la intensidad de capital.

Donde el logaritmo del VAB (Y_{it}) es la suma del logaritmo de la PTF (A_{it}) y del *input* total, que a su vez viene determinado por una función de producción *translog* con cuatro argumentos (K , P , L y h), que se obtiene mediante una aproximación de segundo orden utilizando series de Taylor (Christensen *et al.*, 1973). Siendo,

Y = valor añadido bruto de las provincias

K = *stock* de capital privado productivo

P = *stock* de capital público productivo

h = indicador de capital humano

L = población ocupada

A = variable exógena que incluye otros factores determinantes de la producción

i = índice de la provincia ($i = 1, \dots, 50$).

t = índice del año ($t = 1985, \dots, 2008$).

$\beta_l, \beta_k, \beta_h, \beta_p, \beta_{kh}, \beta_{kp}, \beta_{hp}, \beta_{hl}, \beta_{lp}, \beta_{kl}, \beta_{kk}, \beta_{hh}, \beta_{pp}, \beta_{ll}$ = parámetros de la función que han de ser estimados para hallar las elasticidades.

Bajo el supuesto de que la función de producción presenta rendimientos constantes a escala en el capital privado, público y trabajo, dado el capital humano, la función adopta la forma siguiente expresada en términos de producto por ocupado. Donde las variables en minúsculas expresan los valores de las variables en términos de población ocupada.

$$y_{it} = A_{it} + \beta_k k_{it} + \beta_h h_{it} + \beta_p p_{it} + \beta_{kh} k_{it} h_{it} + \beta_{kp} k_{it} p_{it} + \beta_{hp} h_{it} p_{it} + \frac{1}{2} \beta_{kk} k_{it}^2 + \frac{1}{2} \beta_{hh} h_{it}^2 + \frac{1}{2} \beta_{pp} p_{it}^2 \quad (2)$$

De acuerdo con De La Fuente (2008), si las variables se expresan en términos de desviaciones sobre la media geométrica de la muestra y en primeras diferencias, la expresión (2) adopta la siguiente forma:

$$\Delta y_{it} = \Delta A_{it} + \beta_k \Delta k_{it} + \beta_h \Delta h_{it} + \beta_p \Delta p_{it} + \beta_{kh} \Delta k_{it} h_{it} + \beta_{kp} \Delta k_{it} p_{it} + \beta_{hp} \Delta h_{it} p_{it} + \frac{1}{2} \beta_{kk} \Delta k_{it}^2 + \frac{1}{2} \beta_{hh} \Delta h_{it}^2 + \frac{1}{2} \beta_{pp} \Delta p_{it}^2 \quad (3)$$

Donde se ha utilizado cursiva para indicar desviaciones sobre la media geométrica y Δ para indicar las primeras diferencias.

Asimismo, se considera que ΔA_{it} es la suma de un efecto fijo temporal común para todas las provincias (δ_t) y de un término que refleja los posibles efectos *spillover* que hay entre provincias. La idea que hay detrás de este concepto es que la producción de una provincia puede estar afectada, positiva o negativamente, por las inversiones en capital público de las provincias cercanas. De este modo, es necesario incluir alguna medida del capital público de las provincias cercanas. Siguiendo la definición de Holtz-Eakin y Schwartz (1995) de *stock* de capital público efectivo, puede hallarse el efecto *spillover* del siguiente modo:

$$S_{it} = \sum_{j=1}^{50} w_{ij} P_{jt}, j \neq i \quad (4)$$

Donde j indica las provincias diferentes a la provincia i y w_{ij} es el peso del *stock* de capital de otras provincias que trata de tener en cuenta la heterogeneidad espacial. La matriz de pesos (w_{ij}) se define de forma que es igual a uno para la provincia adyacente y cero para las que no comparten frontera (Kelejian y Robinson, 1997). Esta medida de efecto *spillover* se ha expresado en términos de desviación de la media geométrica y se ha añadido en términos cuadrados, de forma que

$$\Delta A_{it} = \delta_t + \beta_s S_{it} + \beta_{ss} S_{it}^2 \quad (5)$$

Donde β_s y β_{ss} reflejan el efecto del capital público de las provincias adyacentes.

Sustituyendo (5) en (3) se obtiene la ecuación (6) a estimar, en la que se ha incluido una variable control (ep), que expresa la participación del sector secundario en el VAB y recoge el posible efecto de la diferente estructura productiva de las provincias.

$$\begin{aligned} \Delta y_{it} = & \delta_t + \beta_s S_{it} + \beta_{ss} S_{it}^2 + \beta_k \Delta k_{it} + \beta_h \Delta h_{it} + \beta_p \Delta p_{it} + \beta_{kh} \Delta k_{it} h_{it} + \\ & \beta_{kp} \Delta k_{it} p_{it} + \beta_{hp} \Delta h_{it} p_{it} + \frac{1}{2} \beta_{kk} \Delta k_{it}^2 + \frac{1}{2} \beta_{hh} \Delta h_{it}^2 + \frac{1}{2} \beta_{pp} \Delta p_{it}^2 \end{aligned} \quad (6)$$

Valores positivos de los coeficientes de los productos cruzados de las variables, indican presencia de complementariedad entre los correspondientes factores productivos, mientras que valores negativos de esos coeficientes indican la presencia de sustituibilidad entre ellos. Mientras que los coeficientes de las variables al cuadrado caracterizan los rendimientos a escala. Si los factores presentan rendimientos decrecientes a escala, el signo de estos coeficientes será negativo.

2.2. Elasticidades de la productividad respecto a los factores productivos

A partir de (6) y siguiendo a De la Fuente (2008), pueden hallarse las elasticidades *output* de los distintos factores para cada provincia y año, del siguiente modo:

$$\begin{aligned} EKt_{it} &= \beta_k + \beta_{kh} h_{it} + \beta_{kp} p_{it} + \beta_{kk} k_{it} \\ EPt_{it} &= \beta_p + \beta_{hp} h_{it} + \beta_{kp} k_{it} + \beta_{pp} p_{it} \\ Eht_{it} &= \beta_h + \beta_{kh} h_{it} + \beta_{hp} p_{it} + \beta_{hh} h_{it} \end{aligned} \quad (7)$$

Asimismo, suponiendo rendimientos constantes a escala en el capital privado, público y el trabajo, dado el nivel de capital humano, la elasticidad del trabajo puede hallarse del siguiente modo:

$$EL_{it} = 1 - EKt_{it} - EPt_{it} \quad (8)$$

Se puede observar que las elasticidades derivadas de la función *translog* no son constantes a lo largo del tiempo ni entre provincias (como en la Cobb-Douglas), sino que dependen de las dotaciones de factores que existan en cada momento y provincia. De ese modo, las diferencias de crecimiento de las provincias no sólo son explicadas por la diferente dotación de factores que pueda existir entre ellas, sino también por las diferentes elasticidades *output* de los factores productivos que presentan.

2.3. Elasticidad del producto marginal de cada factor

A partir de los parámetros estimados también es posible hallar el valor de la elasticidad del producto marginal (EMP) de cada factor con respecto a las dotaciones del mismo factor y de otros *inputs*. Estas EMP se derivan directamente de las elasticidades halladas anteriormente, sin embargo a partir de estas últimas es más fácil e intuitivo analizar el comportamiento complementario o sustitutivo de los factores productivos. Siguiendo a De la Fuente (2008), la EMP del factor *i* respecto al mismo factor, en el punto central de la muestra, puede calcularse del siguiente modo,

$$EMP_{ii} = \beta_i - 1 + \frac{\beta_{ii}}{\beta_i} \quad (9)$$

Donde β_i es el coeficiente estimado de la función *translog* referido al factor *i*, y β_{ii} el coeficiente estimado del cuadrado de ese mismo factor.

Asimismo, la elasticidad del producto marginal del factor *i* respecto a otro factor *j* (EMP_{ij}) es igual a

$$EMP_{ij} = \beta_j + \frac{\beta_{ij}}{\beta_i} \quad (10)$$

Donde β_j es el coeficiente estimado de la función *translog* referido al factor *j*, y β_{ij} el coeficiente estimado del producto cruzado del factor *i* y *j*.

Los signos de las elasticidades del producto marginal de un factor con respecto a otro factor distinto reflejan el tipo de relación que existe entre ambos factores. Así, si esas elasticidades tienen signo positivo, muestran relaciones de complementariedad entre los dos factores y si tienen signo negativo, muestran relaciones de sustituibilidad.

Para la estimación de la función de producción y el cálculo de las elasticidades ha sido utilizado el paquete estadístico de Stata.

3. Información estadística utilizada

3.1. Valor Añadido Bruto

A partir de la serie homogénea del VAB ofrecida a nivel provincial al coste de los factores y expresadas en millones de pesetas corrientes desde 1985 hasta 1999, y de las series expresadas a precios básicos y en millones de euros corrientes de años 1995 a 2008 de Alcaide y Alcaide (2000, 2009) y de Alcaide *et al.* (2004), se ha elaborado una nueva serie enlazada del valor añadido bruto a precios básicos para los años 1985 a 2008, expresada en millones de euros constantes de 2000.

Esta serie enlazada se ha realizado extendiendo hacia atrás la serie de VAB a precios básicos hasta el año 1985, utilizando para ello las tasas de variación de la serie del VAB al coste de los factores. La nueva serie obtenida se ha expresado en precios constantes². Esta fuente de información nos ofrece datos anuales para las cincuenta provincias españolas y para la totalidad del periodo analizado.

3.2. Stock de capital privado y público

La información utilizada sobre estas dos variables explicativas procede de las nuevas estimaciones del *stock* y de los servicios del capital para la economía española de Mas *et al.* (2009), disponibles para los años 1964 a 2008, ambos inclusive. Tanto para el capital privado como para el público se han utilizado los datos provinciales del *stock* de capital productivo real expresados en miles de euros constantes de 2000 para el periodo de estudio, que han sido convertidos en millones de euros de ese mismo año. Este *stock* de capital productivo se corresponde con los servicios del capital que los autores consideran que es el que realmente interesa utilizar cuando se trata de analizar la contribución del capital físico al crecimiento económico y de sugerir políticas que contribuyan a ese crecimiento.

Los datos de capital público se han tomado por su valoración total, considerando las funciones de gasto en *Otras construcciones* (infraestructuras viarias, infraestructuras hidráulicas, infraestructuras ferroviarias, infraestructuras aeroportuarias, infraestructuras portuarias, infraestructuras urbanas de Corporaciones Locales) que tradicionalmente han estado asociadas al capital público productivo según la sistemática de las investigaciones realizadas, entre otros, por la Fundación BBVA (Banco Bilbao Vizcaya Argentaria) y el IVIE (Instituto Valenciano de Investigaciones Eco-

² La nueva serie enlazada obtenida está expresada en euros corrientes, por lo que ha sido deflactada con el índice de precios implícito en el VAB ofrecida por FUNCAS (Fundación de las Cajas de Ahorros). Para ello se ha partido de dos series de índices de precios también ofrecidas por FUNCAS: una con base 1986 = 100, para el periodo 1985-1999, que ha sido cambiada a base 1995 = 100. La otra serie de índice de precios es para 1995 = 100, y se ofrece para el periodo 1995-2003. Ambas series, con base 1995 = 100, se ha unido, abarcando el periodo 1985-2008. Con esta nueva serie se ha deflactado el VAB para obtener la serie en millones de euros constantes de 1995. Posteriormente esta serie se ha prolongado hasta el año 2008 con base 2000 = 100.

nómicas). En el caso del capital privado, se han considerado las funciones de gasto privado, que son las de *Equipo de transporte*, *Maquinaria*, *material de equipo* y *otros productos*, y *Otros productos*, más la rúbrica *Otras construcciones n. c. o. p.*³ que incluye inversiones de carácter privado.

3.3. Capital humano

Actualmente, el IVIE ofrece nuevas series de capital humano elaboradas por Serrano y Soler (2010), que incluyen información provincial hasta 2010. En estas nuevas bases de datos de capital humano se ofrecen dos series diferentes que miden el capital humano: una en forma de años medios de estudios completados y la otra en términos de un indicador de capital humano que combina información salarial y características personales, expresado en trabajadores equivalentes sin formación ni experiencia.

De las dos series de indicadores de capital humano ofrecidas por el IVIE actualmente, se ha optado por medir el capital humano mediante el indicador que introduce elementos explicativos del capital humano, como la experiencia, midiendo el nivel educativo de forma sustancialmente diferente, al incorporar la valoración del mercado de las capacidades adquiridas por los individuos. El capital humano de una persona se mide en función del número de los *trabajadores equivalentes* que serían necesarios para conseguir su misma capacidad productiva, medida esta última, por su educación y experiencia acumulada.

Así, el capital humano de un individuo se valora por el número de individuos sin capital humano (varón sin estudios, menor de veinte años) equivalente a su grado de educación y experiencia. El salario relativo entre las diferentes categorías de individuos (ofrecida por la EES (Encuesta de Estructura Salarial, 1995) es la fuente de información utilizada para establecer esa equivalencia⁴. De este modo, el capital humano de una persona es igual al de un trabajador varón sin estudios ni experiencia más el que tiene por su educación y más el que tiene por su experiencia; valorándose este capital humano por educación y experiencia por su equivalente en trabajadores varones sin estudios ni experiencia, calculados, a su vez, según la relación salarial nacional.

3.4. Empleo

Los datos sobre el empleo se han tomado de las series de ocupados procedentes de las series de capital humano de Serrano y Soler (2010) a nivel provincial desde 1964 hasta 2010, y expresadas en miles de personas.

³ Las siglas n.c.o.p. indican «no comprendidas en otras partes».

⁴ Así, el capital humano de un individuo es igual al cociente del salario predicho para ese individuo, dada su edad (o experiencia) y nivel de estudios, dividido por el salario de un varón de veinte años sin estudios. Los salarios predichos se obtienen a partir de regresiones de Mincer, utilizando los datos nacionales de la EES de 1995.

4. Resultados y Discusión

4.1. Estimación de la función *translog*

Los resultados de la estimación de la función de producción *translog* (6) se presentan en la tabla 1. La estimación de la función (6) se ha realizado eliminando de forma secuencial los términos no significativos. En la columna B se muestra la estimación de esa función en el caso de obtener un menor valor AIC⁵. No obstante, cabe decir que el valor AIC obtenido en todas las estimaciones ha resultado ser muy similar.

Todas las estimaciones se han realizado en presencia de heterocedasticidad y autocorrelación, pues en todos los casos se rechaza tanto la hipótesis nula de homocedasticidad de acuerdo con la prueba modificada de Wald, como la hipótesis nula de ausencia de autocorrelación según el test de Wooldridge (2002), respectivamente.

En la columna (A) de la tabla 1 se muestran los resultados de estimar (6) utilizando técnicas de variables instrumentales con el fin de obtener estimadores insesgados y consistentes. Se estima por el modelo de mínimos cuadrados en dos etapas (MC2E), considerando que el capital humano y el capital público son variables endógenas. Se toma como instrumentos las variables explicativas capital humano y público en niveles retardados en uno y dos periodos.

Los coeficientes estimados del capital público, capital privado y capital humano, son significativos, siendo el del capital humano 0,24, del capital privado 0,39 y del capital público 0,16. También son significativos el término del producto cruzado entre el capital humano y el capital privado y del cuadrado del capital privado y el capital humano, siendo los valores de los coeficientes estimados 0,12, -0,21 y -0,01, respectivamente. Sin embargo, como se puede comprobar, no resultan significativos los coeficientes estimados de los términos de los productos cruzados entre capital público y privado y entre capital humano y público, y del cuadrado del capital público. En esta estimación tampoco resultan significativos los coeficientes estimados del cuadrado de los *spillovers* al igual que la variable de control y es solo significativo a un nivel de significación del 10% el término del *spillovers*. La baja significatividad de los efectos *spillover* está en consonancia con los resultados de Álvarez *et al.* (2006), quienes no encuentran evidencia de efectos *spillover* de la infraestructura pública en las 47 provincias peninsulares españolas.

En la columna (B) se reestima de nuevo (6) de cara a eliminar la posible multicolinealidad entre las variables. Se eliminan los términos que no resultan significativos en la estimación anterior. En esta nueva estimación, se observa que los signos de los parámetros estimados son equivalentes a los obtenidos en la estimación anterior y los valores de los coeficientes muy similares.

⁵ Criterio de Información Akaike.

Tabla 1. Función de producción *translog*

| <i>Coficientes</i> | <i>A</i> | <i>B</i> |
|--|------------------------------------|---------------------------------------|
| β_k z value Conf. Interval | 0,39*** (5,96) 0,266-0,526 | 0,41*** (6,22) 0,281-0,540 |
| β_h z value Conf. Interval | 0,24*** (6,49) 0,170-0,317 | 0,23*** (6,34) 0,162-0,307 |
| β_p z value Conf. Interval | 0,16*** (5,26) 0,104-0,229 | 0,16*** (5,12) 0,099-0,223 |
| β_{kh} z value Conf. Interval | 0,12*** (3,86) 0,061-0,187 | 0,08*** (4,91) 0,053-0,123 |
| β_{kp} z value Conf. Interval | -0,01 (-0,11) -0,161-0,144 | — |
| β_{hp} z value Conf. Interval | -0,05 (1,58) -0,124-0,013 | — |
| β_{kk} z value Conf. Interval | -0,21** (-2,45) -0,388-0,043 | -0,18*** (-5,18) -0,260- -0,117 |
| β_{hh} z value Conf. Interval | -0,01* (-1,61) -0,0247-0,003 | -0,02*** (-3,59) -0,029 -0,008 |
| β_{pp} z value Conf. Interval | 0,06 (0,69) -0,117-0,246 | - |
| β_s z value Conf. Interval | -0,01* (-1,62) -0,0163-0,001 | -0,00 (-1,22) -0,012-0,002 |
| β_{ss} z value Conf. Interval | 0,00 (0,77) -0,000-0,001 | — |
| β_e z value Conf. Interval | 0,01 (1,38) -0,003-0,022 | 0,01 (1,38) -0,003-0,022 |
| Underidentification test de Kleibergen-Paap rk | 132,85*** | 162,67*** |
| Weak identification test de Kleibergen-Paap | 36,60*** | 37,89*** |
| Weak identification Test de Cragg-Donald | 11,04*** | 11,04*** |
| Overidentification test de Hansen | 2,58 | 12,10*** |
| Test de endogeneidad de Durbin-Wu-Hausman | 12,10*** | 11,81*** |
| AIC | -5.742,951 | -5.746,852 |

Todos los coeficientes son significativos en esta ocasión exceptuando los coeficientes estimados de los *spillovers* y de la variable de control. Como nos muestra la tabla 1 y al igual que en la estimación anterior, el parámetro β_{kh} es positivo, con un valor de 0,08, lo que indica la existencia de relaciones de complementariedad entre el capital humano y el privado. Asimismo, puede destacarse que tanto el coeficiente estimado del cuadrado del capital privado como del humano sí resultan significativos, lo que implica que la estimación de una función Cobb-Douglas no es la más adecuada. Los parámetros de estos términos al cuadrado tienen signo negativo, reflejando así rendimientos decrecientes a escala.

La existencia de relaciones de complementariedad entre capital físico privado y capital humano determina que el ajuste entre las dotaciones de estos factores en las provincias resulta de especial relevancia de cara a aumentar su productividad. Siendo especialmente relevante, que aquellas provincias con una escasez relativa de capital físico privado centren sus esfuerzos en incrementar estas dotaciones, mientras que aquellas que tienen una escasez relativa de capital humano centren sus esfuerzos en incrementar la dotación de este tipo de capital. Es pues que no todas las provincias deben tener los mismos objetivos.

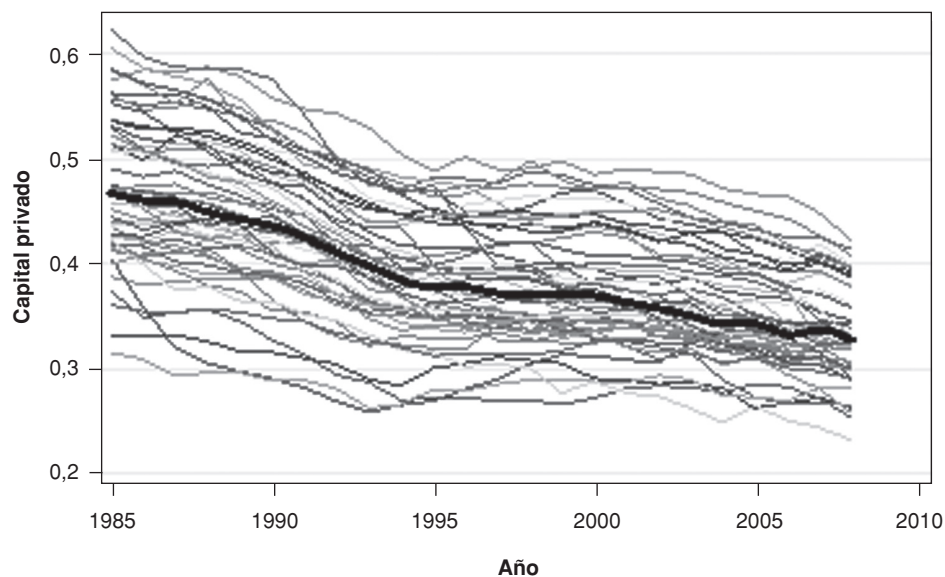
4.2. Cálculo de las elasticidades de la productividad respecto a los factores productivos

Dado que el valor de los coeficientes estimados de A y B no presentan grandes diferencias, se han calculado las elasticidades para cada provincia y año de acuerdo con (7), a partir del valor de los coeficientes de la columna A. En la figura 1 se representa la evolución de las elasticidades de la productividad respecto al capital privado para el conjunto de provincias españolas.

En esta figura 1 se observa la evolución, para cada provincia española, de la elasticidad de la productividad respecto al capital privado. Todas las elasticidades calculadas son positivas con valores que pueden considerarse plausibles. Esos valores obtenidos de las elasticidades oscilan en torno a la línea gruesa de color negro, que representa la media de los valores para cada año, y difieren entre las provincias para cada año considerado, alcanzando esa diferencia en torno a un punto porcentual por arriba de la línea gruesa y otro punto y medio por debajo de ésta para ambas estimaciones. Por lo que la diferencia de la elasticidad entre una provincia y otra puede ser en algunos casos de más dos puntos porcentuales, para cada año considerado. La variabilidad de elasticidades entre provincias nos muestra la heterogeneidad que existe entre estos territorios y la dificultad de poder estimar elasticidades comunes para todos ellos. La evolución general de la tendencia de las elasticidades es decreciente, siendo más acentuado este descenso hasta el año 1995.

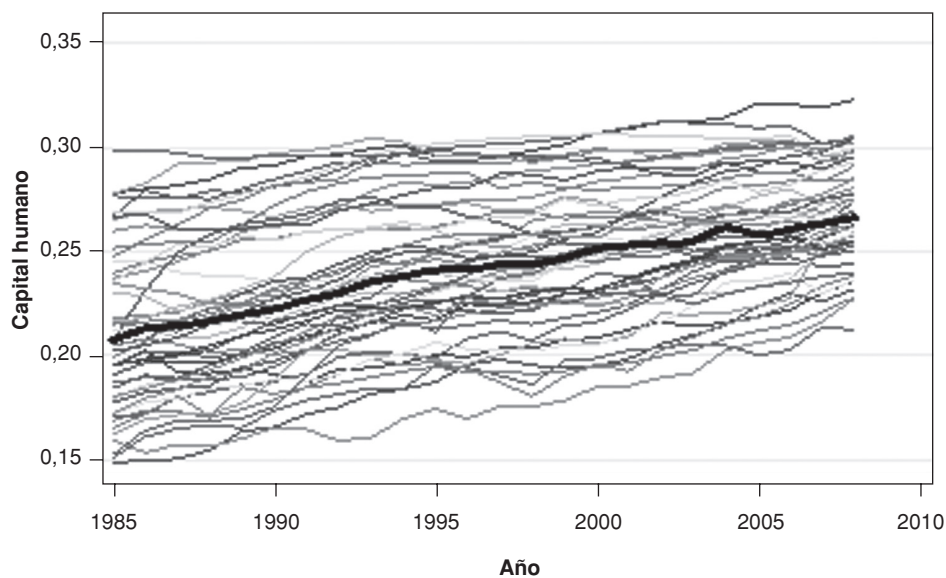
En la figura 2 se representa la evolución de las elasticidades de la productividad respecto al capital humano para el conjunto de provincias españolas, obtenidas a partir de los coeficientes de la columna A de la tabla 1.

Figura 1. Elasticidad de la productividad respecto al capital privado para las provincias españolas (1985-2008)



Fuente: Elaboración propia a partir de las elasticidades del capital privado.

Figura 2. Elasticidad de la productividad respecto al capital humano para las provincias españolas (1985-2008)

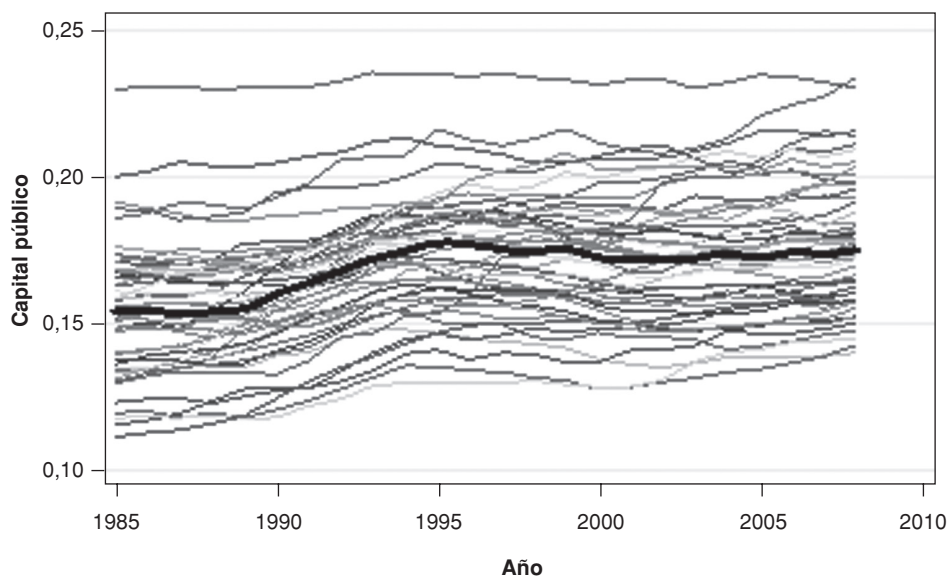


Fuente: Elaboración propia a partir de las elasticidades del capital humano.

Se observa que estas elasticidades varían de forma apreciable entre provincias y a lo largo del tiempo, lo que hace dudar, como afirman Mamuneas *et al.* (2006), del supuesto de elasticidad constante entre zonas territoriales, que ampliamente se ha venido utilizando en la literatura previa. Todas las elasticidades son positivas y se sitúan en un intervalo de en torno a un punto porcentual, que levemente parece ir disminuyendo a lo largo del tiempo. El valor medio resulta algo inferior que el de la media obtenida por De la Fuente (2006) para los valores de estos coeficientes, en una muestra habitual de países de la OCDE y el periodo 1960-1990, cuando se estima por efectos fijos; y que es de 0,348. En este sentido, Mamuneas *et al.* (2006) señalan que la economía española tiene elasticidades inferiores al resto de los 51 países de la muestra considerada en su estudio, con un valor de 0,13 para el periodo 1971-1987. Un valor algo inferior que el promedio obtenido en este estudio para el año 1985, pero que se considera compatible con los valores que se obtienen en este estudio, dada la evolución de la tendencia ascendente que se observa en todo el periodo. Esta evolución ascendente parece indicar la importancia creciente de este factor en los actuales procesos productivos.

En la figura 3 se representa la evolución de las elasticidades de la productividad respecto al capital público para el conjunto de provincias españolas. En general estas elasticidades giran en torno a un valor de 0,16, que se mantiene bastante constante a lo largo de todo el periodo. Aun así, se observa bastante diferencia entre provincias. Las elasticidades varían en torno a un punto porcentual entre ellas. Estos valores

Figura 3. Elasticidad de la productividad respecto al capital público para las provincias españolas (1985-2008)



Fuente: Elaboración propia a partir de las elasticidades del capital público.

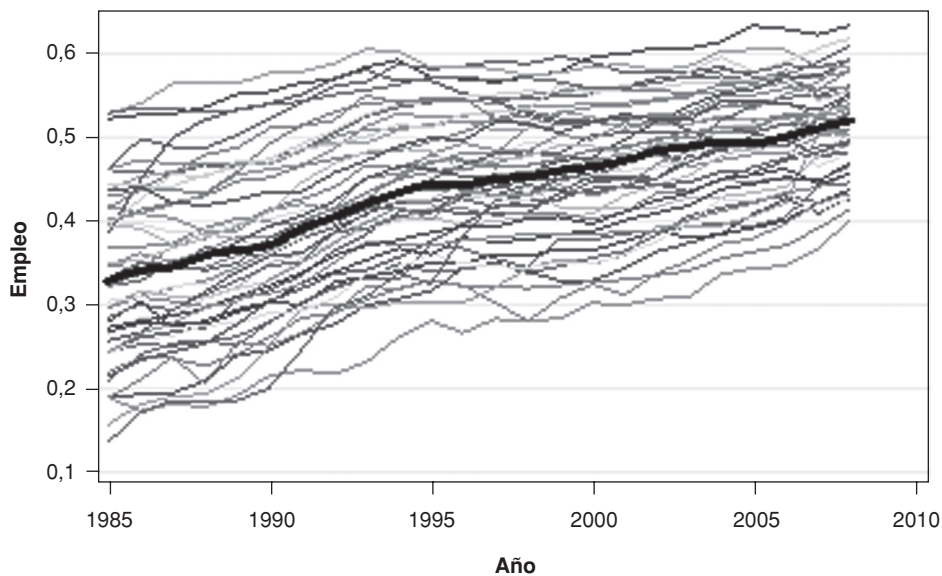
Investigaciones Regionales, 28 (2014) – Páginas 125 a 144

resultan suavemente superiores al intervalo de valores señalados por Boscá *et al.* (2010) para la economía española. Estos autores realizan una revisión de la literatura económica de los últimos años que ha abordado la cuantificación de los efectos macroeconómicos de las infraestructuras públicas. Señalan que existe una gran disparidad entre los resultados que tratan de medir la contribución de las infraestructuras al crecimiento, tanto en estudios con datos internacionales, como a nivel español. No obstante, consideran que para el caso de la economía española se puede asumir que una elasticidad razonable estaría en un entorno cercano al intervalo de 0,5 a 1,0; algo inferior al valor obtenido en este estudio. En esta línea, Gómez-Antonio y Fingleton (2012) obtienen una elasticidad respecto al capital público para el conjunto de provincias españolas en el periodo 1996-2005 igual a 0,1692 cuando tienen en cuenta también la existencia de efectos *spillover*.

Por último, en la figura 4 se representa la evolución de las elasticidades de la productividad respecto al empleo para el conjunto de provincias españolas. Como se puede observar, la tendencia es creciente, existiendo una amplia variabilidad entre provincias.

La evolución de las elasticidades de los distintos factores productivos mostrada en los gráficos anteriores pone de manifiesto una tendencia positiva para el capital humano y el empleo, negativa para el capital físico privado y más o menos constante para el capital público. Lo que se observa en general para todas las provincias. Ello es pues indicativo de la existencia de un efecto positivo creciente de empleo y capital

Figura 4. Elasticidad de la productividad respecto al empleo para las provincias españolas (1985-2008)



Fuente: Elaboración propia a partir de las elasticidades del empleo.

humano sobre la productividad, lo que parece indicar que los rendimientos obtenidos por estos dos factores productivos en las provincias son crecientes. De acuerdo con los resultados del apartado anterior, estos incrementos están asociados a inversiones en capital físico que aumentan los rendimientos del capital privado.

4.3. Cálculo de la elasticidad del producto marginal

A partir los coeficientes de la columna A de la tabla 1, se ha calculado el valor de la elasticidad del producto marginal de cada factor con respecto a las dotaciones del mismo factor y de otros *inputs*, de acuerdo con (8) y (9), en el punto central de la muestra. Los resultados de estas elasticidades se recogen en la tabla 2.

Tabla 2. Elasticidades del Producto Marginal respecto a las dotaciones de factores

| Con respecto a : | Elasticidades del Producto Marginal de: | | |
|------------------|---|--------|--------|
| | K | P | H |
| K | -1,147 | 0,348 | 0,904 |
| P | 0,147 | -0,797 | -0,058 |
| H | 0,557 | -0,085 | -0,450 |

Como cabe esperar, las elasticidades de cada factor respecto a sí mismo son negativas en todos los casos, lo que refleja que, *ceteris paribus*, el producto marginal de cada factor es decreciente respecto a su dotación. El valor menos negativo es para el capital humano, lo que implica que los rendimientos decrecientes en este caso son menores. No obstante, no podemos afirmar que existan rendimientos crecientes a escala para este factor, tal como implica la especificación Minceriana de la función de producción habitual en la literatura. En este sentido, no puede confirmarse que el capital humano genere externalidades positivas sobre el propio capital humano, en el sentido de que ciudadanos con mayores cualificaciones interactúan entre sí haciendo que se genere aun un mayor conocimiento que se puede aprovechar y favorecer el crecimiento de la productividad. Este resultado está en sintonía con las conclusiones de López-Bazo y Moreno (2011) y Sanromá y Ramos (2007), en las que tampoco se encuentra soporte empírico a este tipo de externalidad, justificándolo estos últimos en base a que la dimensión de las provincias enmascara la realidad de la ciudad. Y este tipo de externalidades se generan en un ámbito estrictamente local y con límites bien definidos. Los valores cruzados obtenidos en estos casos son todos positivos a excepción de los que relacionan capital público y humano. En los demás casos, un aumento de los factores productivos genera un aumento de la productividad marginal de los demás factores. La relación más fuerte se observa en la elasticidad del producto marginal del capital humano respecto al capital privado per cápita. Así un aumento del capital privado se traduce en un gran incremento en la productividad

marginal del capital humano. En este caso cobra especial relevancia la acumulación de capital privado, pues a partir de un nivel de capitalización se generan importantes beneficios económicos. Quizás porque como ha sido puesto de manifiesto por Bond *et al.* (2010), las inversiones en capital privado son un importante canal a través del cual otros factores influyen sobre el crecimiento económico, por ejemplo las innovaciones tecnológicas.

Por tanto, la inversión en capital privado va a jugar un papel muy relevante en el crecimiento económico. Por lo que la realización de cambios estructurales en las economías que conduzcan a la especialización en actividades que exijan una mayor capitalización va a resultar beneficioso para sus procesos de crecimiento. En este sentido y como afirman Martínez y Rodríguez (2009), las inversiones en nuevas tecnologías pueden ayudar a las regiones más atrasadas a converger hacia las más ricas.

Por otro lado, se observa una débil relación positiva entre el capital público y el capital privado. Un aumento del capital público por ocupado incide positivamente en la productividad marginal del capital privado, en consonancia con estudios previos referidos a las regiones españolas (Salinas-Jiménez, 2004), aunque las relaciones observadas en este estudio son débiles. No se observa, sin embargo, esa relación entre el capital público y el capital humano, que prácticamente es nula.

5. Conclusiones

En este estudio se estima una función de producción *translog* para las provincias españolas en el periodo de 1985 a 2008. A partir de ella se calculan las elasticidades de la productividad respecto a los factores productivos que varían a lo largo del tiempo y entre provincias. A partir de estas elasticidades y de los coeficientes estimados, se calcula el valor de las elasticidades del producto marginal de los factores productivos. Estas últimas elasticidades permiten conocer las relaciones de complementariedad o sustituibilidad de los factores, así como analizar la existencia de rendimientos constantes, crecientes o decrecientes de esos factores.

La significatividad de algunos de los coeficientes cruzados de la función *translog* pone de manifiesto que la función de producción lineal tipo Cobb-Douglas no es la más conveniente para especificar la función de producción. Por lo que es mejor utilizar funciones no lineales, en consonancia con los estudios previos realizados para 51 países de la OCDE (Mamuneas *et al.*, 2006; Ketteni *et al.*, 2007).

Los resultados de esta estimación ponen de manifiesto la existencia de relaciones de complementariedad entre el capital físico privado y el capital humano, con rendimientos decrecientes para ambos factores productivos. Esas relaciones de complementariedad han sido puestas de manifiesto en estudios previos para otros países, como el referido a 50 países en el periodo de 1960-2000 (Chambers y Krause, 2010).

Las elasticidades calculadas a partir de esta estimación revelan la existencia de claras diferencias entre provincias, lo que muestra la heterogeneidad que hay entre

ellas. Asimismo, estas elasticidades tienden a variar a lo largo del tiempo. La elasticidad del capital privado tiende a decrecer a lo largo del periodo de análisis, mientras que la elasticidad del capital humano tiende a aumentar. En el primer caso, el decrecimiento puede estar asociado al incremento en la dotación de este factor. Mientras que en el caso del capital humano, éste va parejo a un aumento en las dotaciones de factor. La elasticidad del capital público tiende a mantenerse bastante estable durante todo el periodo analizado, mientras existe un gran incremento de la elasticidad del empleo.

El análisis de la elasticidad del producto marginal de cada factor con respecto a las dotaciones del mismo factor, pone de manifiesto que el producto marginal de cada factor es decreciente respecto a su dotación. Esos rendimientos decrecientes lo son menores para el capital humano. Por otro lado, un aumento del capital privado genera un aumento de la productividad marginal del capital humano y viceversa; siendo mayor el efecto de un aumento del capital privado sobre la productividad marginal del capital humano. De este modo, el efecto del capital humano sobre el crecimiento depende en buena medida de la cantidad de capital privado que la economía tenga. Así, el incremento de capital físico privado impulsa el efecto del capital humano en la economía, por lo que cobra especial interés la acumulación de ese capital físico. En este sentido, los resultados obtenidos están en consonancia con los del análisis de Winters (2012) referido a determinadas áreas urbanas de EEUU, el estudio sectorial realizado por Liu (2013) referido a determinadas ciudades de China, y el estudio de Bond *et al.* (2010) que presenta evidencia del efecto positivo del capital físico privado utilizando una muestra de 75 países.

Por otro lado, un aumento del capital público por ocupado incide positivamente en la productividad marginal del capital privado, en consonancia con estudios previos referidos a las regiones españolas.

Referencias bibliográficas

- Acemoglu, D. (1998): «Why do new technologies complement skills? Directed technical change and wage inequality», *The Quarterly Journal of Economics*, 113(4), 1055-1090.
- Acemoglu, D. (2003): «Patterns of skill premia», *Review of Economic Studies*, 70 (2), 199-230.
- Alcaide, J., y Alcaide, P. (2000): *Magnitudes Económicas Provinciales. Años 1985 a 1999*, Fundación de las Cajas de Ahorros Confederadas (FUNCAS), Departamento de Estadística Regional, Madrid.
- Alcaide, J.; Alcaide, Pablo, y Alcaide, Pedro (2004): *Balance Económico Regional (autonomías y provincias) Años 1995 a 2003*, Fundación de las Cajas de Ahorros Confederadas (FUNCAS), Madrid.
- Alcaide, J., y Alcaide, P. (2009): *Balance Económico Regional (autonomías y provincias) Años 2000 a 2008*, Fundación de las Cajas de Ahorros Confederadas (FUNCAS), Gabinete de Estadística Regional, Madrid.
- Álvarez, A.; Arias, C., y Orea, L. (2006): «Econometric testing of spatial productivity spillovers from public capital», *Hacienda Pública Española*, 178(3), 9-21.
- Barro, R. (1991): «Economic growth in a cross-section of countries», *The Quarterly Journal of Economics*, 106 (2), 407-443.

- Bassanini, A., y Scarpetta, S. (2002): «Does human capital matter for growth in OECD countries? A pooled mean-group approach», *Economics Letters*, 74, 399-405.
- Benhabib, J., y Spiegel, M. (1994): «The role of human capital in economic development: evidence from aggregate cross-country data», *Journal of Monetary Economics*, 34(2), 143-173.
- Benhabib, J., y Spiegel, M. (2005): «Human capital and technology diffusion», in: Aghion, P., y Durlauf, S. (eds.), *Handbook of Economic Growth*, Elsevier, Amsterdam, 1, 935-966.
- Bond, S.; Leblebiciog, A., y Schiantarelli, F. (2010): «Capital accumulation and growth: a new look at the empirical evidence», *Journal of Applied Econometrics*, 25, 1073-1099.
- Boscá, J. E.; Escribá, J.; Ferri, J., y Murgui, M. J. (2010): «La inversión en infraestructuras públicas: una panorámica y algunas conclusiones para las regiones españolas», D-2010-11 D.T. Dirección General de Presupuestos, Ministerio de Economía y Hacienda, Madrid.
- Caselli, F., y Coleman, J. W. (2006): «The world technology frontier», *American Economic Review*, 96(3), 499-522.
- Ciccone, A., y Papaioannou, E. (2010): «Human capital, the structure of production and growth», *The Review of Economics and Statistics*, 91(1), 66-82.
- Chambers, D., y Krause, A. (2010): «Is the relationship between inequality and growth affected by physical and human capital accumulation?», *The Journal of Economic Inequality*, 8(2), 153-172.
- Christensen, L.; Jorgenson, D., y Lau, L. (1973): «Transcendental logarithmic production frontiers», *The Review of Economics and Statistics*, 55, 28-45.
- De La Fuente A., 2008. «Una función de producción translog para las regiones españolas: notas preliminares», Documentos de Trabajo D-2008-06. Dirección General de Presupuestos, Ministerio de Economía y Hacienda, Madrid.
- De La Fuente, A., y Da Rocha, J. M. (1996): «Capital humano y crecimiento: un panorama de la evidencia empírica y algunos resultados para la OCDE», *Moneda y Crédito*, 203, 43-84.
- Di Liberto, A. (2008): «Education and Italian regional development», *Economics of Education Review*, 27(1), 94-107.
- Durlauf, S. N.; Kourtellos, A., y Tan, C. M. (2008): «Are any growth theories robust?», *The Economic Journal*, 118, 329-346.
- Encuesta de Estructura Salarial, INE (1995).
- Engelbrecht, H. (2003): «Human capital and economic growth: cross-section evidence for OECD countries», *Economic Record*, 79, 40-51.
- Glaeser, E. L., y Resseger, M. G. (2010): «The complementarity between cities and skills». *Journal of Regional Science*, 50(1), 221-244.
- Gómez-Antonio, M., y Fingleton, B. (2012): «Regional productivity variation and the impact of public capital stock: an analysis with spatial interaction, with reference to Spain», *Applied Economics*, 44 (28), 3665-3677.
- Griliches, Z. (1969): «Capital-Skill Complementarity», *The Review of Economics and Statistics*, 51, 465-468.
- Holtz-Eakin, D., y Schwartz A. (1995): «Spatial Productivity Spillovers from Public Infrastructure: Evidence from State Highways», *National Bureau of Economic Research*, Working Paper 5004.
- Kalaitzidakis, P.; Mamuneas, T.; Savvides, A., y Stengos, T. (2001): «Measures of human capital and nonlinearities in economic growth», *Journal of Economic Growth*, 6, 229-254.
- Kelejian, H. H.; Robinson, y D. P. (1997): «Infrastructure productivity estimation and its underlying econometric specification: a sensitivity analysis», *Papers in Regional Science*, 76 (1), 115-131.
- Ketteni, E.; Mamuneas, T. P., y Stengos, T. (2007): «Nonlinearities in economic growth: A semiparametric approach applied to information technology data», *Journal of Macroeconomics*, 29(3), 555-568.

- Krueger, A. B., y Lindahl, M. (2001): «Education for growth: Why and for whom?», *Journal of Economic Literature*, 39(4), 1101-1136.
- Liu, Z. (2013): «Human capital externalities in cities: evidence from Chinese manufacturing firms», *Journal of Economic Geography*, lbt024.
- López-Bazo, E., y Moreno, R. (2008): «Does human capital stimulate investment in physical capital? Evidence from a cost system framework», *Economic Modelling*, 25, 1295-1305.
- (2012): «Profitability of investments in education: Evidence from Spanish regions», *Regional Studies*, 46(10), 1333-1346.
- Mamuneas, T. P.; Savvides, A., y Stengos, T. (2006): «Economic development and the return to human capital: a smooth coefficient semiparametric approach», *Journal of Applied Econometrics*, 21, 111-132.
- Martínez, D., y Rodríguez, J. (2009): «New technologies and regional growth: the case of Andalucía», *The Annals of Regional Science*, 43(4), 963-987.
- Mas, M.; Pérez, F., y Uriel, E. (2009): «El Stock y los Servicios del Capital en España y su Distribución Territorial. Actualización 1964-2007», Fundación BBVA, Bilbao.
- Nelson, R., y Phelps, E. (1966): «Investment in humans, technological diffusion, and economic growth», *American Economic Review: Papers and Proceedings*, 51 (2), 69-75.
- Ostbye, S. (2010): «The translog growth model» *Journal of Macroeconomics*, 32(2), 635-640.
- Pablo-Romero, M. D. P., y Gómez-Calero, M. P. (2008): «Análisis por provincias de la contribución del capital humano a la producción en la década de los noventa», *Investigaciones Económicas*, 32(1), 27-52.
- Pablo-Romero, M. D. P., y Gómez-Calero, M. (2013): «A translog production function for the Spanish provinces: Impact of the human and physical capital in economic growth», *Economic Modelling*, 32, 77-87.
- Rodriguez-Clare, A., y Klenow, P. J. (2005): «Externalities and growth», en: Aghion, P., y Durlauf, S.: *Handbook of Economic Growth*. Elsevier, Amsterdam, 1, 817-861.
- Salinas-Jiménez, M. M. (2004): «Public infrastructure and private productivity in the Spanish regions», *Journal of Policy Modelling*, 26, 47-64.
- Sanromá, E., y Ramos, R. (2007): «Local human capital and productivity: an analysis for the Spanish Regions» *Regional Studies*, 41(3), 349-359.
- Serrano, L., y Soler, A. (2010): Series de capital humano. IVIE, Valencia, <http://www.ivie.es/banco/caphumser07.php>.
- Sianesi, B., y Van Reenen, J. (2003): «The returns to education: macroeconomics», *Journal of Economic Surveys*, 17, 157-200.
- Wheeler, C. H. (2001): «Search, sorting, and urban agglomeration», *Journal of Labor Economics*, 19, 879-899.
- Winters, J. (2012): «Human capital externalities and employment differences across metropolitan areas of the US», Available at SSRN 2158011.
- Wooldridge, J. M. (2002): *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, MIT Press, Cambridge.