

**Una Función de producción Tanslog para las provincias españolas:
Incidencia del capital humano y físico en el crecimiento económico**

AUTOR 1 (Author 1): MARIA DEL POPULO PABLO-ROMERO GIL-DELGADO

Email: mpablorom@us.es

AUTOR 2 (Author 2): MARÍA DE LA PALMA GÓMEZ-CALERO VALDÉS

Email: mdepalma@us.es

DEPARTAMENTO (Department): ANÁLISIS ECONÓMICO Y ECONOMÍA
POLLÍTICA

UNIVERSIDAD (University): UNIVERISDAD DE SEVILLA

ÁREA TEMÁTICA (Subject Area): Especialización, productividad y
competitividad regional

RESUMEN (Abstract):

La relación entre los principales factores productivos de una región es, junto con sus niveles de dotación, uno de los elementos determinantes del crecimiento económico en distintos territorios. A pesar de que estas teorías empiezan a estar asentadas entre la comunidad científica, existen todavía escasos trabajos empíricos que hayan estudiado la forma en que estos factores se relacionan y como esta relación entre capital humano y físico afecta al crecimiento de la productividad entre las regiones. Este trabajo supone una primera aproximación, mediante la estimación de una función translog y de una translog ampliada con términos de tercer orden, al análisis de cómo las relaciones entre estos factores y la propia dotación de ellos afectan al grado de incidencia de cada factor sobre el crecimiento de la productividad en las provincias españolas, en el periodo comprendido entre 1985-2006.

PALABRAS CLAVE (Key words): Función translog. Complementariedad entre factores. Crecimiento económico.

1. Introducción

Las relaciones entre el capital humano, el capital físico y el progreso técnico han sido largamente analizadas en la literatura económica. Los mayores niveles de capital humano atraen de algún modo el capital tecnológico y físico haciendo que las regiones prosperen. Se considera que la mayor dotación de capital humano favorece la generación y absorción de tecnología (Nelson and Phelps, 1966, Benhabib and Spiegel, 1994, 2005; Acemoglu, 1998 2003; Caselli y Coleman, 2006, De la Fuente y Da Rocha, 1996) 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). Esta explicación ha sido dada en algunos estudios empíricos para justificar la baja elasticidad del capital humano en las estimaciones de las regresiones de crecimiento, que asocian esa baja elasticidad a niveles escasos de capital físico (Barro, 1991; Sianesi y Van Reenen, 2003; Krueger y Lindahl, 2001).

De esta forma, la complementariedad de estos factores, que por primera vez fue puesta de manifiesto por Griliches (1969), puede ser entendida de modo que dotaciones elevadas de capital humano estimulan 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,

visualizándose así una mayor efectividad de capital humano cuando este es escaso en relación al capital físico.

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 tiendan a hacer 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 and Klenow, 2005) Mammuneas, Svvides y stengos, 2006). En este sentido, tal como afirman Durlauf et al. (2008), el modelo de crecimiento lineal, con parámetros constantes, puede estar mal especificado, considerando la necesidad de establecer especificaciones no lineales, que permitan variar las elasticidades de la productividad respecto a los factores a lo largo del tiempo y de los ámbitos territoriales considerados. En este sentido, utilizando técnicas semi paramétricas, Mamuneas et al (2006), muestra que la elasticidad respecto al capital humano varía de forma importante a lo largo de los países y en el tiempo y también difiere en función del nivel de capital humano. Asimismo, Kalaitzidakis *et al.* (2001) ponen de manifiesto que hay relaciones no lineales en las relaciones del crecimiento con el capital humano que no son posible de captar con modelos lineales.

Este trabajo tiene como objetivo 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. Para ello, se

estima una función de producción agregada de tipo translog¹ para las provincias españolas desde 1985 hasta 2006. 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.

No obstante, la función translog puede no tener suficiente flexibilidad para observar los cambios de las elasticidades de la productividad respecto a los distintos tipos de capital, ya que con esta función la elasticidad varía de forma constante ante cambios en las dotaciones de factores. De acuerdo con Ostbye (2010), puede añadirse mayor flexibilidad a la función translog añadiendo términos de tercer orden. Esta técnica que ya se ha empleado anteriormente, por ejemplo en estudios que analizan la existencia de la curva de Kuznet ambiental y las relaciones entre energía y crecimiento económico (Luzzati and M.Orsini, 2009), permite analizar si hay diferencias en el comportamiento de las elasticidades para diferentes niveles de dotaciones de factores y por tanto si hay rendimientos crecientes, decrecientes o constantes de cada factor para cada nivel de ese factor.

Con este fin, se ha organizado el trabajo del siguiente modo. En la sección 2 se describe la función de producción translog que se va a estimar, así como la función ampliada con términos de tercer orden. En la sección 3 se describen las fuentes de información estadística utilizadas. En la sección 4 se presentan los resultados de las estimaciones de la función producción translog y de la función ampliada de todas las provincias

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

españolas y se realiza una discusión de los principales resultados obtenidos. Los resultados muestran una clara diferenciación de elasticidades de productividad entre las provincias y la presencia de relaciones de complementariedad entre el capital físico privado y humano. Asimismo, los resultados muestran que los rendimientos del capital privado son decrecientes hasta un nivel determinado del capital privado per capita, en el que cambian de sentido. Por último, en la section 5 se presentan las principales conclusiones.

2. The translog production function

La función de producción es una función flexible. Es una aproximación de segundo orden, utilizando series de Taylor (Christensen, et al. 1973). Para el caso de cuatro factores, esta función puede escribirse del siguiente modo:

$$\ln Y_{it} = \ln A_{it} + \beta_l \ln L_{it} + \beta_k \ln K_{pr_{it}} + \beta_h \ln K_{h_{it}} + \beta_p \ln K_{pu_{it}} + \beta_{kl} \ln K_{pr_{it}} \ln L_{it} + \beta_{kh} \ln K_{pr_{it}} \ln K_{h_{it}} + \beta_{kp} \ln K_{pr_{it}} \ln K_{pu_{it}} + \beta_{hl} \ln K_{h_{it}} \ln L_{it} + \beta_{hp} \ln K_{h_{it}} \ln K_{pu_{it}} + \beta_{lp} \ln L_{it} \ln K_{pu_{it}} + 1/2 \beta_{kk} \ln K_{pr_{it}}^2 + 1/2 \beta_{hh} \ln K_{h_{it}}^2 + 1/2 \beta_{pp} \ln K_{pu_{it}}^2 + 1/2 \beta_{ll} \ln L_{it}^2 \quad [1]$$

donde

Y = valor añadido bruto por ocupado de las provincias (precios básicos, a euros de 2000)

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

Kh = trabajadores equivalentes de la población ocupada.

Kpr = stock de capital privado productivo por ocupado a euros de 2000.

Kpu = stock de capital público productivo por ocupado a euros de 2000.

L= población ocupada.

i = cincuenta provincias españolas.

t = años desde 1985 hasta 2006.

$\beta_k, \beta_h, \beta_p, \beta_{kh}, \beta_{kp}, \beta_{hp}, \beta_{kk}, \beta_{hh}, \beta_{pp}$ = los 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.

$$\ln y_{it} = \ln A_{it} + \beta_k \ln k_{pr_{it}} + \beta_h \ln h_{it} + \beta_p \ln k_{pu_{it}} + \beta_{kh} \ln k_{pr_{it}} \ln h_{it} + \beta_{kp} \ln k_{pr_{it}} \ln k_{pu_{it}} + \beta_{hp} \ln h_{it} \ln k_{pu_{it}} + 1/2 \beta_{kk} \ln k_{pr_{it}}^2 + 1/2 \beta_{hh} \ln h_{it}^2 + 1/2 \beta_{pp} \ln k_{pu_{it}}^2 \quad [2]$$

Con el fin de estimar convenientemente esta función, los datos han sido transformados como desviaciones sobre la media geométrica de la muestra. Asimismo, la función ha sido transformada en primeras diferencias². Utilizando una T para indicar desviaciones sobre la media geométrica y Δ para indicar las primeras diferencias es posible reescribir [2] de la siguiente forma,

$$\Delta T \ln y_{it} = \Delta T \ln A_{it} + \beta_k \Delta T \ln k_{pr_{it}} + \beta_h \Delta T \ln h_{it} + \beta_p \Delta T \ln k_{pu_{it}} + \beta_{kh} \Delta T \ln k_{pr_{it}} \Delta T \ln h_{it} + \beta_{kp} \Delta T \ln k_{pr_{it}} \Delta T \ln k_{pu_{it}} + \beta_{hp} \Delta T \ln h_{it} \Delta T \ln k_{pu_{it}} + 1/2 \beta_{kk} \Delta T \ln k_{pr_{it}}^2 + 1/2 \beta_{hh} \Delta T \ln h_{it}^2 + 1/2 \beta_{pp} \Delta T \ln k_{pu_{it}}^2 \quad [3]$$

Asimismo, se considera que la evolución del progreso técnico es la suma de un efecto fijo temporal común para todas las provincias (δ_t) y de un término de catch up tecnológico proporcional a la brecha tecnológica entre cada territorio y la provincia de Madrid (que se denota con el subíndice M). De forma, que

$$\Delta T \ln A_{it} = \delta_t - \lambda (T \ln y_{it} - T \ln y_{Mt}) \quad [4]$$

Sustituyendo [4] en [3] se obtiene la ecuación [5] a estimar, en la que se ha incluido una variable control (ep), que expresa la participación del sector primario en el VAB y recoge el posible efecto de la diferente estructura productiva de las provincias.

$$\Delta T \ln y_{it} = \delta_t - \lambda (T \ln y_{it} - T \ln y_{Mt}) + \beta_k \Delta T \ln k_{pr_{it}} + \beta_h \Delta T \ln h_{it} + \beta_p \Delta T \ln k_{pu_{it}} + \beta_{kh} \Delta T \ln k_{pr_{it}} \Delta T \ln h_{it} + \beta_{kp} \Delta T \ln k_{pr_{it}} \Delta T \ln k_{pu_{it}} + \beta_{hp} \Delta T \ln h_{it} \Delta T \ln k_{pu_{it}} + 1/2 \beta_{kk} \Delta T \ln k_{pr_{it}}^2 + 1/2 \beta_{hh} \Delta T \ln h_{it}^2 + 1/2 \beta_{pp} \Delta T \ln k_{pu_{it}}^2 + \beta_e ep_{it} \quad [5]$$

² Se opta por estimar en primeras diferencias para evitar regresiones espurias, al ser no estacionarias en niveles pero sí en primeras diferencias según el T-test for unit root desarrollado por Im, Pesaran y Shin (2003).

Los parámetros de la función se estiman empíricamente a través de los datos de panel. 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 cuadráticos caracterizan los rendimientos de escala. Si los factores presentan rendimientos decrecientes a escala, el signo de estos coeficientes será negativo.

A partir de esa estimación, pueden hallarse las elasticidades output de los distintos factores para cada provincia y año, del siguiente modo³:

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_{Kpr_{it}} &= \beta_k + \beta_{kh}Tlnkh_{it} + \beta_{kp}Tlnkpu_{it} + \beta_{kk}Tlnkpr_{it} \\
 \varepsilon_{Kpu_{it}} &= \beta_p + \beta_{hp}Tlnkh_{it} + \beta_{kp}Tlnkpr_{it} + \beta_{pp}Tlnkpu_{it} \\
 \varepsilon_{Kh_{it}} &= \beta_h + \beta_{kh}Tlnkpr_{it} + \beta_{hp}Tlnkh_{it} + \beta_{hh}Tlnkh_{it}
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

Asimismo, dado el supuesto de rendimientos constante 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: $\varepsilon_{L_{it}} = 1 - \varepsilon_{Kpr_{it}} - \varepsilon_{Kpu_{it}}$ [7]

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 este 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.

³ See De la Fuente (2008).

A partir 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 halladas anteriormente, sin embargo a partir de ellas es 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, $EMP_{ii} = \beta_i - 1 + \beta_{ii}/\beta_i$ [8]

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 otro factor (EMP_{ij}) es igual a $EMP_{ij} = \beta_j - 1 + \beta_{ij}/\beta_i$ [9]

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 .

La función Translog estimada anteriormente, tiene el inconveniente de que las elasticidades output de cada factor varían de forma constante al variar la dotación del mismo, si se mantiene constante todo lo demás. Por lo que, *ceteris paribus*, si en el punto central de la muestra hay rendimientos constantes, decrecientes o crecientes a escala, este se mantiene para cualquier nivel de dotación de factor establecido, no variando así en función de este nivel esos rendimientos.

Es posible dotar de una mayor flexibilidad a esta función de producción añadido a la función translog, como propone Ostbye (2010), términos de tercer orden. Esta función de producción puede aproximarse por series de Taylor de tercer orden. Si transformamos de nuevo los datos como desviaciones sobre la media geométrica de la muestra y en primeras diferencias. Y consideramos asimismo que la evolución del

progreso técnico se expresa según [4], la función de producción translog ampliada puede expresarse del siguiente modo:

$$\begin{aligned} \Delta Tlny_{it} = & \delta_t - \lambda (Tlny_{it} - Tlny_{Mt}) + \beta_k \Delta Tlnkpr_{it} + \beta_h \Delta Tlnkh_{it} + \beta_p \Delta Tlnkpu_{it} + \\ & \beta_{kh} \Delta Tlnkpr_{it} Tlnkh_{it} + \beta_{kp} \Delta Tlnkpr_{it} Tlnkpu_{it} + \beta_{hp} \Delta Tlnkh_{it} Tlnkpu_{it} + 1/2 \beta_{kk} \Delta Tlnkpr_{it}^2 + \\ & 1/2 \beta_{hh} \Delta Tlnkh_{it}^2 + 1/2 \beta_{pp} \Delta Tlnkpu_{it}^2 + \beta_{khp} \Delta Tlnkpr_{it} Tlnkh_{it} Tlnkpu_{it} + \beta_{khh} \Delta Tlnkpr_{it} Tlnkh_{it}^2 \\ & + \beta_{nhp} \Delta Tlnkh_{it}^2 Tlnkpu_{it} + \beta_{kkh} \Delta Tlnkpr_{it}^2 Tlnkh_{it} + \beta_{kkp} \Delta Tlnkpr_{it}^2 Tlnkpu_{it} \\ & + \beta_{kpp} \Delta Tlnkpr_{it} Tlnkpu_{it}^2 + \beta_{hpp} \Delta Tlnkh_{it} Tlnkpu_{it}^2 + 1/3 \beta_{kkk} \Delta Tlnkpr_{it}^3 + 1/3 \beta_{hhh} \Delta Tlnkh_{it}^3 \\ & + 1/3 \beta_{ppp} \Delta Tlnkpu_{it}^3 + \beta_{ep} \epsilon_{it} \end{aligned} \quad [10]$$

Ahora las elasticidades output de los distintos factores para cada provincia y año, se expresan del siguiente modo:

$$\begin{aligned} \epsilon Kpr_{it} = & \beta_k + \beta_{kh} Tlnkh_{it} + \beta_{kp} Tlnkpu_{it} + \beta_{kk} Tlnkpr_{it} + \beta_{khp} Tlnkh_{it} Tlnkpu_{it} + \beta_{khh} Tlnkh_{it}^2 \\ & + 2\beta_{kkh} Tlnkpr_{it} Tlnkh_{it} + 2\beta_{kkp} Tlnkpr_{it} Tlnkpu_{it} + \beta_{kpp} Tlnkpu_{it}^2 + \beta_{kkk} Tlnkpr_{it}^2 \\ \epsilon Kpu_{it} = & \beta_p + \beta_{hp} Tlnkh_{it} + \beta_{kp} Tlnkpr_{it} + \beta_{pp} Tlnkpu_{it} + \beta_{khp} Tlnkpr_{it} Tlnkh_{it} + \beta_{nhp} Tlnkh_{it}^2 \\ & + 2\beta_{hpp} Tlnkh_{it} Tlnkpu_{it} + 2\beta_{kpp} Tlnkpr_{it} Tlnkpu_{it} + \beta_{kkp} Tlnkpr_{it}^2 + \beta_{ppp} Tlnkpu_{it}^2 \\ \epsilon Kh_{it} = & \beta_h + \beta_{kh} Tlnkpr_{it} + \beta_{hp} Tlnkh_{it} + \beta_{hh} Tlnkh_{it} + \beta_{khp} Tlnkpr_{it} Tlnkpu_{it} + 2\beta_{nhp} Tlnkh_{it} Tlnkpu_{it} \\ & + 2\beta_{khh} Tlnkpr_{it} Tlnkh_{it} + \beta_{hpp} Tlnkpu_{it}^2 + \beta_{kkh} Tlnkpr_{it}^2 + \beta_{hhh} Tlnkh_{it}^2 \end{aligned} \quad [11]$$

El hecho de que las elasticidades de la productividad dependan ahora de términos relacionados con el valor al cuadrado de las dotaciones de los factores, hace que, *ceteris paribus*, la elasticidad de la productividad respecto a un factor determinado no varíe de forma constante al variar las dotaciones de ese factor, sino que su cambio dependa del nivel de dotación alcanzado por el mismo. De este modo, puede darse el caso de que a partir de un nivel de dotación determinado, la variación de la elasticidad cambie su signo, indicando una modificación de los rendimientos mostrados hasta entonces. El análisis del signo permite mostrar si hay diferencias en el comportamiento de las elasticidades para diferentes niveles de dotaciones de factores y por tanto si hay rendimientos crecientes, decrecientes o constantes de cada factor para cada nivel de factores.. Es decir puede ilustrarnos sobre la posibilidad de que la existencia de umbrales, a partir del cual los factores productivos pueden generar externalidades positivas.

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, J., Alcaide, P. (2000, 2009) y de Alcaide, J., Alcaide, P. y Alcalde, P (2004), se ha elaborado una nueva serie enlazada del valor añadido bruto a precios básicos para los años 1985 a 2006, expresada en millones de euros constantes de 2000.

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 realizadas por Mas, Pérez y Uriel (2009) y publicadas por la Fundación BBVA, disponibles para los años 1964 a 2006, 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.

Los datos de capital público se han tomado por su valoración total considerando las funciones de gasto en *Otras construcciones* (infraestructuras varias, 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 y el IVIE. En el caso 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. que incluye inversiones de carácter privado.

3.3. Capital humano

Los indicadores sintéticos de capital humano más frecuentemente utilizados han sido el número de años medio de escolarización y el porcentaje de personas que tienen un cierto nivel educativo mínimo, que generalmente han sido calculados en España a partir de las series provinciales de población en edad de trabajar por niveles educativos, elaboradas por Mas et al. (2005) y ofrecidas por el IVIE hasta el año 2004.

Actualmente, el IVIE ofrece nuevas series de capital humano elaboradas por Serrano y Pastor (2008), que incluye información provincial hasta 2007. 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.

La primera serie mencionada muestra un indicador de capital humano medido por el número de años promedio de estudios completados. La segunda serie ofrecida por el IVIE introduce nuevos 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 ésta última, por su educación y experiencia acumulada. De las dos series de indicadores de capital humano ofrecidas por el IVIE actualmente, se ha optado por

medir el capital humano de acuerdo con este último procedimiento. No obstante, las algunas estimaciones de este trabajo han sido reestimadas utilizando también el primero de los indicadores mencionados⁴.

3.4. Empleo

Los datos sobre el empleo proceden de las series de ocupados procedentes de las series de capital humano de Serrano y Soler (2008) ofrecidas por el IVIE a nivel provincial desde 1964 hasta 2007, y expresadas en miles de personas.

4.- Resultados Y Discusión

Los resultados de la estimación de la función de producción translog [5] y de su versión ampliada con términos de tercer orden [10] se presentan en la Tabla 1. Las estimaciones se han realizado en presencia de heterocedasticidad, autocorrelación y correlación contemporánea, debido a que en todos los casos se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad de acuerdo con la prueba modificada de Wald⁵, a que en todos los casos se rechaza la hipótesis nula de ausencia de autocorrelación del test de Wooldridge (2002) y a que se rechaza la hipótesis de cross-sectional independence en el test para datos de panel propuesto por Pesaran (2004). Asimismo, en la Tabla 1 se presentan algunas estimaciones adicionales, con el fin de analizar adecuadamente los resultados.

Tabla 1. Estimations results

Coefficientes estimados	A	B	C	D	E	F	G
β_k	0.53*** (24.30)	0.53*** (23.87)	0.47*** (20.87)	0.49*** (25.57)	0.51*** (23.22)	0.44*** (6.54)	0.40*** (5.78)
β_h	0.15*** (12.38)	0.15*** (12.37)	0.16*** (10.17)	0.16*** (10.44)	0.13*** (10.14)	0.24*** (5.42)	0.27*** (5.37)
β_p	0.18*** (11.46)	0.18*** (11.34)	0.22*** (9.96)	0.20*** (14.06)	0.22*** (14.47)	0.12*** (4.14)	0.11*** (3.70)

⁴ En este trabajo se utiliza la serie de Años medios de estudio basados en la L.G. Educación de 1970.

⁵ See Greene (2000)

β_{kh}			0.10*** (4.11)	0.08*** (3.78)	0.08*** (4.29)	0.08*** (2.78)	0.10*** (2.94)
β_{kp}			0.05 (1.08)				
β_{hp}			-0.06 (-1.28)				
β_{kk}			-0.14*** (-3.33)	-0.13*** (-3.40)	-0.13*** (-3.62)	-0.14*** (-3.11)	-0.13** (-2.38)
β_{hh}			-0.02* (-1.45)	-0.04** (-2.76)	-0.04** (-3.22)	-0.05*** (-2.02)	-0.05** (-2.04)
β_{pp}			0.08 (0.16)				
β_{pjh}							0.06** (2.27)
β_{pph}							-0.05** (-2.04)
β_{kkk}							0.18*** (3.10)
β_{hhh}							-0.07** (-2.28)
ϵ_p	0.05*** (6.11)	0.06*** (5.74)	0.06*** (5.74)	0.04*** (2.94)	0.03** (2.10)	0.03** (1.96)	0.04** (2.18)
λ		0.004*** (1.44)	0.004*** (1.44)	0.005** (1.85)	0.002 (1.26)	0.002 (0.78)	0.002 (0.87)

Note: Standard errors are in parentheses. “***” denotes significance at 1%, “**” at 5% and “*” at 10%. Todas las estimaciones incluyen dummies temporales. En ningún caso se incluyen dummies individuales, ya que en todos los casos estas dummies resultaron ser no significativas.

4.1. Función Translog

En la columna (A) del Cuadro 1 se muestran los resultados de estimar [5] por mínimos cuadrados generalizados en presencia de heterocedasticidad, autocorrelación y correlación contemporánea, sin considerar ni los productos cruzados, ni los cuadrados, ni el término de catch up tecnológico. Aunque sí se incluyen dummies temporales. Los coeficientes estimados resultan ser todos significativos, siendo el del capital privado 0,53, el del capital humano 0,15 y el del capital público 0,18. El coeficiente estimado para la variable control también es significativo y su valor 0,05. En la columna (B) se muestran los resultados de estimar el modelo anterior, por el mismo procedimiento, incluyendo además el catch up tecnológico, que también resulta ser significativo. Los valores de los coeficientes estimados apenas varían. En la columna (C) se muestran los resultados de la estimación completa de [5], pero como puede observarse, no todos los coeficientes son significativos. Los términos de los productos cruzados entre capital

público y privado y entre capital humano y público, así como el cuadrado del capital público no lo son. En este sentido, no podemos afirmar que existen relaciones de complementariedad ni sustitutabilidad entre el capital público y otros factores productivos. No obstante, el parámetro del producto cruzado entre capital privado y capital humano, así como del cuadrado del capital privado y del humano sí resultan significativos, lo que implica que la estimación de una función Cobb-Douglas no es la más adecuada. En la Columna (D) se reestima de nuevo [5] eliminando los términos que no resultan significativos en la estimación anterior. Todos los coeficientes son significativos en esta ocasión. Merece la pena comentar que el parámetro β_{kh} es positivo, lo que indica la existencia de relaciones de complementariedad entre el capital humano y el privado, por lo que se encuentra evidencia a favor de la hipótesis de Griliches (1969). Asimismo, puede destacarse que los parámetros de los términos al cuadrado tienen signo negativo, reflejando rendimientos decrecientes. En la Columna (E) se estima la misma función que en (D) utilizando un indicador de capital humano alternativo. En este caso, se utiliza el número de años medios de escolarización. Los signos de todos los parámetros se mantienen, así como su significatividad. Sin embargo el coeficiente del capital humano es inferior al anterior y los del capital físico son algo superiores. Esta variación del valor de estos coeficientes está en consonancia con estudios anteriores. (Pablo-Romero and Gómez-Calero, 2008). En la Columna (F) se estima la misma función que en (D) utilizando técnicas de variables instrumentales, debido a que la estimación del modelo por mínimos cuadrados generalizados no es consistente en ausencia de exogeneidad de los regresores. Esto sugiere la necesidad de modelizar la variable no exógena como predeterminada para que la estimación sea insesgada. Para tratar este problema se ha procedido a la estimación de la función [5], mediante el método generalizado de momentos, considerando que el capital humano y

el capital público son variables endógenas⁶ y tomando como instrumentos las variables explicativas de capital humano y público en niveles retardada uno y dos periodos. Se obtienen estimaciones consistentes, dado los valores de los test realizados.⁷

En esta estimación, se observa que los signos de los parámetros estimados son equivalentes a los obtenidos en las estimaciones previas. No obstante, su valor ha variado en algunos casos de forma notable. Ahora, los coeficientes β_k , β_H y β_P , que reflejan el valor de las elasticidades del capital privado, humano y público respectivamente en el punto centrado de la muestra, toman los valores de 0,44, 0,24 y 0,12 respectivamente. Estos valores son coherentes con los valores estimados en estudios previos en los que las elasticidades son constantes a lo largo del tiempo y entre individuos de la muestra.

De la Fuente (2006) realiza un resumen del valor que toman los coeficientes de capital humano en diversas estimaciones que emplean distintas especificaciones y bases de datos de este factor y que han ido siendo realizadas en los últimos quince años por diversos investigadores para la muestra habitual de países de la OCDE y el periodo 1960-1990. La media obtenida por De la Fuente de los valores de estos coeficientes es de 0,348 por efectos fijos, algo superior al obtenidos en este trabajo. En este sentido Maumeas 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. Por su parte, Boscá et al. (2010) realizan una revisión de

⁶ De acuerdo con los resultados del test propuesto por Davidson y MacKinnon (1993) para contrastar la posible endogeneidad de los regresores originales, hay posibles problemas de endogeneidad en relación con el capital humano y el capital público, ya que el *t*-ratio de la ecuación auxiliar aumentada con el residuo de la primera etapa es de -1.77** para el capital humano y de 1.73** para el capital público.

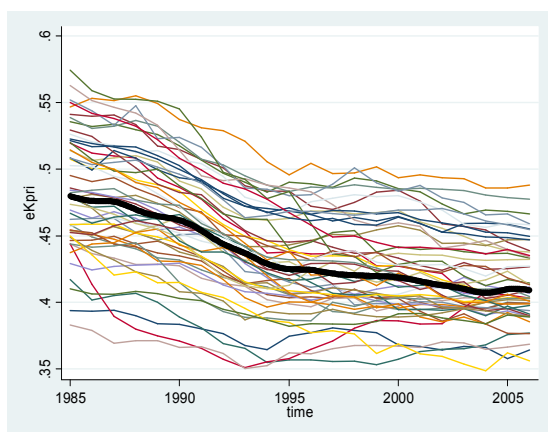
⁷ test de Underidentification test de Kleibergen-Paap rk (LM statistic= 153.626 P-val =0.000), de debilidad de identificación de Kleibergen-Paap (Wald F statistic = 65.628) y de Cragg-Donald (Wald F statistic = 62.165) with minor Stock-Yogo weak ID test critical values, and de sobreidentificación de los instrumentos de Hansen (3.59 -Chi-sq(2) P-val =0.266-). Asimismo, el test de endogeneidad de Durbin-Wu-Hausman endogeneity adopta un valor Chi-sq(2) igual a 15.613, con un *pvalue* asociado de 0.0004

la literatura económica de los últimos años que ha abordado la cuantificación de los efectos macroeconómicos de las infraestructuras públicas. Estos autores señalan que existe una gran disparidad de 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 10. De esta manera los coeficientes estimados por medio de este procedimiento están dentro de lo esperado.

A partir de los resultados de la columna F se han calculado las elasticidades para cada provincia y año, de acuerdo con las funciones [6]. Dado que en la estimación se han omitido los valores cruzados y el término de segundo orden relativo al capital público, la elasticidad de la productividad respecto a este factor es constante y por tanto igual a 0,12. Para los otros dos factores considerados, éstas varían a lo largo del tiempo y entre provincias.

En la Figura 1 se observa la elasticidad de la productividad respecto al capital privado para cada provincia española, representada por una línea de color diferente para cada una de ellas. Todas las elasticidades calculadas son positivas, con valores que pueden considerarse plausibles. Los 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. Los valores de estas elasticidades difieren entre las provincias para cada año considerado, en torno a un punto porcentual por arriba de la línea gruesa y otro punto por debajo de ésta. Por lo que la diferencia de la elasticidad entre una provincia y otra puede ser de hasta dos puntos porcentuales, para cada año considerado. Esta variabilidad de elasticidades entre provincias refleja la heterogeneidad que existe entre estos territorios y la dificultad de poder estimar elasticidades comunes para todas ellas. Por otro lado, la evolución

general de las elasticidades a lo largo del tiempo refleja una tendencia decreciente desde 0,47 a 0,41, aproximadamente. Esta tendencia parece quebrarse en torno a 1995, año a partir del cual estas elasticidades parecen disminuir en una menor proporción.



Figuerel.

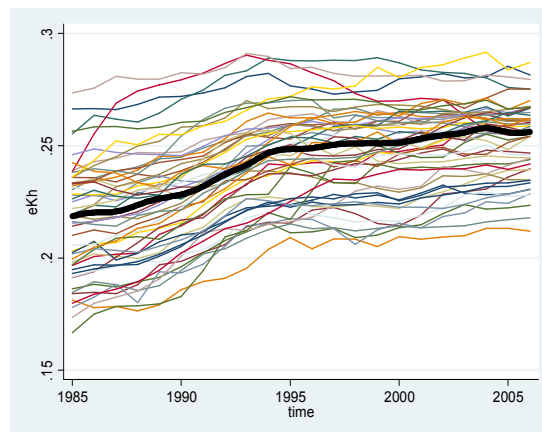


Figure 2

En la Figura 2 se muestra las elasticidades respecto al capital humano y se observa que también 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 países. Todas las elasticidades son positivas, con valores que pueden considerarse igualmente posibles. Las elasticidades provinciales se sitúan en un intervalo de un punto porcentual, que levemente parece ir disminuyendo a lo largo del tiempo. La evolución de su tendencia es ascendente. Parece indicar la importancia creciente de este factor en los actuales procesos productivos.

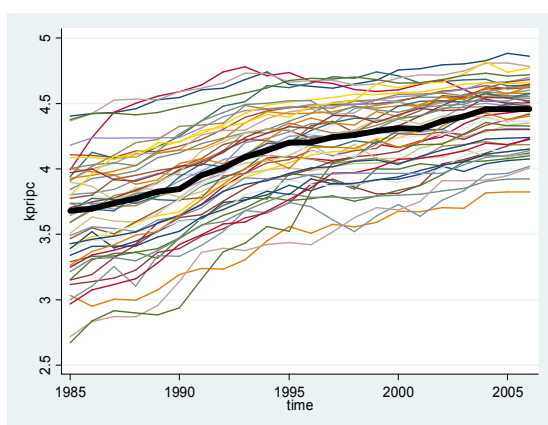


Figure 3

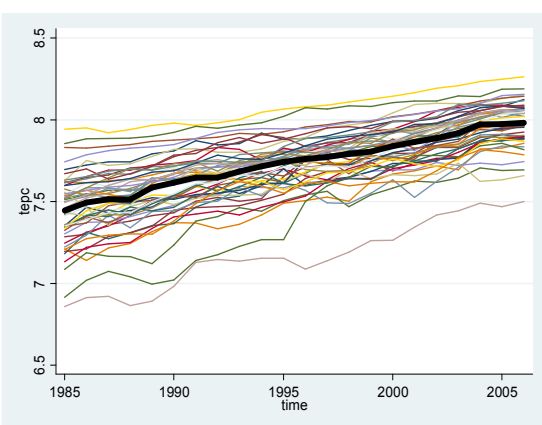


Figure 4

Con el fin de explicar la evolución de la elasticidad respecto al capital privado y humano por ocupado, conviene observar la evolución de sus dotaciones en las provincias españolas en el periodo considerado. En las figuras 3 y 4 se observa que las dotaciones de capital humano por ocupado crecen de forma casi constante, con la excepción de los dos últimos años en que parece estabilizarse. Mientras que las dotaciones de capital privado por ocupado crecen a un ritmo más acelerado hasta 1995, suavizándose su crecimiento desde entonces. Por otra parte, se aprecia una gran diferencia en las dotaciones de capital por provincias, que ligeramente se reducen al final del periodo considerado. Ambas evoluciones generan que la relación entre capital privado y humano experimente un crecimiento más pronunciado hasta 1995, y más suave desde entonces. La evolución de esta variable es la que determina la evolución de la elasticidad de capital privado y la elasticidad de capital humano. A lo largo de todo el periodo, la relación entre capital privado y humano crece, lo que hace descender la elasticidad respecto al capital privado y aumentar la elasticidad respecto al capital humano. Hasta 1995, esta relación crece de forma más pronunciada y desde entonces de forma más leve. Reflejando la evolución de las elasticidades. En dos últimos años de la muestra, esta relación parece estabilizarse, y también así las elasticidades.

La tendencia decreciente de la elasticidad respecto al capital privado, junto con la evolución creciente de sus dotaciones, sugieren que hay rendimientos decrecientes, que a su vez está en sintonía con las estimaciones realizadas anteriormente, donde se observa un signo negativo en el parámetro B_{KK} . Las dotaciones de capital humano no son por tanto suficientes para compensar los rendimientos decrecientes del capital privado, y por ello las elasticidades son decrecientes a lo largo del tiempo. No obstante, se aprecia que desde 1995 aproximadamente, la mejora del capital humano incide de forma notoria sobre la elasticidad del capital privado haciendo que en muchas

provincias esta deje de caer o se suavice su descenso. Incluso se aprecia que en algunas provincias el crecimiento del capital humano ha sido suficiente para invertir el proceso de descenso de esta elasticidad.

Por otra parte, la tendencia creciente de la elasticidad respecto al capital humano, en sintonía con la evolución creciente de sus dotaciones, sugieren que no hay rendimientos decrecientes del capital humano, si bien esto no es del todo cierto, de acuerdo con las estimaciones realizadas anteriormente, donde se observa un signo negativo en el parámetro B_{HH} . En realidad, los aumentos de dotaciones de capital humano generan rendimientos suavemente decrecientes, si bien, la capitalización simultánea de la economía contrarresta estos efectos decrecientes. Así como se pone de manifiesto en los estudios de Barro (1991), Sianesi and Van Reenen (2003) and Krueger and Lindahl (2001), los efectos del capital humano dependen de forma significativa de los incrementos de capital privado. De hecho, de acuerdo con los datos estimados, la elasticidad del capital humano para el conjunto de las provincias españolas crecerá siempre que la tasa de crecimiento del capital privado por ocupado sea superior a 0.63 veces la tasa de crecimiento del capital humano por ocupado.⁸ De este modo, a medida que la economía se vaya especializando en actividades económicas que exijan una gran presencia de personal cualificado por unidad de capital, el crecimiento de la elasticidad de la productividad respecto al capital humano tendrá a detenerse. Esto permite explicar, que la elasticidad del capital humano haya tendido a estabilizarse desde 1995. A medida que la economía española realiza inversiones con mayor nivel tecnológico que exigen un mayor esfuerzo formativo por unidad de capital.

⁸ Ya que $\varepsilon_{Kh_{it}} = \beta_H + \beta_{KH} \text{Tlnkpr}_{it} + \beta_{HH} \text{Tlnkh}_{it}$, de acuerdo con los valores de los parámetros estimados en la columna F, la $\varepsilon_{Kh_{it}} = 0.24 + 0.08 \text{Tlnkpr}_{it} - 0.05 \text{Tlnkh}_{it}$. Diferenciando la función, $d\varepsilon_{Kh_{it}} = 0.08 d\text{Tlnkpr}_{it} - 0.05 d\text{Tlnkh}_{it}$. La elasticidad permanecerá constante si $0.08 d\text{Tlnkpr}_{it} - 0.05 d\text{Tlnkh}_{it} = 0$. Por lo que $d\text{Tlnkpr}_{it} = 0.05/0.08 d\text{Tlnkh}_{it}$.

Estas conclusiones están en sintonía asimismo, con aquellos estudios que muestran que la elasticidad de la productividad respecto al capital humano varía en función del nivel de desarrollo alcanzado (Agiomirgianakis et al. 2002, 2006). Pues si este nivel de desarrollo está asociado al nivel de capitalización de la economía, cuando este es elevado la elasticidad respecto al capital humano es mayor. Si bien, conforme sigue aumentando ese nivel de desarrollo, la tendencia creciente de esa elasticidad tiende a amortiguarse. Quizás, porque como hemos afirmado anteriormente, sea necesario incrementar de forma notable la cualificación de la población trabajadora, que presiona hacia abajo la elasticidad respecto al capital humano por la presencia de rendimientos decrecientes.

Las relaciones de complementariedad que se observan entre estos dos factores, que hace que las elasticidades de capital privado y humano aumenten conforme aumenta las dotaciones de los factores complementarios, hace que cobre especial relevancia, como afirman Papageorgiou y Chmelarova (2005), la acumulación de inputs (tales como capital físico o humano) para potenciar el crecimiento.

4.2. Función translog ampliada

Con el fin de dotar de una mayor flexibilidad a la función de producción translog estimada anteriormente se ha estimado de nuevo esa función añadiéndole términos de tercer orden. En la columna G del cuadro 1 se muestra la estimación de [10] por el método de los momentos, en la que se han eliminado los términos no significativos. De nuevo, se estima utilizando variables instrumentales. Se considera que el capital humano y el capital público son variables endógenas y se toman como instrumentos las variables explicativas de capital humano y público en niveles retardada uno y dos periodos. La estimación que se obtiene es consistente, dado los valores de los test

realizados.⁹ En comparación con los valores estimados de la función [5] recogidos en la columna F, los valores de los coeficientes estimados son ahora algo inferior para el capital privado (β_k) y el capital público (β_p), y ligeramente superior para el capital humano (β_h) y para el producto cruzado entre capital privado y humano (β_{kh}). Mientras que son prácticamente iguales los coeficientes de los términos al cuadrado. De este modo se confirman de nuevo las relaciones de complementariedad entre el capital privado y el capital humano. Por otro lado, el hecho de que resulten significativos los coeficientes de tercer orden estimados implica que las elasticidades de la productividad respecto al capital privado y respecto al humano no van a cambiar de forma constante al variar su dotación. Asimismo, la elasticidad respecto al capital público no permanece ahora constante, sino que se ve modificada por las dotaciones de este factor y del capital humano.

La evolución de estas elasticidades para cada provincia, calculada, según [11], a partir de los valores de la columna G de la Tabla 1. Las elasticidades respecto al capital humano son bastante similares a las obtenidas anteriormente, por lo que en este aspecto la introducción del tercer término no parece que afecte significativamente a los resultados mostrados anteriormente.

En la Figura 5 se muestra la evolución de la elasticidad del capital público. Si bien ahora esta elasticidad no es constante y varía a lo largo del tiempo y entre provincias, lo cierto es que, a excepción de algunos pocos casos concretos, la elasticidad no varía de forma apreciable, siendo su valor cercano al del punto central de la muestra.

⁹ dado los valores de los test de Underidentification test de Kleibergen-Paap rk (LM statistic= 129.913 P-val =0.000), de debilidad de identificación de Kleibergen-Paap (Wald F statistic = 56.184 y de Cragg-Donald (Wald F statistic = 56.954) with minor Stock-Yogo weak ID test critical values, and de sobreidentificación de los instrumentos de Hansen (2.815 -Chi-sq(2) P-val =0.244). Asimismo, el test de endogeneidad de Durbin-Wu-Hausman endogeneity adopta un valor Chi-sq(2) igual a 14.966, con un *pvalue* asociado de 0.0006

Por último, en la Figura 6 se aprecia que las elasticidades de la productividad del capital privado desde 1995 tienden a mantenerse constantes en torno a un valor cercano a 0.4; o incluso con una ligera subida.

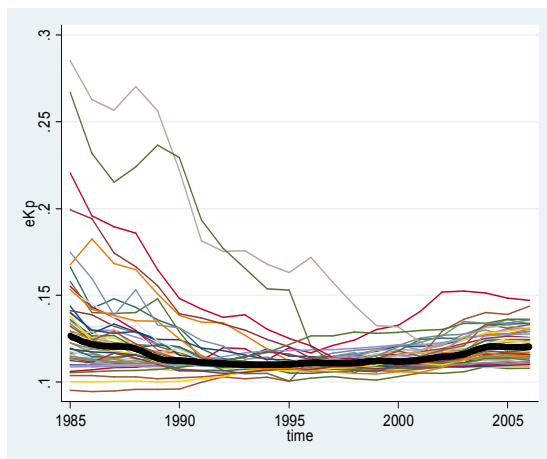


Figura 5

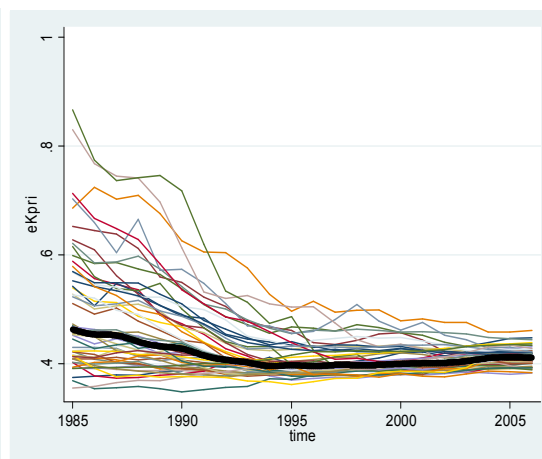


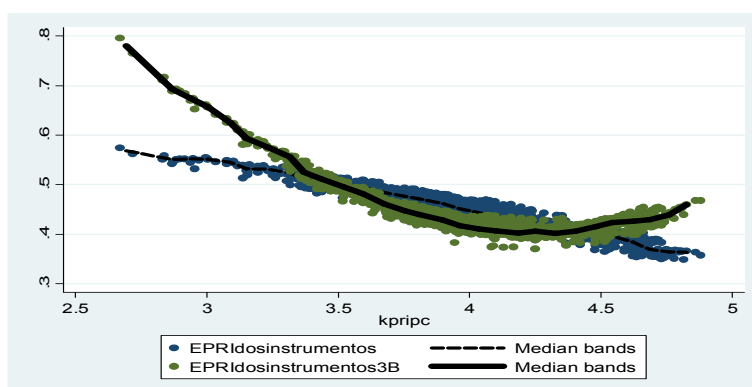
Figure 6.

La introducción del tercer término en la función de producción translog va a tener un especial significado cuando se analiza el valor de dichas elasticidades en relación a su propia dotación por ocupado. En relación a la elasticidad de capital privado, conviene resaltar el signo y el valor del coeficiente β_{kkk} , positivo e igual a 0.15. Dado que β_{kk} es negativo, este valor positivo implica que a partir de un nivel de capital privado por ocupado, la elasticidad deja de descender conforme aumenta la dotación y empieza a ascender. Lo que muestra que a partir de cierto nivel de capital privado por ocupado hay rendimientos crecientes. Este efecto no puede observarse si no se tiene en cuenta este tercer término de la función de producción.

En la Figura 7 se observa el valor de las elasticidades del capital privado en relación a la dotación de capital privado por ocupado, utilizando para ello las elasticidades derivadas de la función translog y de la función ampliada. Puede observarse, como el primer caso las elasticidades decrecen a medida que aumenta las dotaciones de capital per cápita, mientras en el segundo caso, se produce un punto de inflexión. Por lo que se

puede concluir que a partir de un nivel de concentración de capital privado se generan externalidades positivas, que contrarrestan las productividades marginales decrecientes del capital. En este sentido, la mayor desagregación territorial de la muestra permite observar en mejor modo estas concentraciones de capital en algunas provincias.

Este hecho sólo se produce cuando el nivel alcanzado de capitalización es elevado. Es por tanto, que no sólo los incrementos en las dotaciones de capital humano pueden compensar la productividad marginal decreciente del capital, sino que también la propia concentración de capital privado hace que esa productividad marginal decreciente desaparezca. En este sentido, 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 otras causas pueden afectar al crecimiento económico., por ejemplo las innovaciones tecnológicas. De este modo, 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, como afirman Martínez y Rodríguez (2009) las inversiones en nuevas tecnologías pueden ayudar a las regiones o provincias retrasadas a converger con los territorios más ricos.



En relación con la elasticidad del capital humano cabe resaltar, que dado que los coeficientes β_{HH} y β_{HHH} son ambos negativos, 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 si haciendo que se genere aun un mayor conocimiento que se puede aprovechar y favorecer el crecimiento de la productividad, tal como mantiene las nuevas teoría de la economía geográfica. Este resultado está en sintonía con las conclusiones de Sanroma y Ramos (2007), en el que tampoco se encuentra soporte empírico a este tipo de externalidad justificándolo 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.

Bibliografía

Acemoglu, D. (1998) "Why Do New Technologies Complement Skills? Directed Technical Change and Wage Inequality," *Quarterly Journal of Economics* 113(4) 1055–1090.

Acemoglu, D. (2003). "Patterns of Skill Premia," *Review of Economic Studies* 70(1):199–230.

Agiomirgianakis G & Asteriou D & Monastiriotis V, 2002. "Growth Effects of Human Capital and Stages of Economic Development: A Panel Data Investigation of Different Country Experiences," *The IUP Journal of Applied Economics*, IUP Publications, vol. 0(1), pages 31-47, November.

Agiomirgianakis, G. and Asteriou, D. and Monastiriotis, Vassilis (2006) *Growth effects of human capital and stages of economic development: a panel data investigation of different country experiences*. In: Mrudula, E. and Kashyap, V. R. P., (eds.) *Human capital management: concepts and experiences*. ICFAI University Press

Benhabib, J., 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, Jess & Spiegel, Mark M., 2005. "Human Capital and Technology Diffusion," in: Philippe Aghion & Steven Durlauf (ed.), *Handbook of Economic Growth*, edition 1, volume 1, chapter 13, pages 935-966 Elsevier
- Caselli, F. and Coleman J.W. II, (2006), "The World Technology Frontier," *American Economic Review* 96:3 499–522.
- Durlauf, S. N., Kourtellos, A. and Tan, C. M. (2008), Are Any Growth Theories Robust?. *The Economic Journal*, 118: 329–346
- Griliches, Z. (1969). "Capital–Skill Complementarity," *Review of Economics and Statistics* 51, 465–468
- Kalaitzidakis P, Mamuneas T, Savvides A, Stengos T. 2001. Measures of human capital and nonlinearities in economic growth. *Journal of Economic Growth* 6: 229–254.
- Mamuneas, T. P., Savvides, A. and Stengos, T. (2006), Economic development and the return to human capital: a smooth coefficient semiparametric approach. *Journal of Applied Econometrics*, 21: 111–132
- Wooldridge, J. M. 2002. *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. Cambridge, MA: MIT Press
- Davidson, R. y J. MacKinnon (1993). *Estimation and Inference in Econometrics*. Oxford University Press, Nueva York.
- Martínez, D. and Rodríguez, J. 2009. "New technologies and regional growth: the case of Andalucía," *The Annals of Regional Science*, 43(4): 963-987
- Nelson, R., Phelps, E., 1966. Investment in humans, technological diffusion, and economic growth. *American Economic Review: Papers and Proceedings* 51 (2), 69-75.
- Pesaran, M. H. 2004. General diagnostic tests for cross section dependence in panels. University of Cambridge, Faculty of Economics, Cambridge Working Papers in Economics No. 0435.
- Greene, W. 2000. *Econometric Analysis*. Upper Saddle River, NJ: Prentice--Hall.