

# COMPLEMENTARIEDAD ENTRE CAPITAL HUMANO Y FÍSICO: ANÁLISIS PARA LAS PROVINCIAS ESPAÑOLAS

**AUTOR 1: Pablo-Romero Gil-delgado, M<sup>a</sup> del Pópulo.**  
Dpto. Teoría Económica y Economía Política. Universidad de Sevilla  
Ramón y Cajal, 1, 41018. Sevilla  
Email: [mpablorom@us.es](mailto:mpablorom@us.es) Tfno. 954556463

**AUTOR 2: Gómez-Calero Valdés, M<sup>a</sup> de la Palma**  
Dpto. Teoría Económica y Economía Política. Universidad de Sevilla  
Ramón y Cajal, 1, 41018. Sevilla  
Email: [mdepalma@us.es](mailto:mdepalma@us.es) Tfno. 954556164

## RESUMEN:

La literatura empírica reciente muestra que el capital humano afecta positivamente al crecimiento económico. Sin embargo, el debate continúa sobre cual es la magnitud de dicho efecto en diferentes territorios, y cuales son las causas de sus divergencias. En este trabajo, se muestra, a través del uso de técnicas de datos de panel y dummies de carácter multiplicativo, que los niveles relativos de capital físico por unidad de capital humano afectan a la efectividad del capital humano sobre el crecimiento de la productividad. De modo que la productividad marginal del capital humano es mayor en aquellas zonas con mayor capitalización relativa, lo que tiende a reforzar la idea de que entre ambos tipos de capital existen relaciones de complementariedad.

**PALABRAS CLAVE:** *Capital Humano, Capital Físico, Complementariedad, Datos de Panel, Provincias Andaluzas*

**JEL:** O15-O18-O40-C23

## ABSTRACT:

Recent empirical literature shows that human capital positively affects economic growth. However, the debate continues about which is the magnitude of this effect in different territories, and what are the causes of their differences. This paper shows, through the use of panel data techniques and multiplicative *dummies*, that relative levels of physical capital per unit of human capital affect the effectiveness of human capital on productivity growth. So the marginal productivity of human capital is higher in those areas with higher relative capitalization, which tends to reinforce the idea that between both types of capital exist complementary relationships.

**KEYWORDS:** Human Capital, Physical Capital, Complementarity, Panel Data, Andalusia Provinces.

# **COMPLEMENTARIEDAD ENTRE CAPITAL HUMANO Y FISICO: ANÁLISIS PARA LAS PROVINCIAS ESPAÑOLAS**

## **1. INTRODUCCIÓN**

Los efectos del capital humano sobre la productividad han sido objeto de un extenso análisis desde que Lucas (1988), Romer (1990) y Mankiw et al. (1992) retomaran los trabajos de Shultz (1960) y Beker (1964). Tanto desde los modelos de crecimiento neoclásico ampliados con capital humano de Mankiw et al (1992) como los modelos de crecimiento endógenos desarrollados por Lucas (1988) se ha puesto de manifiesto que el capital humano ejerce un efecto positivo sobre el crecimiento económico. Esto ha despertado el interés de los políticos regionales que ven como inversiones en capital humano en sus regiones pueden favorecer el crecimiento regional y acercar sus economías a otras más desarrolladas.

No obstante, los efectos del capital humano difieren en función de los ámbitos territoriales considerados, lo que ha motivado que surjan explicaciones que tiendan a aclarar estas diferencias, considerando que el capital humano puede tener externalidades positivas sobre el crecimiento de la productividad. (Rauch, 1993; Almond, 1997; Adsera, 2000; Rudd, 2000; Acemoglu y Angrist, 2001).

Básicamente se han desarrollado dos teorías diferenciadas: aquellas que creen que el capital humano tiene externalidades positivas de carácter local y aquellas otras que consideran que los efectos del capital humano dependen de las relaciones de este factor con otros factores complementarios.

El desarrollo de la nueva economía geográfica, y en particular la economía de las ciudades considera que las urbes son lugares en donde el capital humano puede generar externalidades, bajo el supuesto 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. No obstante, este tipo de externalidades son difíciles de encontrar a través de la aplicación de los modelos de crecimiento económico, toda vez que se considera que el ámbito en dónde se generan es estrictamente local y con límites bien definidos. Así en un estudio reciente que analiza la presencia en las provincias españolas de este tipo de externalidad del capital humano no se encuentra soporte empírico, justificándolo en base a que la dimensión de las provincias enmascara la realidad de la ciudad. Sin embargo, y a pesar de ello si sugiere la existencia de otro tipo de externalidad asociada al segundo de los tipos mencionados más arriba. (Sanroma y Ramos, 2007)

La segunda explicación de las externalidades territoriales de capital humano está relacionada con los efectos que este factor tiene sobre factores complementarios, como lo son el capital físico o la tecnología. La hipótesis fundamental de esta explicación es que los mayores niveles de capital humano atraen de algún modo el capital tecnológico y físico haciendo que las regiones prosperen. Se estima que la mayor dotación de capital humano favorece la generación y absorción de tecnología (De la Fuente y Da Rocha, 1996) y si el progreso técnico esta ligado a la inversión en capital físico, entonces se genera una relación positiva entre capital humano y físico privado. De hecho, las mejoras de productividad son el resultado de la adopción de técnicas intensivas en capital tecnológico y físico que son complementarios al capital humano (Acemoglu, 1998). 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 puede ser entendida de modo que dotaciones elevadas de capital humano estimulan las inversiones en 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, se considera que los mayores niveles de 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.

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. Quizás, las dificultades de aplicación de funciones CES o traslog en las funciones tradicionales de crecimiento hayan motivado estas pocas aportaciones empíricas.

Este trabajo supone una primera aproximación al análisis de cómo las relaciones entre capital físico y humano afectan al grado de incidencia de cada factor sobre el crecimiento de la productividad en las provincias españolas, en el periodo comprendido entre 1985-2004. Para ello, tras establecer o agrupar las provincias en función de sus niveles de capital físico productivo en relación al capital humano, se realiza una estimación de la función de crecimiento de la productividad, diferenciando ésta en grupos establecidos a priori. Para realizar esta estimación se utilizan *dummies* de carácter multiplicativo, metodología que ya ha sido utilizada en trabajos previos con otros fines parecidos. Los resultados muestran una clara diferenciación de elasticidades según grupos que tienden a mostrar que el capital humano es más efectivo en aquellas zonas con niveles de capital privado por unidad de capital humano más elevado, lo que tiende a reforzar la idea de que entre ambos tipos de capital existe una relación de complementariedad.

## **2. FUENTES DE DATOS**

### ***2.1. 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 2004 de FUNCAS (2000, 2004, 2006) se ha elaborado una nueva serie enlazada del valor añadido bruto a precios básicos para los años 1985 a 2004, 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 de *VAB*

al coste de los factores como se ha realizado en otros estudios<sup>1</sup>. La nueva serie obtenida se ha expresado en precios constantes<sup>2</sup>.

Esta fuente de información presenta la ventaja de ofrecer datos anuales para las cincuenta provincias españolas y para la totalidad del periodo analizado.

## ***2.2. 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 (2007) y publicadas por la Fundación BBVA, disponibles para los años 1964 a 2004, 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.

Además reconocen que las dotaciones de capital bruto y neto ofrecidas en las anteriores estimaciones constituyen un indicador poco satisfactorio a la hora de valorar la contribución del stock de capital físico al crecimiento económico, considerando sin

---

<sup>1</sup> Vid Pérez et al. (2005)

<sup>2</sup> La nueva serie enlazada obtenida esta expresada en euros corrientes, por lo que ha sido deflactada. 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 1985-2003. 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 2004 con base 2000=100.

embargo, que son adecuados para medir la dotación de riqueza de que dispone una determinada región.

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 de 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.

### **2.3. Capital humano**

Los intentos de incluir el capital humano en la función de producción han determinado la necesidad de especificar mediante algún tipo de indicador esta variable. Los primeros estudios empíricos utilizaron indicadores basados exclusivamente en la educación obteniendo resultados generalmente positivos debido a que las estimaciones se realizaban con datos de corte transversal, lo que suavizaba los errores al promediarse sobre periodos largos<sup>3</sup>. Sin embargo, estudios posteriores que han utilizado especificaciones en diferencias o técnicas de panel, no detectaron esa correlación significativa entre educación y productividad<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> De la Fuente (2004).

<sup>4</sup> Un desarrollo más amplio de esta literatura puede encontrarse en la sección 3 del apéndice de De la Fuente y Ciccone (2002) y en De la Fuente (2004).

Algunos autores han atribuido esa escasa relevancia empírica de los resultados, al menos en parte, a la mala calidad de los datos que tradicionalmente se han venido utilizando para medir la educación como indicador del capital humano<sup>5</sup>.

Estas deficiencias han dado origen a estudios en los que se han tratado de corregir esos errores de medición. Entre éstos, De la Fuente y Doménech (2006), Cohen y Soto (2007) y Sosvilla-Rivero y Alonso (2005). No obstante, en estos trabajos la forma de medir el capital humano es similar a la utilizada en los trabajos iniciales, es decir, por su nivel educativo, ya que lo que realmente se modifica son las series primarias.

Para otros autores la escasa relevancia empírica de los resultados comentada anteriormente se debe, al menos en parte también, al propio concepto de capital humano utilizado, de modo que sus esfuerzos se han centrado en este aspecto, introduciendo nuevos elementos explicativos de éste, como la experiencia, y midiendo el nivel educativo de forma sustancialmente diferente. Entre estas últimas formas de medición destaca la presentada por Mulligan y Xala-i-Martin (1997 y 2000) para los estados de Estados Unidos, en la que el capital humano de una persona se mide en función del número de “*zero-skill worker*” que serían necesarios para conseguir su misma capacidad productiva, medida ésta última, por su educación y experiencia acumulada. De modo que el capital humano productivo de cada estado la obtienen sumando el capital del conjunto de sus individuos. Esta metodología ha sido posteriormente aplicada al caso de las provincias españolas por Serrano y Pastor (2002), quienes miden el capital humano en términos de “*trabajadores equivalentes*”. Más recientemente Serrano y Soler (2008)

---

<sup>5</sup> En De la Fuente y Doménech (2000, 2002 y 2006) se repasa brevemente la metodología utilizada en numerosos trabajos centrados en los países de la OCDE, donde se pone de manifiesto que buena parte de los problemas son consecuencia de las deficiencias de los datos primarios utilizados para elaborar las series educativas

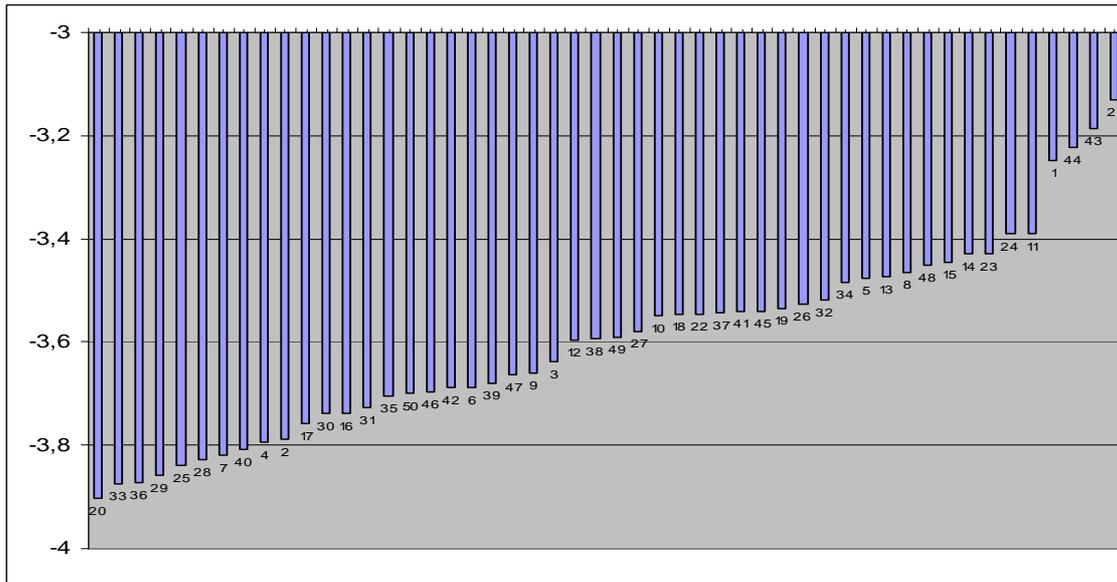
revisan y amplían las series de valor del capital humano de las provincias españolas al periodo comprendido desde 1977 a 2007.

Para este trabajo, se han utilizado los datos provinciales correspondientes al periodo analizado.

### **3. NIVELES DE CAPITAL PRODUCTIVO PRIVADO POR UNIDAD DE CAPITAL HUMANO**

Con el fin de poder analizar la relación de complementariedad que existe entre ambos tipos de capital, capital privado y capital humano, se ha hallado el valor medio temporal de la relación entre capital productivo privado y capital humano para cada provincia en el marco temporal de este estudio. Los resultados se recogen en el cuadro 1, en el que se observa una gran variabilidad de dichos niveles relativos por provincias. Lo que puede hacernos suponer, de acuerdo con las teorías mencionadas anteriormente, que la efectividad de capital humano por provincias no va a ser igual a lo largo de todo el territorio, sino que esta variará en función de estos niveles relativos.

Cuadro 1  
NIVELES MEDIOS DE CAPITAL PRODUCTIVO PRIVADO POR UNIDAD DE  
CAPITAL HUMANO



Fte: Elaboración propia

A partir de esta diversidad de resultados, se han agrupado las provincias en tres grupos que tienen unos niveles aproximados de esta relación. Los tres grupos resultantes de provincias relativamente homogéneas se recogen en la tabla 1 y están ordenados de menor a mayor relación capital privado capital humano. Es decir que los del primer grupo tienen una menor dotación relativa de capital privado y el último una gran capitalización relativa.

Tabla 1  
 AGRUPACIÓN DE PROVINCIAS SEGÚN SUS NIVELES DE CAPITAL FISICO  
 POR UNIDAD DE CAPITAL HUMANO

GRUPO 1			GRUPO 2				GRUPO 3		
20	Granada	16	Córdoba	12	Cádiz	32	Navarra	1	Álava
33	Orense	31	Murcia	38	Salamanca	34	Palencia	44	Teruel
36	Pontevedra	35	(Las) Palmas	49	Zamora	5	Asturias	43	Tarragona
29	Madrid	50	Zaragoza	27	Lleida	13	Cantabria	21	Guadalajara
25	Jaén	46	Valencia	10	Burgos	8	Baleares		
28	Lugo	42	Sta. Cruz de T.	18	Cuenca	48	Vizcaya		
7	Badajoz	6	Ávila	22	Guipúzcoa	15	Ciudad Real		
40	Sevilla	39	Segovia	37	Rioja	14	Castellón		
4	Almería	47	Valladolid	41	Soria	23	Huelva		

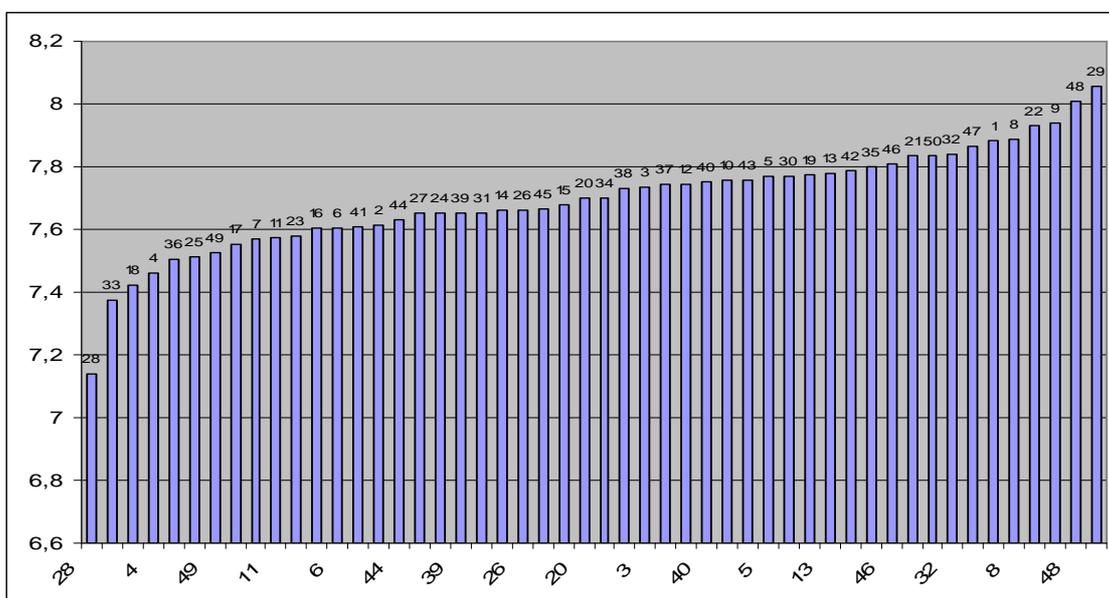
2	Albacete	9	Barcelona	45	Toledo	24	Huesca		
17	(A) Coruña	3	Alicante	19	Girona	11	Cáceres		
30	Málaga			26	León				

Fte: Elaboración propia

Con el fin de poder sacar conclusiones adecuadas en el estudio, es también conveniente conocer las dotaciones de capital humano en las provincias españolas, lo que recogemos en el cuadro 2.

Si se halla el valor medio de capital humano de cada uno de los grupos anteriores, se observa que el primer grupo tiene la menor dotación de capital y el último la mayor. Así, en la Tabla 2 se expresa el valor medio provincial de dotación en capital humano por ocupado en función de los grupos establecidos anteriormente.

Cuadro 2  
NIVELES MEDIOS DE CAPITAL HUMANO POR OCUPADO



Fte: Elaboración propia

Tabla 2  
NIVELES MEDIOS DE CAPITAL HUMANO POR OCUPADO Y GRUPO  
(EXPRESADOS EN LN)

1	2	3
7,66466934	7,71011623	7,77678204

Fte: Elaboración propia

#### **4. EFECTO DEL CAPITAL HUMANO SOBRE LA PRODUCTIVIDAD EN LAS PROVINCIAS ESPAÑOLAS**

A través de los estudios de los efectos del capital humano sobre el crecimiento comentados anteriormente, se observa que la incidencia de este factor está vinculada a las circunstancias propias de carácter productivo de cada zona geográfica, entre las que cabe destacar su nivel de desarrollo y la estructura relativa entre capital humano y capital físico, que como hemos mostrado anteriormente, es muy heterogénea entre las provincias españolas.

La práctica común, a la hora de estimar los efectos del capital humano sobre el crecimiento, en una muestra de datos de panel de varias provincias o regiones, ha consistido en estimar un modelo econométrico que permita captar esos efectos individuales que pueden influir en el crecimiento económico de un determinado ámbito territorial, pero con elasticidades del *VAB* respecto al capital humano comunes para todos los individuos e invariantes en el tiempo. Por tanto, la única causa de la divergencia entre las contribuciones al *VAB* del capital humano en los distintos ámbitos territoriales son las diferentes dotaciones de cada uno de ellos, sin permitir captar efectos diferenciales de este capital que puedan deberse a las relaciones de complementariedad con otros factores productivos, como el capital privado.

Estas coincidencias en los valores de las elasticidades han sido criticadas por algunos autores<sup>6</sup> que consideran que distintas causas, como las distintas estructuras productivas que generan distintas relaciones de complementariedad entre los factores o distintos estadios de desarrollo<sup>7</sup>, alteran o pueden alterar sus valores. Si estas relaciones existen y no se recoge la contribución de algún factor relacionado con el capital humano, se corre el riesgo de sobreestimar los efectos de éste sobre el crecimiento. Esto ha dado lugar a que en ocasiones resulte conveniente especificar estos procesos productivos que contribuyen al output final mediante alguna otra forma funcional más flexibles que la Cobb-Douglas<sup>8</sup> como la función de producción *ces* o *translog*<sup>9</sup>, que incluye como argumentos los productos cruzados de los diferentes factores productivos si bien, la aplicación de estas especificaciones en este trabajo no resulta conveniente pues como en otras ocasiones no existen grados de libertad suficientes, apareciendo además importantes problemas de multicolinealidad<sup>10</sup>.

Ante esta situación, en este trabajo se plantea utilizar *dummies* multiplicativas en la estimación de la función de producción Cobb-Douglas, que permiten por un lado disponer de una muestra elevada de individuos, facilitando la posibilidad de hallar coeficientes significativos, y por otro, estimar elasticidades diversas para cada factor

---

<sup>6</sup> Duffy y Papageorgiou (1999) critican el uso la función de producción Cobb-Douglas para explicar las diferencias entre los individuos controlable mediante las técnicas de datos de panel, puesto que supone que los coeficientes de la función de producción permanecen constantes tanto a lo largo del tiempo como entre los individuos. En este mismo sentido, Gollin (2002), considera que no es oportuno considerar que los coeficientes de los factores productivos son equivalentes entre regiones que tienen distintas productividades del trabajo. Por otra parte, Galor y Moav (2004), señalan que el capital humano sería la primera fuente de crecimiento a partir de un determinado nivel de desarrollo, coincidiendo con las conclusiones que Sosvilla y Alonso (2005) obtienen al explicar el crecimiento de la economía española de 1910 a 1995.

<sup>7</sup> Diversos autores han constatado relaciones de complementariedad entre el capital humano y el progreso técnico o algún otro factor, véase por ejemplo, Redding (1996), De la Fuente y Da Rocha (1996), Serrano (1997).

<sup>8</sup> Esta función, a pesar de su amplia utilización en la literatura sobre crecimiento económico, constituye una forma restrictiva de representar el proceso productivo ya que implica la existencia de elasticidades de sustitución entre los factores constantes e iguales a la unidad.

<sup>9</sup> Logarítmicamente transcendental.

<sup>10</sup> Vid Serrano (1997) y Rodríguez-Valez (2006).

productivo por grupos de provincias delimitados a priori, que en este caso han sido los cinco establecidos anteriormente.

Para realizar estas estimaciones, se parte de una función de producción Cobb-Douglas, en la que se establecen como factores independientes el stock de capital privado, el del público, el capital humano y una variable exógena constante que recoge la influencia de factores de escala tales como el progreso tecnológico, economías de aglomeración, situación geoeconómica...

En términos per cápita la función adopta la forma:

$$y_{it} = A k h_{it}^{\alpha} k_{pr_{it}}^{\beta} k_{pu_{it}}^{\chi}$$

Siendo,

$y$  = 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.

$i$  = cincuenta provincias españolas.

$t$  = años desde 1985 hasta 2004.

$\alpha$ ,  $\beta$  y  $\delta$  = elasticidad del valor añadido bruto respecto a cada uno de los regresores considerados.

Aplicando logaritmos e imponiéndole rendimientos constantes de escala de los factores productivos<sup>11</sup>, la función se transforma en la siguiente cuando se incorporan *dummies* temporales:

$$\ln y_{it} = \delta t_t + \ln A + \alpha \ln kh_{it} + \beta \ln kpr_{it} + \chi \ln kpu_{it} \quad [1]$$

---

<sup>11</sup> El valor del *test* que contrasta la hipótesis nula de rendimientos constantes a escala arroja un valor de  $\chi^2(1) = 0,06$ , por lo que no se rechaza la hipótesis por muy poco.

La estimación se ha realizado en primeras diferencias<sup>12</sup> por mínimos cuadrados generalizados, en presencia de heteroscedasticidad y autocorrelación, ya que la prueba modificada de Wald para heteroscedasticidad arroja un valor  $chi2(50) = 599,22$ , que confirma la presencia de este problema y el test de Wooldridge para autocorrelación en datos de panel es  $F(1, 49) = 9.338$ , que confirma la presencia de autocorrelación de primer orden<sup>13</sup>. Asimismo se ha contrastado la presencia de endogeneidad, para lo que se ha llevado a cabo el F-test Wu-Hausman de las variables del capital privado por grupos con un valor de  $F(3,872)=1.62405$  y el test chi2 Durbin-Wu- - Hausman  $Chi-sq(3) = 5.00066$ . Ambos test no permiten rechazar la hipótesis nula de que los regresores sean exógenos.

Los resultados de esta estimación, se recogen en la Tabla 3. El empleo de estas *dummies* multiplicativas permite disponer de todos los individuos de la muestra así como estimar elasticidades diferentes para cada factor productivo y grupo de individuos establecidos a priori. Los valores estimados resultan ser muy significativos de los diferentes efectos tanto del capital humano como del capital privado por los grupos establecidos, observándose que conforme aumenta la capitalización relativa, las elasticidades del capital humano crecen. Así, mientras la elasticidad del primer grupo es muy baja e igual a 0,074, esta va creciendo conforme se pasa de grupo, siendo la del tercer grupo igual a 0,228. Las elasticidades del capital privado, por su parte, tienden a mantenerse estable o ligeramente creciente en los dos primeros grupos, y decrece de forma notoria en el último, que representa el grupo de mayor capitalización relativa.

---

<sup>12</sup> 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).

<sup>13</sup> El valor que arroja la estimación por mínimos cuadrados generalizados para la autocorrelación es tan sólo de 0.1648, por lo que no hay diferencias significativas con los resultados que se obtienen de la estimación sin considerar esta leve autocorrelación. No obstante, se ha optado por estimar en presencia de este problema.

Tabla 3  
ESTIMACIÓN DE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN POR OCUPADO POR  
NIVELES DE CAPITALIZACIÓN RELATIVA

VARIABLES	Mínimos Cuadrados Generalizados PRIMERAS DIFERENCIAS <i>Dummies multiplicativas</i>		
	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
CAPITAL PRIVADO	0,606 (18,59)***	0,633 (19,74)***	0,5 (8,77)**
CAPITAL HUMANO	0,074 (2,51)***	0,142 (4,19)***	0,228 (2,86)***
CAPITAL PÚBLICO	0,281 (11,19)***		
Wald signific. conjunta	9059.17		
AR(1)	0,1648		
Nº observaciones	950		

Fte: Elaboración Propia

\*\*\* significativo al 1 por ciento, \*\* significativo al 5 por ciento

## 5. PRODUCTIVIDAD MARGINAL DEL CAPITAL HUMANO

A partir de las elasticidades estimadas en el epígrafe anterior, se hallan las productividades marginales del capital humano en 2004, que permiten comparar la productividad entre cada provincia española, siguiendo la metodología empleada por Bajo y Díaz (2005). La productividad marginal del capital humano de cada provincia (denotado PMKh) se calcula a partir de las elasticidades estimadas para cada grupo de la siguiente forma:

$$PMKh_i = \alpha_a Y_i / Kh_i$$

Siendo  $\alpha$  la elasticidad del VAB respecto al capital humano y el subíndice a denota el grupo al que pertenece la provincia, es decir grupo 1, 2 o 3, de modo que para cada

provincia se utiliza la elasticidad del grupo al que pertenece. En la tabla 5 se recoge el valor de esas productividades marginales.

Tabla 5  
PRODUCTIVIDAD MARGINAL DEL CAPITAL HUMANO  
POR PROVINCIAS Y GRUPOS

PROVINCIAS	PMKh 2004	PROVINCIAS	PMKh 2004	PROVINCIAS	PMKh 2004
Álava	0,0033	Girona	0,0021	Rioja	0,0021
Albacete	0,0007	Granada	0,0008	Salamanca	0,0018
Alicante	0,0008	Guadalajara	0,0025	Segovia	0,0008
Almería	0,0009	Guipúzcoa	0,0021	Sevilla	0,0008
Asturias	0,0020	Huelva	0,0021	Soria	0,0019
Ávila	0,0009	Huesca	0,0018	Sta.Cruz Tenerife	0,0009
Badajoz	0,0008	Jaén	0,0008	Tarragona	0,0033
Balears	0,0018	León	0,0022	Teruel	0,0033
Barcelona	0,0010	Lleida	0,0019	Toledo	0,0017
Burgos	0,0019	Lugo	0,0008	Valencia	0,0009
Cáceres	0,0017	Madrid	0,0011	Valladolid	0,0010
Cádiz	0,0018	Málaga	0,0009	Vizcaya	0,0025
Cantabria	0,0020	Murcia	0,0008	Zamora	0,0021
Castellón	0,0019	Navarra	0,0022	Zaragoza	0,0010
Ciudad Real	0,0019	Ourense	0,0008	<b>Grupo1</b>	<b>0,000874</b>
Córdoba	0,0008	Palencia	0,0020	<b>Grupo2</b>	<b>0,001983</b>
Coruña	0,0009	Palmas	0,0009	<b>Grupo3</b>	<b>0,003114</b>
Cuenca	0,0020	Pontevedra	0,0008		

Fte: Elaboración propia

En general puede observarse que las provincias pertenecientes al primer grupo son aquellas que tienen productividades marginales del capital humano inferiores, siendo la media del grupo igual a 0,000874 millones de euros por unidad extra de trabajador equivalente. Conviene recordar que ese grupo tiene la menor dotación media de capital humano por ocupado y también la menor capitalización relativa. En el otro extremo, las provincias del tercer grupo son las que tienen mayores productividades marginales, con un valor promedio de 0,003114 m€/te. Las provincias del segundo grupo tienen valores intermedios, siendo la PMKh promedia 0,001983.

Estos datos sugieren que la productividad marginal del capital humano depende del nivel de capitalización que la provincia posea, siendo mayor en aquellas que tengan una

mayor capitalización y escasa en aquellas cuya capitalización es baja. Estos resultados son coherentes con otros estudios que ponen de manifiesto que a mayor capitalización mayor efectividad del capital humano, pues la vía para poder recoger los efectos de este tipo de capital es a través del capital físico o de la tecnología asociada a ese capital. (Acemoglu, 1998, López-Bazo y Moreno, 2008). Esta circunstancia se observa además para provincias que en su conjunto tienen niveles medios de capital humano elevados, lo que en principio debería estar asociado a menores productividades de ese capital y por tanto menor efectividad sobre el crecimiento. Sin embargo la capitalización elevada invierte esta disminución de elasticidades, observándose por tanto esas externalidades asociadas al capital humano. Es decir, que el capital humano puede aprovecharse de forma más ventajosa si las dotaciones de capital privado son relativamente elevadas. Estas relaciones ponen de manifiesto las relaciones de complementariedad entre ambos tipos de capital.

## **6. CONCLUSIONES**

Este trabajo supone una primera aproximación al análisis de cómo las relaciones entre capital físico y humano afectan al grado de incidencia de cada factor sobre el crecimiento de la productividad en las provincias españolas, en el periodo comprendido entre 1985-2004 y cómo condicionan al valor de la productividad marginal del capital humano. Para ello, tras establecer o agrupar las provincias en función de sus niveles de capital físico productivo en relación al de capital humano, se realiza una estimación de la función de crecimiento de la productividad, diferenciando ésta en los grupos establecidos a priori. Para realizar esta estimación se utilizan *dummies* de carácter multiplicativo, mostrando una clara diferenciación de elasticidades según grupos. A

partir de esas elasticidades se hallan las productividades marginales del capital humano de cada provincia y grupo en 2004. Los resultados indican que el capital humano tiene mayor productividad marginal en aquellas regiones con niveles de capital privado por unidad de capital humano más elevado, lo que tiende a reforzar la idea de que entre ambos tipos de capital existen relaciones de complementariedad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acemoglu D. (1998) “Why do new technologies complement skills? Directed technical change and wage inequality”, *Quarterly Journal of Economics* 113, P.1055–1089.
- Acemoglu D. and Angrist J. (2001) “How large are human capital externalities? Evidence from Compulsory Schooling Laws”, NBER Macroeconomics Annual 2000, P.9–59.
- Adsera A. (2000) “Sectoral spillovers and the price of land. A cost análisis”, *Regional Science and Urban Economics* 30, P.565–585.
- Alcaide, J., 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, P. y Alcalde, P. (2004) *Balance económico regional (autonomías y provincias) años 1995 a 2003*, Fundación de las Cajas de Ahorros Confederadas (FUNCAS), Departamento de estadística Regional, Madrid.

- Alcaide, J., Alcaide, P. (2006) *Balance económico regional (autonomías y provincias) años 2000 a 2005*, Fundación de las Cajas de Ahorros (FUNCAS), Gabinete de Estadística Regional, Madrid.
- Almond D. (1997) *Human Capital as a Local Public Good: Evidence from the 1990 US Census*. Mimeo. University of California-Berkeley
- Bajo, O y Díaz, C. (2005) "Optimal Endowments of Public Investment: An Empirical Analysis for the Spanish Regions" *Regional Studies* 39 (3), P. 297-304
- Barro, R. (1991) "Economic growth in a cross-section of countries", *Quarterly Journal of Economics*, 106 (2), P.407-443.
- Becker, G. (1964) *Human capital*, University of Chicago Press, Chicago
- Cohen y Soto (2007) Growth and Human Capital: Good Data, Good Results, *Journal of Economic Growth*, 12(1), pp. 51-76.
- De la Fuente, A. (2004) "Capital humano y crecimiento. El impacto de los errores de medición y una estimación de la rentabilidad social de la educación", Documento de Trabajo D-2004-2 de la Dirección General de Presupuestos. Ministerio de Hacienda, P 1-37.
- De la Fuente, A. y Ciccone, A. (2002) Human capital and growth in a global and knowledge-based economy, Report for the European Comisión, DG for Employment and Social Affairs
- De la Fuente, A. y Doménech, R. (2000) Human capital in growth regressions: how much difference does data quality make?, OECD Economics Department W.P. 262, Paris.

- De la Fuente, A. y Doménech, R. (2002) Human capital in growth regressions: how much difference does data quality make? An update and further results, CEPR Discussion Paper 3587.
- De la Fuente, A. y Doménech, R. (2006) “Capital humano y crecimiento en las regiones españolas”, *Moneda y Crédito*, 222. P. 13-78.
- 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, P. 43-84.
- Duffi, J. y Papageorgiou, C. (1999) “A cross-country empirical investigation of the aggregate production function specification”. *Journal of Economic Growth*, 3(1), P.87-120.
- Galor, O. y Moav, O. (2004) “From Physical to Human Capital Accumulation: Inequality and the Process of Development”, *Review Economics Studies*, 71, P. 1001-1026.
- Gollin, D. (2002) “Getting Income Shares Right”, *Journal of Political Economy*, 110 (2), P. 458-474.
- Im, K.S, Pesaran, H.M. y Shin, Y. (2003) “Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels” *Journal of Econometrics*, 115, P.53-74
- Krueger A.B. and Lindahl M. (2001) “Education and growth: why and for whom?” *Journal of Economic Literature* 39, P. 1101-1136
- López-Bazo, E y Moreno, R. (2008) “Does human capital stimulate investment in physical capital?: Evidence from a cost system framework”. *Economic Modelling* 25 (6), P. 1295-1305

- Lucas, R. (1988) “On the mechanics of economic development”, *Journal of Monetary Economics*, 22, P. 3-42.
- Mankiw, G., Romer, D. y Weil, D. (1992) “A contribution to the empirics of economic growth”, *Quarterly Journal of Economics* CVII, P. 407-437.
- Mas, M., Pérez, F. y Uriel E. (Dirs.) (2007) *El stock y los servicios del capital en España y su distribución territorial (1964-2005)*, Fundación BBVA. Bilbao
- Mulligan, C.B. y Sala-i-Martin, X. (1997) A labor-income-based measure of the value of human capital, *Japan and the World Economy* 9, pp. 159-191.
- Mulligan, C.B. y Sala-i-Martin, X. (2000) Measuring aggregate human capital, *Journal of Economic Growth* 5, vol. III, pp. 215-252.
- Pérez, F. el al. (2005) *La medición del capital social. Una aproximación económica*. Fundación BBVA. Bilbao
- Rauch J. (1993) “Productivity gains from geographic concentration of human capital: evidence from the cities”, *Journal of Urban Economics* 34, P.380–400.
- Redding, S. (1996) “The low-skill, low-quality trap: strategic complementarities between human capital and R&D”, *the Economic Journal*, 106, P. 458-470.
- Rodríguez-Vález, J. (2006) "Productividad y rentabilidad de las infraestructuras regionales a partir de estimaciones por máxima entropía", *Investigaciones Regionales*, 8, P.123-139
- Romer, P. (1990) “Endogenous technological change”, *Journal of Political Economy*, 98 (5), P. 71-102.

- Rudd J. (2000) *Empirical Evidence on Human Capital Spillovers*. Mimeo, Federal Reserve Board.
- Sanromá, E. y Ramos, R. (2007) “Local human capital and productivity: An analysis for Spanish regions”. *Regional Studies*, 41 (3), P. 349-359.
- Serrano, L. (1997) “Productividad del trabajo y capital humano en la economía española”, *Moneda y Crédito*, 205, P.79-101.
- Serrano, L. y Pastor, J.M. (2002) *El valor económico del capital humano en España*, Bancaja, Valencia.
- Serrano, L. y Soler, A. (2008) *Metodología para la estimación de las series de capital humano. 1964-2007*, Fundación Bancaza, Valencia.
- Sianesi, B. and Van Reenen, J. (2003) The returns to education: acroeconomics, *Journal of Economic Surveys* 17. P. 157-200
- Sosvilla-Rivero, S. y Alonso Meseguer, J. (2005) “Estimación de una función de producción MRV para la economía española, 1910-1995”, *Investigaciones Económicas*, 29(3), P. 609-624.
- Schultz, T. (1960) “Capital formation by education”, *Journal of Political Economy*, 69, P. 571-583.