

Ana Karina Alfaro\*  
Víctor Jorge Elías\*\*  
José Javier Núñez Velázquez\*\*\*

# LA PRODUCTIVIDAD DE LOS TRABAJADORES POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS ESPAÑOLAS

## Un análisis por nivel educativo

En este trabajo se calculan las productividades de los trabajadores (clasificados en cualificados y no cualificados) de las comunidades autónomas españolas en 2007 y, a partir de ellas, se estudian las diferencias tecnológicas entre estas regiones y se calcula la frontera tecnológica de España. Asimismo, se analiza la relación entre las productividades obtenidas y las variables que se consideran que más las influyen. Nuestros resultados indican que si bien la tecnología es importante para crecer más, ésta debe adaptarse a la dotación de factores de cada región, lo cual estaría en concordancia con la teoría de la tecnología endógena.

**Palabras clave:** productividad del trabajo, diferencias tecnológicas, educación.

**Clasificación JEL:** O40, J24, I25.

### 1. Introducción

Entre las principales motivaciones del estudio de las causas del crecimiento económico está el aumentar el bienestar de la población, por lo que los resultados en este campo tienen un claro impacto social. Así, la pregunta: ¿qué es lo importante para el crecimiento de las regiones? es uno de los interrogantes de mayor relevancia en la literatura económica y muchos han sido los trabajos que han tratado de contestarla.

En la mayoría de los trabajos que intentan explicar las diferencias de ingresos entre países, la principal conclusión que se esgrime es que algunos países tienen un mayor nivel de eficiencia

técnica que otros (Caselli, 2005), es decir, que los países ricos tienen un mayor nivel de productividad total de los factores (PTF) que los pobres. Así, Caselli y Coleman (2006) proponen un modelo que trata de enriquecer esta línea de investigación, teniendo en cuenta el hecho de que los países pobres pueden utilizar algunos factores relativamente, y tal vez absolutamente, más eficientemente que los ricos. Estos autores proponen un modelo de elección tecnológica endógena, cuya idea principal es que las elecciones tecnológicas de las distintas regiones están orientadas por las dotaciones de factores de cada zona, es decir, las regiones con diferentes dotaciones de factores elegirán diferentes tecnologías.

Así, en este trabajo se busca analizar las diferencias tecnológicas en las comunidades autónomas españolas en el año 2007, calculando la frontera tecnológica para España a partir del ▷

\* Universidad de Alcalá.

\*\* Universidad Nacional de Tucumán-Argentina.

\*\*\* Universidad de Alcalá.

Versión de junio de 2014.

modelo propuesto por Caselli y Coleman (2006). La idea central del modelo propuesto por estos autores es que las elecciones tecnológicas de las regiones están basadas en sus dotaciones de factores y un supuesto básico en su trabajo es que los trabajadores cualificados y no cualificados son sustitutos imperfectos. Las regiones más ricas (con mayores niveles de ingreso) son más eficientes en el uso del trabajo cualificado que los territorios pobres, mientras que utilizan los trabajadores poco cualificados relativamente (y posiblemente también) menos eficientemente que las zonas con menos ingresos. Por ello, hablan de diferencias tecnológicas sesgadas hacia las habilidades (las zonas ricas, que poseen más trabajadores cualificados elegirán la tecnología que mejor se adapte a ellos; mientras que las zonas pobres, al poseer más cantidad de trabajadores poco cualificados, elegirán las maquinarias más apropiadas para ellos).

Asimismo, una idea que se desarrolla es la identificación de la componente tecnológica que diferencia a los trabajadores cualificados y no cualificados ( $A_s$  y  $A_u$ , respectivamente), ya que puede ser muy útil para interpretar sus productividades. Es decir, se buscan formas de identificar  $A_u$  y  $A_s$  desde el punto de vista de variables tecnológicas y se estudia la relación entre estas variables y cada una de las productividades calculadas. Además, se analiza la relación de la productividad de cada uno de los trabajadores con respecto a la educación tanto obligatoria como universitaria. Se podría decir que el desarrollo de estas ideas se enmarcan dentro de un enfoque schumpeteriano que completa el enfoque del análisis de fronteras. Del estudio de la relación entre estas variables, se podrían obtener consideraciones interesantes para el análisis de política económica.

Para el caso de España, las preguntas que se quieren responder con este artículo son: ¿Está la diferencia tecnológica sesgada hacia las habilidades? ¿Qué comunidad autónoma determina la frontera tecnológica española? ¿Es la región con

mayor PIB? ¿Qué relación existe entre la calidad de la educación y la productividad de los distintos tipos de trabajadores? ¿Cómo influyen las variables tecnológicas en las productividades de los trabajadores? Con el propósito de responder a estas preguntas y aportar nueva evidencia empírica en el campo del crecimiento económico regional, este trabajo se estructura como se detalla a continuación. En el siguiente apartado, se realiza una revisión bibliográfica, en la que se incluye una breve descripción del modelo de Caselli y Coleman (2006). La base de datos se describe, presenta y analiza en la sección tres. En la sección cuatro se realizan las estimaciones de las diferencias tecnológicas y los cálculos de la frontera tecnológica para España en 2007. En el apartado cinco se realiza un estudio de las productividades de los trabajadores (cualificados y no cualificados), en el que se analiza su relación con la calidad<sup>1</sup> de la educación, por una parte, y la influencia de algunas variables tecnológicas sobre ellas, por otra. Finalmente, las conclusiones se presentan en la sección seis.

## 2. El crecimiento económico, las diferencias regionales y la productividad de los trabajadores

El establecimiento de las causas que están detrás del crecimiento económico se configura como un objetivo de gran relevancia en la literatura económica y muchos han sido los trabajos que han tratado de afrontarlo (Mankiw, Romer, and Weil, 1992; Klenow y Rodríguez-Clare, 1997; entre otros). Alrededor de esta incógnita se han desarrollado dos enfoques claramente diferenciados. Por un lado, la llamada escuela neoclásica, considerada como la primera que trató de encontrar las causas subyacentes al crecimiento económico. Por otro, los modelos de crecimiento ▷

<sup>1</sup> Se utiliza el término calidad en el sentido de la metodología de las enseñanzas, no para referirse realmente al nivel máximo de estudios.

endógeno (Romer, 1990), que han surgido principalmente ante las críticas que se derivan del primero.

Los modelos neoclásicos, que tienen su origen en el trabajo de Solow (1957), enfatizan como motor del crecimiento la acumulación del capital más que el progreso tecnológico, ya que la innovación es tratada como un proceso exógeno o como lo que se logra con la inversión en maquinaria y equipo. En cambio, los modelos de crecimiento endógeno buscan relajar el supuesto de cambio tecnológico exógeno. Así, las nuevas teorías del crecimiento económico consideran que el progreso técnico debe ser entendido como un proceso endógeno producido por las decisiones conscientes de los agentes económicos. Aunque en la literatura se adoptan estos enfoques por separado, estas dos teorías son consideradas como complementarias por algunos autores (Barro, 1999).

Dentro de las teorías de crecimiento endógeno se encuentra el trabajo de Caselli y Coleman (2006). Estos autores proponen un modelo de elección tecnológica endógena, relacionado con la literatura sobre tecnología apropiada (Atkinson y Stiglitz, 1969; Acemoglu y Zilibotti, 2001). La idea principal que subyace en este tipo de modelos es que las elecciones tecnológicas de las distintas regiones están orientadas por las dotaciones de factores de cada zona, es decir, las regiones con diferentes dotaciones de factores elegirán diferentes tecnologías. Trabajos como Caselli y Wilson (2004) han encontrado evidencias de que las diferencias en las tecnologías intensivas en I+D entre distintos países están fuertemente influenciadas por la dotación de factores de cada región.

La literatura sobre diferencias regionales por comunidades autónomas en España se ha centrado principalmente en el análisis de convergencia (Raymond y García, 1999; Álvarez de Toledo *et al.*, 2000; Cuadrado, 2006). En el tema del crecimiento y los desequilibrios regionales en España, la convergencia es un amplio campo que ocupó, y sigue ocupando, una posición muy destacada (Cuadrado, 2006). Sin embargo, en la década de los

noventa comienzan a aparecer algunos estudios que relacionan la innovación tecnológica con el desarrollo regional (Castillo y Jimeno, 1998; Calvo, 2000). El motivo fundamental del desarrollo de esta rama radica en la idea de que una de las carencias básicas de las regiones más atrasadas es la insuficiencia tecnológica. El impulso a la innovación técnica para fomentar el crecimiento de las regiones industriales en declive y de las menos favorecidas se encuentra entre las premisas de esta rama de la literatura. Sin embargo, ¿cómo impulsar esta innovación? Es esta una cuestión que genera un intenso debate y que pretende tratarse en la presente investigación.

Así, en este trabajo se analizan las diferencias tecnológicas en las comunidades autónomas españolas en el año 2007, utilizando el modelo propuesto por Caselli y Coleman (2006). La idea central del modelo de estos autores es que las elecciones tecnológicas de las regiones están basadas en sus dotaciones de factores. Es decir, las regiones elegirán las tecnologías que mejor se complementen con su factor abundante. Así, las zonas ricas (con mayores niveles de ingreso), que poseen más trabajadores cualificados, elegirán la tecnología que mejor se adapte a ellos; mientras que los países pobres (con menores niveles de ingresos) poseen más cantidad de trabajadores poco cualificados, por lo que elegirán las maquinarias más apropiadas para ellos. Dado que se encuentra evidencia de que las regiones ricas son más eficientes en el uso del trabajo cualificado que los territorios pobres, y sin embargo utilizan menos eficientemente a los trabajadores poco cualificados que en las zonas con menos ingresos, estos autores hablan de diferencias tecnológicas sesgadas hacia las habilidades.

Igualmente, estos autores calculan la frontera tecnológica mundial y en este trabajo se calcula la frontera tecnológica para España en 2007. El caso de la frontera tecnológica en España ha sido investigado por Gombau (2012), quien realiza, por una parte, una comparación entre nueve países (entre los que se encuentra España) y, ▷

por otra, un estudio microeconómico con datos de empresas españolas. Así, la contribución de este trabajo es la realización del desarrollo de este tema a nivel macroeconómico por comunidades autónomas, lo que permitirá tener una idea más específica para el caso español, pero a nivel regional.

### 2.1. Breve descripción del modelo de Caselli y Coleman

Se considera una economía en la cual existen gran cantidad de empresas competitivas, cada una de las cuales genera su producto usando una función de producción como la siguiente:

$$y = k^a \left[ (A_u L_u)^\sigma + (A_s L_s)^\sigma \right]^{1-\alpha} \quad [1]$$

Donde  $y$  y  $k$  son el producto y el capital por trabajador. A su vez, las empresas contratan dos tipos de trabajo:  $L_s$  y  $L_u$  (cualificado y no cualificado), y capital a precios conocidos<sup>2</sup> ( $w_s$ ,  $w_u$  y  $r$ ). Se elige óptimamente, además de los insumos, la función de producción. Las funciones de producción posibles difieren en los parámetros  $A_s$  y  $A_u$  y el menú de elecciones tecnológicas posibles está dado por:

$$(A_s)^\omega + \gamma (A_u)^\omega \leq B \quad [2]$$

donde  $\omega$ ,  $\gamma$  y  $B$  son parámetros positivos y exógenos. De esta restricción, se deduce que cambiar la ecuación tecnológica [2] envuelve un *trade-off* entre la eficiencia del trabajo cualificado y la eficiencia del trabajo no cualificado. Este *trade-off* está determinado por los parámetros  $\omega$  y  $\gamma$ , mientras que  $B$  determina la altura de la frontera tecnológica. La forma funcional de [2] es así por conveniencia técnica, ya que es flexible y sirve a la idea central de que existen *trade-off* asociados a la elección tecnológica.

<sup>2</sup> Es decir, los salarios del trabajo cualificado, del trabajo no cualificado y el tipo de interés.

En síntesis, en cada país, la empresa representativa maximiza beneficios, a través de la función ( $y - w_s L_s - w_u L_u - r k$ ), con respecto a  $L_s$ ,  $L_u$ ,  $k$ ,  $A_s$  y  $A_u$ , sujeto a las restricciones [1] y [2], la última con igualdad, para que las productividades implicadas rindan a su mayor nivel. Se asume que las dotaciones de la economía de  $L_s$ ,  $L_u$ ,  $k$  se ofertan inelásticamente<sup>3</sup>. Así, las condiciones de primer orden de las empresas son:

$$\left( \frac{L_s}{L_u} \right)^{1-\sigma} = \left( \frac{A_s}{A_u} \right)^\sigma / \frac{w_s}{w_u} \quad [3]$$

$$\left( \frac{A_s}{A_u} \right)^{\omega-\sigma} = \gamma \left( \frac{L_s}{L_u} \right)^\sigma \quad [4]$$

Por lo que las incógnitas  $A_s$  y  $A_u$  para obtener los pares tecnológicos ( $A_u$ ,  $A_s$ ) pueden obtenerse a partir de [1] y [3]. Al combinar ambas ecuaciones se alcanza:

$$A_u = \frac{y^{1(1-\alpha)} k^{-\frac{\alpha}{1-\alpha}}}{L_u} \left( \frac{w_u L_u}{w_u L_u + w_s L_s} \right)^{\frac{1}{\sigma}} \quad [5]$$

$$A_s = \frac{y^{1(1-\alpha)} k^{-\frac{\alpha}{1-\alpha}}}{L_s} \left( \frac{w_s L_s}{w_u L_u + w_s L_s} \right)^{\frac{1}{\sigma}} \quad [6]$$

Así, dado que el marco del trabajo de Caselli y Coleman permite obtener las productividades de los trabajadores de acuerdo a su nivel educativo y las fronteras tecnológicas que estas productividades determinan, este será el primer cálculo de este trabajo. Para ello se utilizan los datos de las comunidades autónomas españolas para 2007.

Para calcular los valores de estas productividades se necesitan los datos de  $Y$ ,  $K$ ,  $L_s$ ,  $L_u$ , y  $w_s/w_u$ , así como también los valores de  $\alpha$  y  $\sigma$ . De acuerdo con lo utilizado en la mayoría de los trabajos, y para facilitar comparaciones con otras investigaciones, se supone que la proporción del capital en el PIB<sup>4</sup> es 1/3, es decir  $\alpha=1/3$ . En cuanto a  $\sigma$ , al  $\triangleright$

<sup>3</sup> Ninguno de los resultados que interesan cambiarían si se supone la libre circulación de capital dentro y fuera del país a algunos costos dados de capital mundial,  $r$ .

<sup>4</sup> Mankiw *et al* (1992), Caselli y Coleman (2006).

ser un parámetro relacionado con la elasticidad de sustitución entre trabajadores,  $[1/(1-\sigma)]$ , en el análisis inicial se hacen cálculos para distintos valores de dicha elasticidad, aunque como caso de referencia se utilizará en este trabajo que la elasticidad sustitución entre trabajadores es de 1,3 para el caso español<sup>5</sup>. En los apartados siguientes se muestran los datos utilizados y los resultados obtenidos y, aunque los resultados presentados en esta investigación se basarán en una función CES (elasticidad de sustitución constante) agregada de dos tipos de trabajo, los resultados no son consecuencia de la forma funcional utilizada<sup>6</sup>.

### 3. Datos utilizados

En este apartado se presentan tanto la base de datos utilizada para la obtención de las variables estudiadas como una breve descripción de las mismas.

#### 3.1. Base de datos

Los datos del PIB y los relativos a los trabajadores por comunidad autónoma se obtienen de la contabilidad regional del INE. El *stock* de capital se ha obtenido de las estimaciones realizadas por la Fundación BBVA y el IVIE<sup>7</sup>. La metodología utilizada para las estimaciones distingue entre tres tipos de capitales: el bruto, el neto (o capital-riqueza) y el productivo. Este último es más apropiado para los estudios de productividad, mientras que los dos primeros, especialmente el segundo, son magnitudes más adecuadas para medir la riqueza de la que disponen las economías<sup>8</sup>. Así, en este trabajo se utiliza el *stock* de capital productivo para valorar la contribución del capital al crecimiento de la producción.

Tanto las proporciones de la fuerza laboral por nivel educativo ( $L_u$  y  $L_s$ ) como los salarios de los

trabajadores ( $w_s$  y  $w_u$ ), se obtienen de la Encuesta de Condiciones de Vida (ECV, EU-SILC) del año 2007. El pleno empleo es uno de los supuestos del modelo que se aplica en este capítulo y, en 2007, España alcanzó la tasa de desempleo más baja en la época de la democracia. La muestra que se utiliza para calcular los salarios y las proporciones de la fuerza laboral es la integrada por los empleados asalariados de entre 16 y 64 años que declaran sus salarios, las horas que trabajan y su mayor nivel de estudios alcanzados. Así, se calcula el salario por hora antes de impuestos, al dividir el salario bruto mensual por las horas trabajadas al mes, que a su vez se calcula al multiplicar por 4 las horas trabajadas a la semana.

Puesto que no existe una manera unánime de establecer a priori qué tipo de educación se debe considerar cualificada y cual no, se considerarán, en un principio, dos tipos de umbrales para la diferenciación de los trabajadores por nivel educativo. Así, el primer umbral considera que un trabajador es cualificado si tiene completos, al menos, los estudios secundarios de segunda etapa. El segundo umbral considera cualificados a los trabajadores cuyo nivel de estudios es superior al secundario de segunda etapa (formaciones profesionales que precisan de título de secundaria de segunda etapa, diplomados, licenciados o estudios superiores). El caso de referencia en este trabajo vendrá dado por el que los trabajadores cualificados sean aquellos que tienen completos los estudios secundarios. La elección de dicho umbral tiene su fundamentación en el hecho de que son las nuevas cohortes que se han incorporado al mercado de trabajo y han aumentado el nivel educativo de la fuerza laboral española<sup>9</sup>.

#### 3.2. Evolución de algunas variables de interés

Con el objetivo de mostrar someramente la realidad española del año 2007, se presenta en este apartado una breve descripción de algunas ▷

<sup>5</sup> Cálculo obtenido de Hidalgo (2010).

<sup>6</sup> Para más información véase Caselli y Coleman (2006).

<sup>7</sup> Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas (IVIE).

<sup>8</sup> Mas *et al.* (2008).

<sup>9</sup> Jimeno *et al.* (2001).

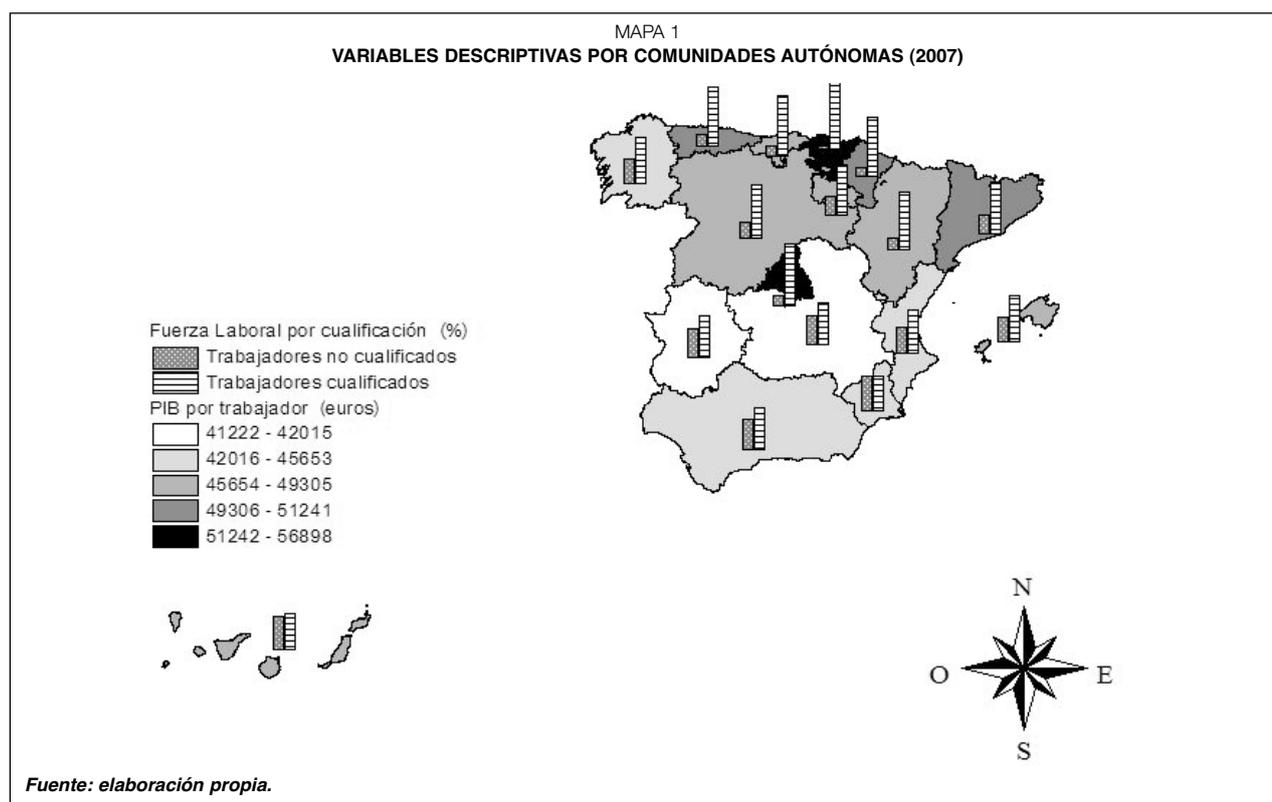


TABLA 1  
MATRIZ DE CORRELACIONES ENTRE LAS VARIABLES ESTUDIADAS

	$Ln(y)$	$Ln(k)$	$Ln(Ls)$	$Ln(Lu)$	$Ln(Ws/Wu)$
$Ln(y)$ .....	1,000				
$Ln(k)$ .....	0,178	1,000			
$Ln(Ls)$ .....	0,810	0,474	1,000		
$Ln(Lu)$ .....	-0,836	-0,473	-0,999	1,000	
$Ln(Ws/Wu)$ .....	-0,380	0,012	0,253	-0,246	1,000

*Fuente: elaboración propia.*

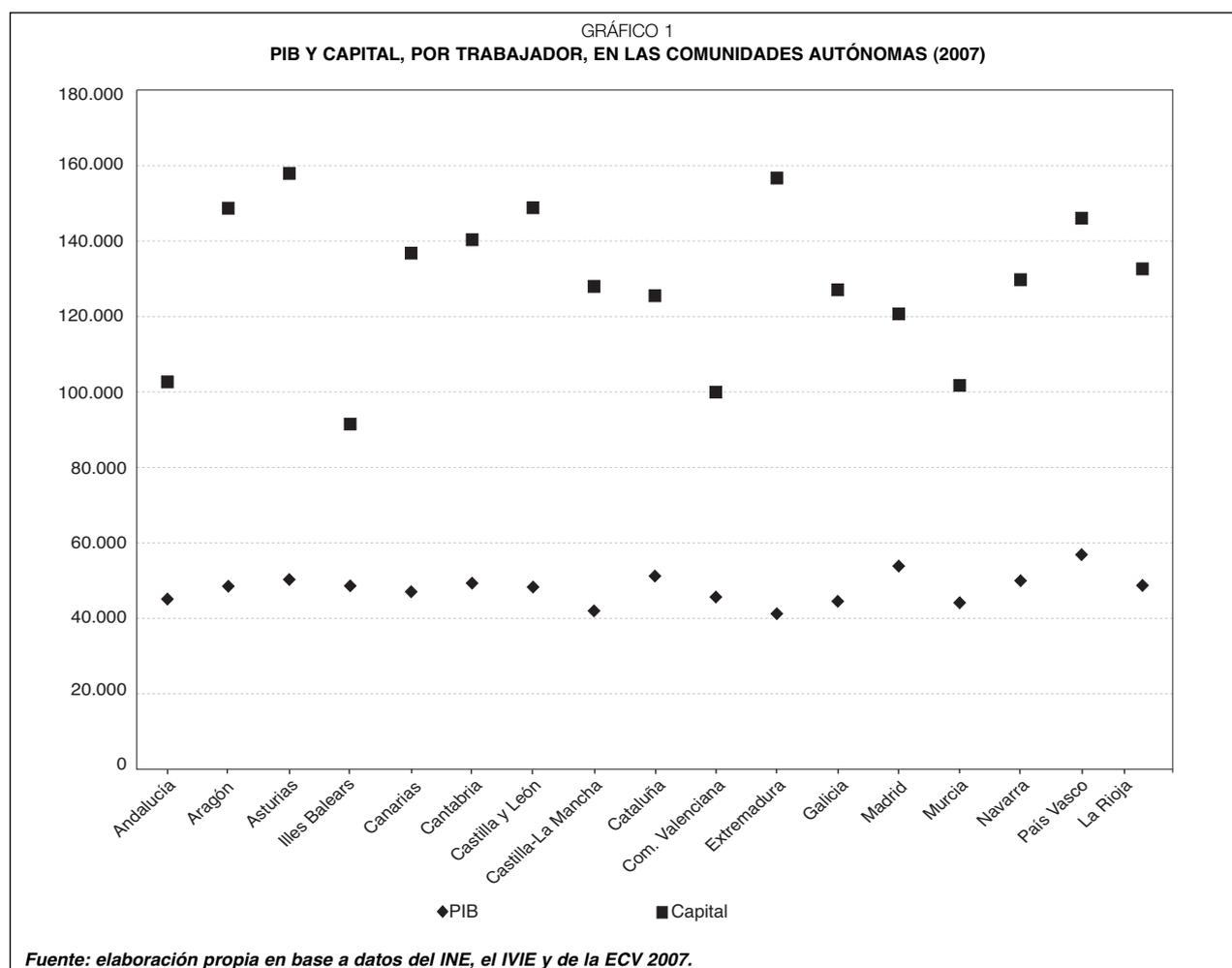
variables relevantes para contextualizar este trabajo.

En el Mapa 1 se colorean gradualmente (de gris a negro) las regiones por sus niveles de producto, observando cómo las regiones con mayor PIB por trabajador (País Vasco y Madrid) son regiones con elevado porcentaje de trabajadores cualificados (representados por las columnas de puntos y rayas). Asimismo, las regiones con menores niveles de PIB (Murcia, Canarias, Andalucía o Castilla-La Mancha) son las que presentan mayores porcentajes de trabajadores no cualificados (columnas rellenas de puntos).

En la Tabla 1 se muestran los coeficientes de correlación entre las principales variables de interés. El PIB por trabajador está positivamente relacionado con el capital, pero en mayor intensidad

con la oferta de trabajo cualificado, mientras que la relación entre el PIB con el trabajo cualificado y con la prima por habilidades es la inversa<sup>10</sup> (y mucho más negativa con la oferta de trabajo no cualificado). La relación positiva del capital con la oferta de trabajo cualificado y la negativa con la oferta de trabajo no cualificado podría estar alertando de una complementariedad entre el capital y las habilidades. Como era de esperar, se advierte una correlación negativa entre la prima por habilidades y la oferta de trabajo no cualificado. Sin embargo, la relación entre la prima por habilidades y la oferta de trabajo cualificado es positiva. ▷

<sup>10</sup> Esta relación negativa entre la producción y la prima por habilidades también es encontrada por Bils y Klenow (2000) y Caselli y Coleman (2006).



En el Gráfico 1 se puede establecer una comparación transversal al presentarse el PIB y el capital, por trabajador, en 2007, en las comunidades autónomas. Se aprecia claramente cómo el producto por trabajador tiene poca variación entre comunidades autónomas, ya que se sitúa en una franja de 15.000 euros, mientras que estas regiones presentan grandes diferencias en el capital por trabajador, ya que el rango de variación supera los 66.000 euros. También se observa que las regiones con más capital no son necesariamente las que mayor producto por trabajador muestran, como es el caso de Extremadura o Castilla-La Mancha. Madrid y Cataluña están entre las que más producto por trabajador generan y las que menos capital poseen. Así pues, cabría interpretar que las regiones más ricas son las más productivas. Nuevamente, se observa la escasa relación entre el PIB y el capital que mostraba el coeficiente de correlación presentado en la Tabla 1.

#### 4. Diferencias tecnológicas entre las comunidades autónomas españolas. Resultados obtenidos

En este apartado, se estudian las diferencias tecnológicas por comunidades autónomas en el año 2007 para poder determinar cuál de ellas determina la frontera tecnológica de España.

##### 4.1. Las diferencias tecnológicas regionales en 2007

Una vez calculadas las productividades de los trabajadores a nivel regional a partir de las ecuaciones [5] y [6], para cada proporción de fuerza laboral y para los distintos valores de elasticidad sustitución, se llevan a cabo las regresiones lineales ▷

TABLA 2  
COEFICIENTES DE LAS REGRESIONES DE  $A_u$  Y  $A_s$  EN EL PIB POR TRABAJADOR (2007)

1/(1- $\sigma$ )	Skilled=secundaria o más estudios						Skilled=más estudios que secundaria					
	$A_u$		$A_s$		$Dif$		$A_u$		$A_s$		$Dif$	
1,1	-19,16	***	9,27	***	28,43	***	-9,97	**	11,90	***	21,870	***
1,2	-8,90	***	5,11	***	14,01	***	-4,35	**	6,38	***	10,730	***
1,3	-5,48	***	3,72	***	9,20	***	-2,48	*	4,54	***	7,019	***
1,4	-3,77	**	3,03	***	6,80	***	-1,54		3,62	***	5,163	**
1,5	-2,74	**	2,61	***	5,35	***	-0,98		3,07	***	4,049	**

\*, \*\* y \*\*\* significativas al 10, 5 y 1 por 100 respectivamente  
Fuente: elaboración propia en base a datos de la ECV 2007.

simples de  $\ln(A_s)$ ,  $\ln(A_u)$ , así también como de la diferencia,  $\ln(A_s/A_u)$ , todos con respecto a  $\ln(Y)$ . Los coeficientes de estas regresiones, así como su significación, se muestran en la Tabla 2.

Al regresar las productividades de los trabajadores en el PIB se pretende estudiar las diferencias tecnológicas entre las distintas comunidades autónomas en España, es decir cómo el aumento en el PIB afecta a la productividad de los distintos trabajadores. Se dice que las diferencias tecnológicas entre regiones son sesgadas hacia el trabajo cualificado (trabajo no cualificado) si  $A_s$  ( $A_u$ ) tiende a ser mayor en las regiones ricas, es decir, si las regiones con mayor producción utilizan más eficientemente el trabajo cualificado (trabajo no cualificado) que las regiones con menores ingresos, y también se habla, en estos casos, de que las diferencias tecnológicas favorecen el trabajo cualificado (no cualificado).

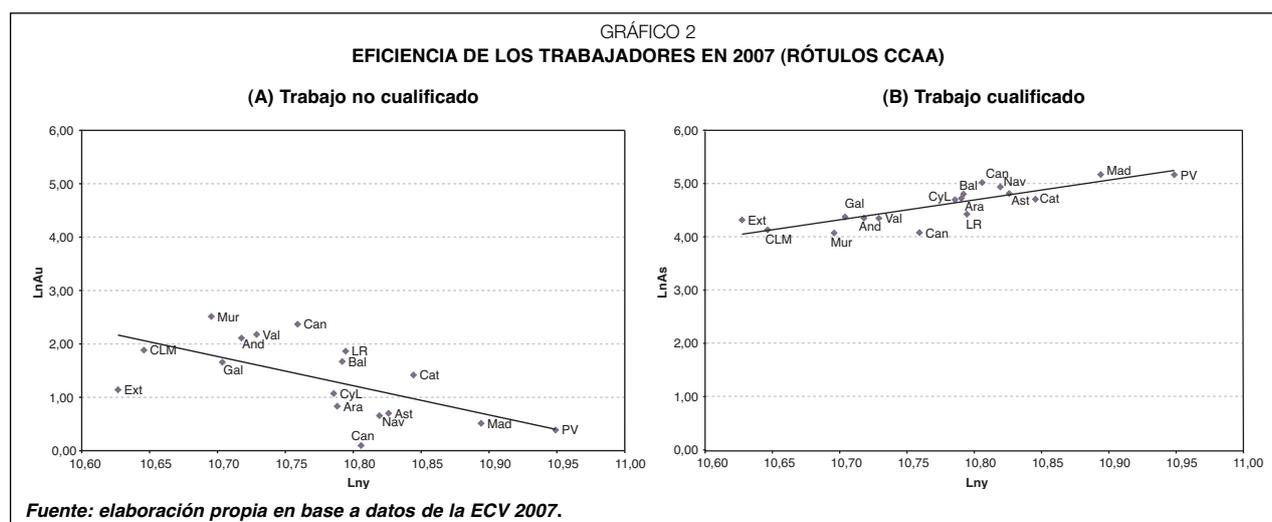
De acuerdo con la Tabla 2, en los diez casos presentados (para los dos umbrales de educación se consideran cinco elasticidades sustitución entre trabajadores), un aumento de un 1 por 100 de  $y$  (PIB por trabajador) es acompañado tanto por aumentos en  $A_s$  como por disminuciones en  $A_u$ , por lo que estaríamos hablando de un sesgo absoluto en las diferencias tecnológicas entre regiones españolas, es decir, las regiones más ricas presentan no sólo mayores productividades en el trabajo cualificado, sino también menores productividades en el trabajo no cualificado. Todos los coeficientes de  $A_s$  son significativamente distintos de cero, no siendo este el caso de los coeficientes de  $A_u$ , ya que, para el caso de los trabajadores cualificados con educación superior, este

coeficiente no es significativo cuando la elasticidad sustitución es igual a 1,4 o a 1,5. Así pues, los coeficientes del caso de referencia de este trabajo (un trabajador es cualificado si tiene como mínimo completa la educación secundaria de segunda etapa y la elasticidad sustitución entre los trabajadores es de 1,3) son significativos. En la columna de las diferencias también se observa que, en todos los casos, los coeficientes son estadísticamente significativos.

Las eficiencias de los dos tipos de trabajadores para el caso de referencia por comunidades autónomas se presentan en el Gráfico 2 (en la página siguiente). En estos, se puede comprobar la pendiente negativa entre  $A_u$  e  $y$ , y la positiva entre  $A_s$  e  $y$ . En general, se aprecia que comunidades con mayor PIB presentan mayores productividades para el trabajo cualificado, siendo la relación inversa en relación con la productividad del trabajo no cualificado. Es decir, se observa, como es de esperar, que zonas como Madrid o País Vasco son las más eficientes en el uso del trabajo cualificado. Asimismo, regiones como Murcia, Canarias, la Comunitat Valenciana o Andalucía, son más eficientes en el uso de trabajo no cualificado. Es de destacar que estas son zonas turísticas.

#### 4.2. La frontera tecnológica española y la elección tecnológica apropiada de cada comunidad autónoma en 2007

El modelo propuesto por Caselli y Coleman se puede utilizar para extraer una interesante implicación cuantitativa de la importancia de que cada  $\triangleright$



región utilice una tecnología apropiada de acuerdo a las características de sus factores productivos (capital, trabajo cualificado y trabajo no cualificado). Para ello, será necesario obtener las fronteras de producción de las unidades que se pretende comparar.

Para poder calcular la frontera de producción, primero se debe relajar la suposición de que todas las regiones se enfrentan al mismo parámetro de *trade-off* ( $\gamma$ ), y permitir que, en cada zona, y sea una variable aleatoria que no esté relacionada con sus dotaciones. Con esta suposición, si se aplican logaritmos a la segunda condición de primer orden ecuación [3], se obtiene, para cada región  $i$ :

$$\ln\left(\frac{A_s^{(i)}}{A_u^{(i)}}\right) = \frac{\sigma}{\omega - \sigma} \ln\left(\frac{L_s^{(i)}}{L_u^{(i)}}\right) + \frac{1}{\omega - \sigma} \ln\gamma^{(i)} \quad [7]$$

A partir de [7], puede obtenerse una estimación de  $[\sigma/(\omega-\sigma)]$ , regresando:

$$\ln\left(\frac{A_s^{(i)}}{A_u^{(i)}}\right) = b^{(i)} \ln\left(\frac{L_s^{(i)}}{L_u^{(i)}}\right) + u^{(i)} \quad [8]$$

De esa estimación y del valor calibrado de  $\sigma$ , se puede obtener  $\omega$ . A su vez, el coeficiente de *trade-off* de cada región  $\gamma^{(i)}$  se puede deducir a partir del residuo. Así, con los valores de  $\gamma^{(i)}$  y  $\omega$  se puede calcular la frontera tecnológica de cada región  $B^{(i)}$ , a partir de la ecuación [2]. Para realizar

estos cálculos, se utiliza el caso de referencia en cuanto a la selección del umbral de cualificación de los trabajadores y de la elasticidad de sustitución (Gráfico 3, en la página siguiente).

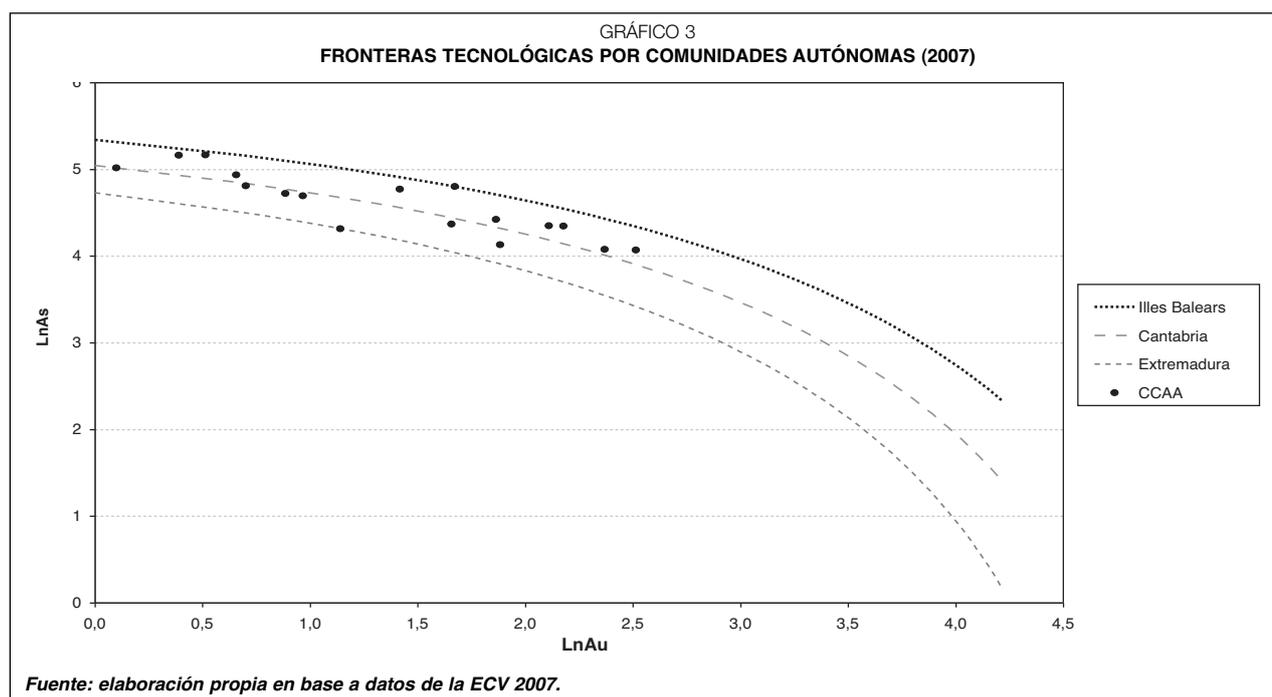
La estimación que se obtiene<sup>11</sup> es  $\omega=0,3067$ . Los distintos pares tecnológicos ( $A_s$ ,  $A_u$ ) de las diferentes comunidades autónomas se muestran en el Gráfico 3, junto a las fronteras tecnológicas de las Illes Balears (la más alta de España), de Cantabria (intermedia) y Extremadura (la más baja).

Calculadas todas las fronteras tecnológicas de las regiones españolas, se considera que la frontera tecnológica española es la que se encuentra en el exterior. En este caso, corresponde a la de las Illes Balears y, como era de esperar, las regiones más ricas son las que están más arriba y las más pobres, las que están más abajo. No es de extrañar que la Comunidad Autónoma de las Illes Balears posea la frontera tecnológica más elevada, teniendo en cuenta que, si bien posee una menor productividad del trabajo cualificado que Madrid o el País Vasco, es más eficiente que estas regiones en relación con sus trabajadores no cualificados.

## 5. Análisis de las productividades de los trabajadores según su cualificación

Las productividades de los trabajadores,  $A_s$  y  $A_u$ , son «elementos que no se ven», pero son los  $\triangleright$

<sup>11</sup> Estos resultados se obtienen de una regresión con un coeficiente de 3,04 y un  $R^2$  de 0,8657.



responsables de que las horas de trabajo de la mano de obra, junto con el capital, se transformen en producto final. Una idea que resulta muy interesante es la de identificar la componente tecnológica que diferencia a los trabajadores cualificados y no cualificados, ya que puede ser muy útil para interpretar sus productividades. Del estudio de la relación entre estas variables, se podrían obtener consideraciones interesantes para el análisis de la política económica. Las ideas que se proponen para desarrollar en este análisis son:

1. Analizar  $As$  y  $Au$  en cuanto a calidad de educación.

Utilizando, por ejemplo, el informe PISA<sup>12</sup> se podría averiguar si las regiones con mayores  $Au$  ostentan mayor calidad de estudios secundarios de primera etapa (enseñanza obligatoria), ya que en este informe se evalúa a estudiantes de 15 años.

Adicionalmente, se propone localizar una fuente para evaluar la calidad de la educación en las universidades.

2. Buscar formas de identificar  $Au$  y  $As$  desde el punto de vista de variables tecnológicas. En este trabajo en particular se desagregan las empresas

de acuerdo al uso que hacen de la tecnología y se analiza la relación con la productividad de los dos tipos de trabajadores considerados.

Así, el propósito de esta sección es desarrollar y analizar estas premisas. Se podría decir que esta sección adoptaría un enfoque de corte schumpeteriano al tema que completa el enfoque de las fronteras, puesto que el enfoque de Schumpeter estudia la economía de largo plazo y el cambio social, centrándose particularmente en el rol jugado por la innovación y los factores que la influyen.

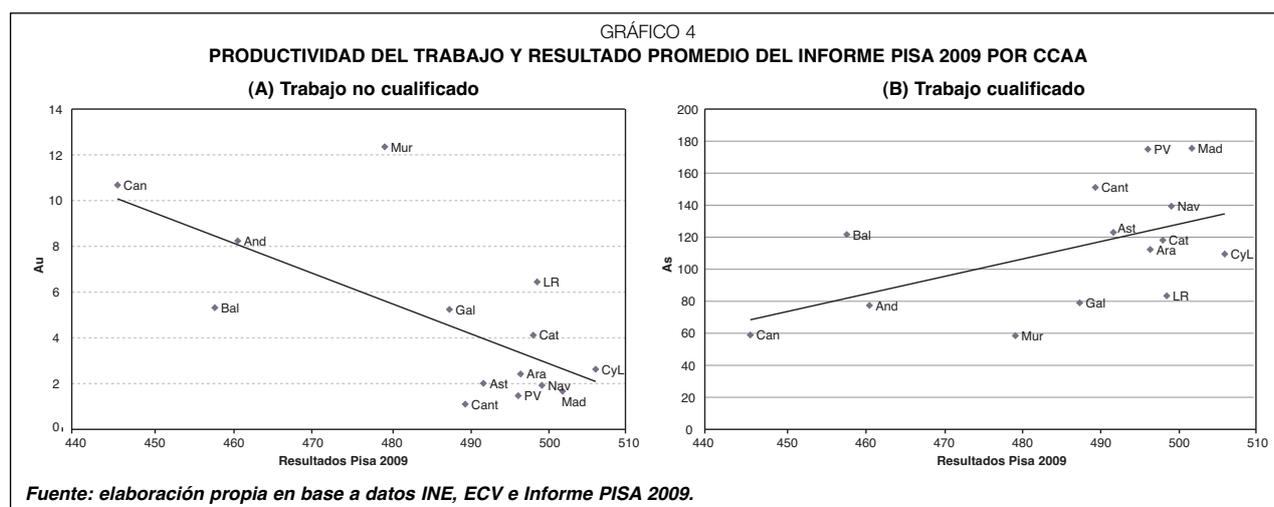
### 5.1. La calidad de la educación y la productividad de los trabajadores

En esta sección se estudia la relación entre la calidad de la educación en las comunidades autónomas españolas (tanto la secundaria de primera etapa como la universitaria) y la productividad de los trabajadores cualificados.

#### 5.1.1. La educación obligatoria (secundaria de primera etapa)

En este trabajo se utiliza el Informe PISA del año 2009, que contó con la participación de casi ▷

<sup>12</sup> Program for International Student Assessment.



todas las comunidades autónomas<sup>13</sup>, para analizar la relación de la calidad de la educación secundaria con las productividades de los trabajadores, *Au* y *As* (Gráfico 4). En estos gráficos se observa que las regiones con mejores rendimientos educativos son las que presentan una menor productividad del trabajo no cualificado (Castilla-León, Madrid o Navarra), y una mayor productividad del trabajo cualificado (Madrid, País Vasco y Cataluña). En un primer momento se pensó que las regiones con mayores *Au* ostentarían una mejor calidad de estudios secundarios de primera etapa (enseñanza obligatoria); sin embargo, la evidencia señala una relación negativa entre la productividad del trabajo no cualificado y los rendimientos académicos de estos estudiantes (Gráfico 4A).

Por otra parte, no sorprende que la relación entre el rendimiento académico de los estudiantes de educación secundaria de primera etapa y la productividad de los trabajadores cualificados sea positiva (Gráfico 4B) porque, en general, las personas con mejor rendimiento en la primera etapa de la secundaria son las que continúan sus estudios y, en la mayoría de los casos, son los que realizan estudios más allá de los obligatorios, por lo que redundan en la productividad del trabajo cualificado.

### 5.1.2. La educación universitaria

En su trabajo del año 2009, Buela-Casal *et al* tratan de unificar los criterios que evalúan y clasifican las distintas universidades para el caso

<sup>13</sup> No participaron Extremadura, Castilla-La Mancha y Valencia.

particular de la investigación en las universidades públicas españolas. Los criterios que utilizan para su *ranking* son: artículos ISI, tramos de investigación, proyectos I&D, tesis doctorales, becas FPU (Formación de Personal Universitario), doctorados con mención de calidad y patentes.

Todos estos criterios y los indicadores utilizados para su cálculo se encuentran en la Tabla 3 (en página siguiente). A partir de estos indicadores estos autores obtienen un ranking de calidad de todas las universidades públicas españolas. A partir de este *ranking*, en esta tesis se obtiene una clasificación de las comunidades autónomas, a partir de las universidades radicadas en ellas<sup>14</sup>.

El Gráfico 5 (en página siguiente) muestra la relación entre este *ranking* de calidad de la educación universitaria y las productividades de los trabajadores. En ellos se evidencia una relación positiva entre la calidad educativa de las universidades públicas y la productividad de los trabajadores cualificados (Gráfico 5A) y una relación negativa entre este *ranking* y la productividad de los trabajadores no cualificados (Gráfico 5B). Si bien se entiende que la investigación en las universidades es sólo una parte de todo lo que conlleva la formación de capital humano que estas realizan, se utiliza esta variable como primera aproximación a una medición de la calidad de la educación universitaria. ▷

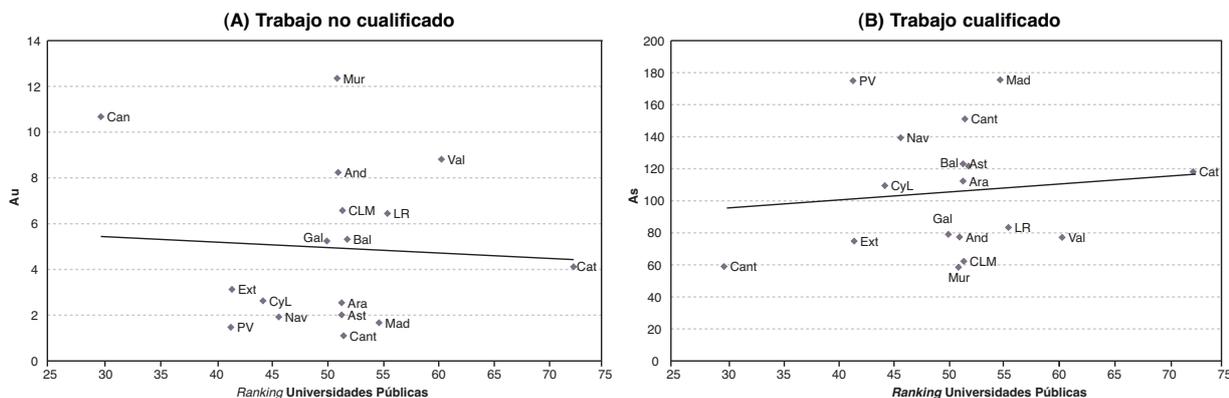
<sup>14</sup> Ponderando de acuerdo al número de universidades por comunidad autónoma.

**TABLA 3**  
CRITERIOS E INDICADORES UTILIZADOS PARA MEDIR LA CALIDAD DE LA EDUCACIÓN UNIVERSITARIA

Criterio	Indicador
Artículos ISI (revistas indexadas en Journal Citation Reports)	Proporción de artículos publicados en revistas indexadas en el Institute for Scientific Information (ISI) por profesores funcionarios en el año 2009
Tramos de investigación (índice TI)	Número de tramos de investigación obtenidos por los profesores funcionarios de las universidades públicas (CU, CEU y TU) dividido por el número total de tramos de investigación posibles de esos funcionarios a fecha 2009
Proyectos I+D	Proporción de proyectos I+D por profesores funcionarios en la convocatoria 2009
Tesis doctorales	Proporción de tesis doctorales por profesores funcionarios en un período de cinco cursos (desde el curso 2003/2004 hasta el curso 2007/2008)
Becas FPU	Proporción de becas FPU por profesores funcionarios en la convocatoria 2009
Doctorados con Mención de Calidad	Proporción de doctorados con Mención de Calidad por profesores funcionarios en la convocatoria 2008
Patentes	Proporción de patentes registradas en el período 2004-2008 y patentes explotadas en el período 2002-2006 por profesores universitarios

Fuente: Buela et al (2009).

**GRÁFICO 5**  
PRODUCTIVIDAD DEL TRABAJO Y RANKING DE LAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS EN 2009, POR CCAA



Fuente: elaboración propia en base a datos de Buela-Casal et al (2009).

Este análisis de calidad educacional y nivel tecnológico complementa en cierta medida el enfoque de Eric Hanushek, quien enfatiza el rol de la calidad educacional<sup>15</sup>.

### 5.2. Relación entre las productividades de los trabajadores y las empresas

En esta sección se diferencian las empresas en dos tipos, las tecnológicas y las no tecnológicas, de acuerdo a cómo utilizan la tecnología, y se analiza la relación de cada tipo de empresas con la productividad de los dos tipos de trabajadores considerados. Así, la propuesta de la OCDE y la

adaptación realizada por EUROSTAT para la clasificación NACE<sup>16</sup>, han permitido al INE definir la lista de sectores de tecnología alta y media-alta para una desagregación a 3 dígitos de la CNAE-93<sup>17</sup>. En la Tabla 4 (en página siguiente) se recoge dicha lista de sectores.

Al desagregar las empresas de acuerdo al uso de tecnología (Gráfico 6, en la página siguiente) se observa que las regiones con mayor presencia de empresas con más tecnología son las que mayores productividades de trabajadores cualificados ostentan, mientras que las que menos tecnológicas presentan una mayor productividad de trabajadores ▷

<sup>16</sup> NACE, Nomenclatura estadística de actividades económicas de la Comunidad Europea.

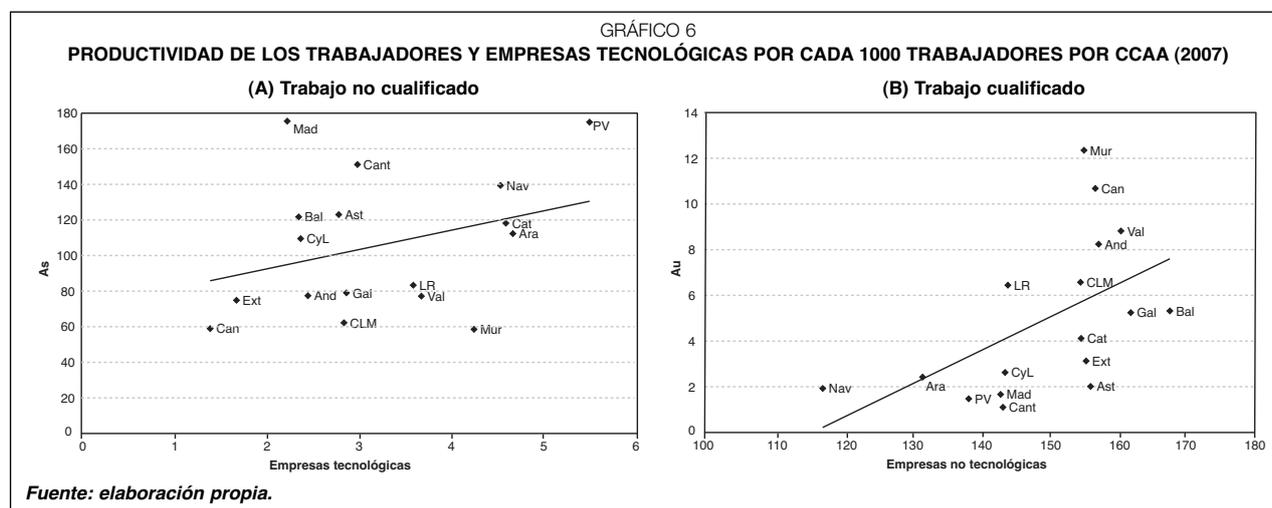
<sup>17</sup> CNAE-93, Clasificación nacional de actividades económicas del año 1993.

<sup>15</sup> Hanushek y Woessmann (2007), entre otros.

**TABLA 4**  
**SECTORES DE TECNOLOGÍA ALTA Y MEDIA-ALTA**

Sectores	CNAE-93
Sectores manufactureros de tecnología alta	
Industria farmacéutica .....	244
Maquinaria de oficina y material informático .....	30
Componentes electrónicos .....	321
Aparatos de radio, TV y comunicaciones .....	32 excepto 321
Instrumentos médicos, de precisión, óptica y relojería .....	33
Construcción aeronáutica y espacial .....	353
Sectores manufactureros de tecnología media-alta	
Industria química excepto industria farmacéutica .....	24 excepto 244
Maquinaria y equipos .....	29
Maquinaria y aparatos eléctricos .....	31
Industria automóvil .....	34
Construcción naval, ferroviaria, de motocicletas y bicicletas y de otros materiales de transporte .....	35 excepto 353
Servicios de alta tecnología o de punta	
Correos y telecomunicaciones .....	64
Actividades informáticas .....	72
Investigación y desarrollo .....	73

Fuente: INE.



no cualificados. Este rasgo confirma la hipótesis de la buena explotación de los recursos abundantes de la zona por parte de las empresas y estaría en concordancia con la idea de que cada región debe elegir la tecnología apropiada a su dotación de factores.

## 6. Comentarios finales

En este trabajo, se ha tratado de establecer el sesgo de las diferencias tecnológicas entre las comunidades autónomas españolas. Asimismo, se ha llevado a cabo la construcción de la frontera tecnológica española en el año 2007, con el fin de estudiar la idoneidad de las tecnologías utilizadas por

las distintas regiones españolas. Estos análisis, junto con el estudio de la relación entre las productividades del trabajo cualificado y no cualificado y distintas variables, como la calidad de la educación y el uso tecnológico por parte de las empresas, pretenden esbozar ideas con las que diseñar las medidas necesarias para lograr el crecimiento de las regiones, con el objetivo de procurar una mayor calidad de vida a sus habitantes. Entre las principales conclusiones obtenidas, se destacan las que se presentan a continuación.

En el análisis regional se observa que las diferencias tecnológicas presentan un sesgo absoluto hacia las habilidades, o sea, que las regiones ricas utilizan más eficientemente el trabajo cualificado y menos eficientemente el trabajo no ▷

cualificado. Las comunidades autónomas más ricas (con mayores niveles de PIB), como el País Vasco o Madrid, presentan no sólo mayores productividades en el trabajo cualificado, sino también menores productividades en el trabajo no cualificado.

Al obtener los pares tecnológicos ( $A_v, A_g$ ) para las distintas comunidades autónomas, se observa que la frontera tecnológica española en 2007 está determinada por las Illes Balears, lo que estaría mostrando evidencia a favor de la teoría del uso de la tecnología apropiada o acorde con la dotación de factores de cada región. En un primer momento, se pensó que la frontera tecnológica debería estar determinada por el País Vasco (la comunidad con mayor PIB) pero, si bien en esta zona los trabajadores cualificados son muy eficientes, los trabajadores no cualificados no lo son (sesgo absoluto hacia las habilidades).

Al analizar la relación entre la calidad de la educación y las productividades de los dos tipos de trabajadores, se observa una relación negativa entre la productividad del trabajo no cualificado y los rendimientos académicos de los estudiantes con educación secundaria de primera etapa. Asimismo, no sorprende la relación positiva entre el rendimiento académico de los estudiantes de educación secundaria de primera etapa y la productividad de los trabajadores cualificados porque, en general, las personas con mejor rendimiento en la primera etapa de la enseñanza secundaria son las que continúan sus estudios y, en la mayoría de los casos, son las que realizan estudios más allá de los obligatorios, lo que redundaría en la mayor productividad del trabajo cualificado. En cuanto a la relación de las eficiencias de los trabajadores y la calidad de la educación superior, las regiones que presentan mejores puestos en los *rankings* de universidades públicas son las que mayores productividades del trabajo presentan para los trabajadores cualificados.

Al desagregar las empresas de acuerdo al uso de la tecnología, se observa que las regiones con mayor presencia de empresas más tecnológicas

son las que mayores productividades de trabajadores cualificados presentan, mientras que las que incorporan menos tecnología presentan una mayor productividad de trabajadores no cualificados. Este hecho es indicativo de la buena explotación de los recursos abundantes de la zona por parte de las empresas y estaría en concordancia con la idea de que cada región debe elegir la tecnología apropiada a su dotación de factores. Nuestros resultados indican que si bien la tecnología es importante para crecer más, ésta debe adaptarse a la dotación de factores de cada región, en nuestro caso, a la cualificación de los trabajadores, lo que coincidiría con la teoría de la tecnología endógena.

Uno de los supuestos subyacentes en los cálculos de este artículo ha sido la situación de pleno empleo. España había alcanzado en 2007 la tasa de desempleo más baja en la época de la democracia, por lo que este supuesto se defendía en base a ese argumento. A partir del año 2008, los efectos de la crisis se empezaron a notar en España y la tasa de desempleo se disparó considerablemente en años subsiguientes. Por este motivo entre las líneas futuras de investigación de este trabajo está el análisis del desempleo. Existen varias formas de encarar el rol del desempleo en la frontera tecnológica, siendo uno de los más estudiados y controvertidos el enfoque del salario mínimo. Nuestra idea es relacionar el desempleo de los trabajadores no cualificados y los salarios relativos entre los trabajadores no cualificados y los cualificados (controlando por el salario mínimo de cada región).

## Bibliografía

- [1] ACEMOGLU, D. y ZILIBOTTI, F. (2001). «Productivity Differences». *Quarterly Journal of Economics*, vol. 116, nº 2 pp. 563-606.
- [2] ÁLVAREZ DE TOLEDO, P.; ROJO, J.; TORIBIO, A. y USABIAGA, C. (2000). «Convergencia: Un análisis conjunto de los sectores. Aplicación al caso de las regiones españolas». *Documento de Trabajo* nº 2000-2006, FEDEA. ▷

- [3] ATKINSON, A.B. y STIGLITZ, J.E. (1969). «A New View of Technological Change». *Economic Journal*, vol. 79, nº 315, pp. 573-578.
- [4] BARRO, R. (1999). «Notes on growth accounting». *Journal of Economic Growth*, vol. 4, nº 2, pp. 119-137.
- [5] BILS, M. y KLENOW, P.J. (2000). «Does Schooling Cause Growth?». *The American Economic Review*, vol. 90, nº 5, pp. 1160-1183.
- [6] BUELA-CASAL, G.; BERMÚDEZ, M.P.; SIERRA, J.C.; QUEVEDO-BLASCO, R. y CASTRO, A. (2009). «Ranking de 2009 en investigación de las universidades públicas españolas». *Psicothema*, vol. 22, nº 2, pp. 171-179.
- [7] CALVO, J.L. (2000). «Una caracterización de la innovación tecnológica en los sectores manufactureros españoles: Algunos datos». *Economía Industrial*, nº 331, pp. 139-150.
- [8] CASELLI, F. (2005). Accounting for Cross-Country Income Differences. En Handbook of Economic Growth [Philippe Aghion y Steven Durlauf (Eds)]. pp. 679-741. North Holland, Amsterdam.
- [9] CASELLI, F. y COLEMAN II, W.J. (2006). «The World Technology Frontier». *American Economic Review*, vol. 96, nº 3, pp. 499-522.
- [10] CASELLI, F. y WILSON, D.J. (2004). «Importing Technology». *Journal of Monetary Economics*, vol. 51, nº 1, pp. 1-32.
- [11] CASTILLO DELGADO, S. y JIMENO SERRANO, J. F. (1998). «Convergencia regional y tecnología». En Cuadrado, J. R.; Mancha, T. y Garrido, R. Convergencia regional en España. Hechos, tendencias y perspectiva. Madrid: Fundación Argentaria.
- [12] CUADRADO ROURA, J.R. (2006). «El desarrollo de los estudios de Economía Regional en España». *Revista de Estudios Regionales*, nº 75, pp.15-40.
- [13] GOMBAU BERTOMEU, V. (2012). *Innovación, frontera tecnológica y capacidad absorbtiva: El papel de las externalidades del conocimiento*. Tesis Doctoral, Departamento de Economía de la Universitat Rovira i Virgili, en línea. Disponible en: <http://www.tdx.cat/handle/10803/96330> (recuperado en enero 2014).
- [14] HANUSHEK, E.A. y WOESSMANN, L. (2007). «The role of education quality for economic growth». *Policy Research Working Paper Series 4122*, The World Bank.
- [15] HIDALGO, M.A. (2010). «A demand-supply analysis of the Spanish education wage premium». *Revista de Economía Aplicada*, vol. 54, nº 18, pp. 57-78.
- [16] JIMENO, J.F.; IZQUIERDO, M. y HERNANZ, V. (2001). «La desigualdad salarial en España: Descomposición y Variación por nivel de salarios». *Papeles de Economía Española*, nº 88, pp. 113-124.
- [17] KLENOW, P.J. y RODRÍGUEZ-CLARE, A. (1997). «The Neoclassical Revival in Growth Economics: Has It Gone Too Far?». En Bernanke and Rotemberg (Editores), *NBER macroeconomics annual 1997*. pp. 73-103. Cambridge: MIT Press.
- [18] MANKIW, N.G.; ROMER, D. y WEIL, D.N. (1992). «A Contribution to the Empirics of Economic Growth». *Quarterly Journal of Economics*, vol. 107, nº 2, pp.. 407-437.
- [19] MAS, M.; PÉREZ, F.; URIEL, E.; BENAGES, E.; CUCARELLA, V.; ROBLEDO, J.C. y SERRANO, L. (2008). *El stock y los servicios del capital en España y su distribución territorial*. Fundación BBVA e IVIE. Disponible en: [http://www.fbbva.es/TLFU/dat/stock\\_servicios\\_capital\\_1964-2007.pdf](http://www.fbbva.es/TLFU/dat/stock_servicios_capital_1964-2007.pdf)
- [20] RAYMOND, J.L. y GARCÍA GRECIANO, B. (1999). «Las disparidades regionales y la hipótesis de convergencia: Una revisión». *Papeles de Economía Española*, nº 59, pp. 37-58.
- [21] ROMER, P. (1990). «Endogenous Technological Change». *The Journal of Political Economy*, vol. 98, nº 5, pp. S71-S102.
- [22] Solow, R.M. (1957). «Technical Change and Aggregate Production Function». *Review of Economics and Statics*, vol. 39, nº 3, pp. 191-203.

