

Intangible Capital
ISSN: 2014-3214
ic.editor@intangiblecapital.org
Universitat Politècnica de Catalunya
España

Fernández-Rodríguez Labordeta, Jorge; Giménez, Gregorio
El efecto del capital humano sobre la innovación: Un análisis desde las perspectivas cuantitativa y cualitativa de la educación
Intangible Capital, vol. 8, núm. 2, 2012, pp. 425-446
Universitat Politècnica de Catalunya
Barcelona, España

Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54924501008

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org
Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Intangible Capital
IC, 2012 – 8(2): 425-446 - Online ISSN: 1697-9818 - Print ISSN: 2014-3214
http://dx.doi.org/10.3926/ic.345

El efecto del capital humano sobre la innovación: Un análisis desde las perspectivas cuantitativa y cualitativa de la educación

Jorge Fernández-Rodríguez Labordeta, Gregorio Giménez
Universidad de Zaragoza (Spain)
gregim@unizar.es

Received April, 2012
Accepted August, 2012

Resumen

Objeto: El presente trabajo trata de determinar, empíricamente y para una muestra amplia de países, qué tipo de variables educativas pueden explicar mejor los procesos de innovación tecnológica, aproximados a través del número de patentes per cápita. Para ello, utilizamos un modelo que explica la capacidad innovadora de los países utilizando seis variables educativas: dos variables de cantidad –años medios de estudio, totales y universitarios- y cuatro de calidad –basadas en los resultados obtenidos en distintas pruebas internacionales de conocimiento-.

Diseño/metodología/enfoque: El análisis se lleva a cabo para una muestra de más de 60 países, haciendo uso de técnicas de corte transversal para la década 2000-2010.

Aportaciones y resultados: A partir de los resultados econométricos, se concluye que la innovación tecnológica, aproximada por el número de patentes per cápita, es explicada en mayor medida por la calidad educativa que por la cantidad de educación. La actividad innovadora está fuertemente vinculada al éxito en términos de competencias educativas, al tipo de competencias que se adquieren y a la excelencia educativa. A su vez, se evidencia la importancia que tiene la interacción entre la calidad y la cantidad educativa. Al introducir los efectos cruzados es cuando el modelo propuesto obtiene un mayor poder explicativo.

Originalidad / Valor añadido: Frente a la perspectiva tradicional en la literatura sobre capital humano, que hace uso de indicadores basados en la cantidad de educación (habitualmente años medios de estudio), el trabajo incorpora indicadores basados en los conocimientos adquiridos. Además, plantea la interacción de variables cuantitativas y cualitativas. En conclusión, la utilización de una doble perspectiva a la hora de medir el capital humano y estudiar su interrelación con el desarrollo de innovación constituye una novedad tanto teórica como metodológica.

Palabras clave: capital humano, pruebas de conocimiento, innovación, patentes

Códigos JEL: I25, O39, J24

Title: The effect of human capital on innovation: An analysis from the quantitative and qualitative perspectives of education

Abstract

Purpose: This research attempts to determine, empirically and for a large sample of countries, which kind of educational variables can better explain technological innovation processes, approximated by the number of patents per capita. To do this, we use a model that explains the innovative capacity of the countries employing six educational variables: two quantitative variables –average (total and university) years of schooling- and four qualitative variables -based on outcomes of different international tests of knowledge-.

Design/methodology: The analysis is carried out for a sample that includes more than 60 countries, using cross-section techniques for the decade 2000-2010.

Findings: From the econometric results we conclude that technological innovation, proxied by the number of patents per capita, is explained better by the quality of education than by the quantity of education. Innovative activity is strongly linked to success in terms of educational skills, the type of skills acquired and educational excellency. Furthermore, the interaction between educational quality and quantity is a key factor. When we introduce the cross effects of both variables, the proposed model yields to a greater explanatory power.

Originality/value: The traditional perspective on human capital literature uses indicators based on the quantity of education, usually average years of schooling. This study incorporates indicators based on skills, measured by the results of international tests of knowledge. The introduction of the dual perspective, quantitative and qualitative, to measure human capital and to determine what kind of indicators explains better innovation, is an outstanding novelty.

Keywords: human capital, knowledge tests, innovation, patents

Jel Codes: I25, O39, J24

1. Introducción

A partir de la segunda mitad del siglo XX ha ido cobrando una gran importancia, en el ámbito del análisis macroeconómico, el estudio sobre la relación entre el capital humano y el crecimiento económico. En 1957 Solow ya consideraba la mejora en la cualificación de los trabajadores como un mecanismo adecuado para poder incrementar la eficiencia productiva.

El trabajo de Solow dio origen durante la década de 1960 a varias investigaciones que ampliaron su enfoque. Pueden destacarse el modelo de Arrow de aprendizaje por medio de la experiencia (1962) o el modelo de Uzawa (1965) de mejoras en la productividad impulsadas por el capital humano. A mediados de la década de 1980, la teoría sobre la relación entre capital humano y crecimiento económico recibe un nuevo impulso con el desarrollo de diversos modelos de crecimiento endógeno, como los de Romer (1986) y Lucas (1988). Desde entonces, el capital humano aparece identificado, en los modelos teóricos, como uno de los factores clave en la explicación del crecimiento de los países. A pesar de ello, diversos estudios empíricos han encontrado dificultades para corroborar dicho efecto positivo. Véase al respecto Islam (2010). El motivo puede ser que los trabajos internacionales de índole empírica han venido utilizando indicadores muy básicos como aproximación a las dotaciones de capital humano: tasas de alfabetización, niveles de escolarización o años medios de estudio. La ausencia de una definición generalmente aceptada y, sobre todo, las dificultades para obtener datos homogéneos, precisos y comparables a nivel internacional, estarían detrás de las limitaciones a la hora de medir los stocks de capital humano. Así, de acuerdo a Wößmann (2003), pueden darse dos tipos de errores en la medición de la variable: los errores provocados por

el uso de proxies inadecuadas -ya que la mayoría de trabajos las eligen por la disponibilidad de datos existentes y no por su idoneidad- y los errores de medición propiamente dichos. En opinión de autores como Krueger y Lindahl (2001), De la Fuente y Doménech (2006) o Cohen y Soto (2007), estas limitaciones existentes en la medición del capital humano, especialmente en el contexto internacional, serían la causa de que la literatura empírica ofrezca resultados tan dispares en torno a la importancia del mismo. Por tanto, el cálculo del stock de capital humano se revela como fundamental a la hora de evaluar la verdadera importancia de dicho factor, existiendo un intenso debate sobre la forma de medición más apropiada de este.

Los años medios de estudio han sido la variable de cantidad educativa utilizada con más asiduidad como proxy del capital humano. Entre los trabajos más conocidos que han hecho uso de esta variable, están los de Benhabib y Spiegel (1994), Barro y Sala-i-Martín (1995), Gundlach (1995), Islam (1995), O'Neill (1995), Temple (1999), Barro (1997, 2001), Krueger y Lindahl (2001), De la Fuente y Doménech (2006) o Aghion y Howitt (2009). En nuestro trabajo también recurriremos a esta variable como proxy de la cantidad de educación. Además, utilizaremos los años medios de estudio universitarios como variable adicional de cantidad educativa, ya que como explican Aghion y Howitt (2009), un país cercano a la frontera tecnológica tendrá una capacidad innovadora superior conforme mayor sea el porcentaje de la población con educación terciaria, siendo la educación primaria y secundaria más importantes para imitar y adaptar tecnología extranjera en países lejanos a la frontera.

Recientemente, han aparecido una serie de trabajos en torno a la medición del capital humano que destacan la importancia de la calidad educativa frente a la cantidad. Véase Hanushek y Kimko (2000), Hanushek y Wöβmann (2007) o Hanushek y Wöβmann (2009). Este tipo de trabajos suelen recurrir a los resultados de pruebas internacionales de conocimiento como proxy del capital humano.

El presente trabajo se propone analizar qué tipo de variables de capital humano explican mejor la relación entre este y la innovación tecnológica; si las variables de índole cuantitativa o cualitativa. Para ello, se pretende averiguar a partir de la utilización de seis variables de capital humano, cuál es capaz de explicar en mayor medida la capacidad innovadora de los países. De este modo, se elabora una función de producción tecnológica a partir de cinco variables explicativas del proceso innovador: el stock de capital humano, el stock de capital tecnológico, un índice de calidad institucional, el grado de apertura comercial y un indicador de facilidad de acceso al crédito. Así, el capital humano resulta de enorme importancia

en la actividad innovadora, ya que esta se caracteriza por ser intensiva en trabajo de elevada cualificación. El stock de capital tecnológico, variable calculada para el trabajo mediante la técnica de inventario permanente, es fundamental porque considera la inversión realizada en I+D y el periodo de vida útil de las innovaciones. Una estructura institucional fuerte garantiza el respeto por los derechos de propiedad intelectual e industrial. Un elevado grado de apertura comercial podría indicar que el país tiene capacidad para competir internacionalmente y aprovechar economías de escala. Por último, la facilidad de acceso al crédito para el sector privado determina las posibilidades de financiar los costosos procesos de I+D+i, que en su gran mayoría son llevados a cabo por la iniciativa privada.

El trabajo quedará estructurado de la siguiente forma. En el apartado que sigue a esta introducción, se analiza la relación teórica existente entre el capital humano e innovación y se repasan las principales formas de medir el capital humano dentro de la literatura económica. El tercer apartado describe el modelo de innovación y los datos utilizados para el análisis empírico. El cuarto explica los resultados obtenidos. Finalmente, en el quinto, se extraerán las conclusiones del estudio.

2. Los determinantes del proceso de innovación: La importancia del capital humano

Las modernas teorías sobre crecimiento económico, desarrolladas a lo largo de las tres últimas décadas, destacan el importante papel que juega el capital humano en el desarrollo de los países. La contribución de dicho factor se realiza a través de una doble vertiente: como un input más dentro de la función de producción y en base a las numerosas externalidades que genera. Entre los efectos más importantes del capital humano estaría el de condicionar los procesos de innovación y desarrollo, tal y como destaca Romer (1990).

Así, existen diversas vías por las que el capital humano puede promover la innovación y el progreso tecnológico. La producción de tecnología se caracteriza por ser una actividad intensiva en capital humano, pues los conocimientos y la información necesarios para llevar a cabo actividades de I+D+i se obtienen a partir de la formación de los trabajadores. Así, en los países donde las actividades innovadoras tienen más importancia, aumentará la demanda de universitarios y se estimulará la inversión en educación superior, ya que este tipo de trabajos son más productivos y están mejor remunerados (Giménez, 2005). Esto redundará en un incremento de la brecha salarial entre trabajadores con alta y baja cualificación. Hay que tener en cuenta, además, que las nuevas tecnologías de la información

han tenido un mayor impacto global en las técnicas de producción de los trabajadores más cualificados. Esto ha hecho que en los países de la OCDE aumentara, a lo largo de las últimas décadas, la productividad de dichos trabajadores, así como sus salarios relativos, a pesar del notable incremento de la proporción de trabajadores con estudios superiores en el mercado de trabajo (Acemoglu, 2001). Además del desarrollo de tecnología propia, existe la posibilidad de innovar a partir de la imitación de tecnologías extranjeras, para lo cual vuelve a ser necesario disponer de altos niveles de capital humano. Es frecuente que se produzcan flujos migratorios de trabajadores con elevados niveles de formación hacia países desarrollados (debido a las diferencias salariales entre el país de origen y el de destino), lo que permite que los países líderes en el desarrollo de nuevas tecnologías cubran sus necesidades de personal especializado (Helpman, 2004). También es posible que este tipo de migraciones sean temporales, lo que permitiría que hubiera una reutilización de los conocimientos y experiencia adquiridos cuando se produzca el regreso al país de origen. Por otro lado, la educación de la población puede afectar al desarrollo institucional de los países. La educación condicionaría elementos como los niveles de corrupción, la lucha contra actividades ilegales, el respeto a las leyes o la participación activa en la vida pública, entre otros. La actividad innovadora quedaría protegida por sistemas institucionales sólidos que garantizasen el respeto a los derechos de propiedad intelectual e industrial. Así, tal y como señalan Alonso y Garcimartín (2011), un mayor nivel de educación permitiría la conformación de sistemas institucionales de mayor calidad y mejor preparados para afrontar cambios, dado que, a mayor nivel educativo, la sociedad demandará instituciones más sólidas, abiertas y dinámicas. Asimismo, el trabajo de Glaeser y Sacks (2006) encuentra que el capital humano contribuye a reducir los niveles de corrupción.

En cuanto a la forma empírica de constatar la relación entre capital humano, innovación y crecimiento económico, la literatura académica suele recurrir a indicadores de índole educativa como proxy del capital humano. Si bien es cierto que el capital humano acumula una mayor variedad de dimensiones, la educación es posiblemente la más importante. La educación puede ser vista como una inversión en la fuerza de trabajo, dado que incrementa la productividad laboral y los niveles de ingresos de los individuos. Es posible clasificar los indicadores educativos en base a dos grandes categorías: la cuantitativa y la cualitativa. La primera, y más utilizada, abarca indicadores que recogen información sobre educación formal recibida, como las tasas de alfabetización y matriculación o los años medios de estudio. Este tipo de indicadores cuantitativos, especialmente los años medios de estudio, han venido siendo los más utilizados en la literatura

debido a tres razones: por considerar que la educación formal es la fuente fundamental de adquisición de capital humano, por constatar una fuerte correlación entre ésta y otras vías de adquisición y debido a la existencia de una mayor disponibilidad de datos comparables de carácter internacional. A su vez, la perspectiva cualitativa resalta las diferencias en la calidad de la formación recibida, que redundarán en diferencias en capacitación. Dicha perspectiva hace uso de indicadores de inputs educativos -como son el gasto por estudiante, las ratios de alumnos /profesor, los salarios de los profesores o la duración de los cursos escolares- y, principalmente, de los resultados en pruebas internacionales de conocimiento, con el fin de aproximarse a las capacidades reales de los individuos. Ésta última perspectiva es la que adoptaremos en el presente trabajo.

En la siguiente sección proponemos un modelo que nos ayudará a constatar la relación que existe entre capital humano -medido a través de variables educativas de índole cuantitativa y cualitativa- e innovación. Además, analizaremos cuál de los dos tipos de indicadores presenta un mayor poder explicativo de los procesos de innovación.

3. Descripción del modelo y datos utilizados

Haremos uso de una función de producción tecnológica (ecuación 1), de manera que la innovación, medida a través del número de patentes per cápita, es una función dependiente del stock de capital humano, el stock de capital tecnológico, el grado de apertura comercial, la calidad institucional y el acceso al crédito:

$$\text{Patentes per cápita} = F(\text{capital humano, capital tecnológico, apertura comercial, calidad institucional, acceso al crédito}) \quad (1)$$

Para una definición de las variables y sus fuentes, véase el apéndice A.

La variable a explicar en el análisis es la innovación tecnológica, aproximada a través de las patentes per cápita. Se consideran las patentes en términos per cápita y no en términos absolutos para tener en cuenta el efecto de escala.

El capital humano resulta de enorme importancia en la actividad innovadora, ya que esta se caracteriza por ser intensiva en trabajo de elevada cualificación. De esta manera, es posible llevar a cabo tareas de I+D+i con una mayor probabilidad de éxito en materia de resultados, es decir, de innovaciones. Entre las distintas variables de capital humano utilizadas en el trabajo, se hace uso de dos variables de cantidad educativa y cuatro de calidad. Las variables de cantidad se refieren a

los años medios de estudio totales y universitarios. Mientras las variables de calidad se corresponden con dos variables relacionadas con las habilidades cognitivas poseídas y con otras dos relativas a la distribución educativa. Las dos primeras consideran la media de las puntuaciones obtenidas en pruebas internacionales de matemáticas y ciencias naturales para el periodo 1960-2000. En cuanto a la conveniencia de utilizar los resultados académicos en las áreas de matemáticas y ciencias, diferentes autores (Hanushek & Kimko, 2000; Weil, 2008; Hanushek & Wöβmann, 2009) lo justifican en base a que dichas disciplinas guardan una mayor relación con la innovación y la productividad, tanto desde un punto de vista teórico como empírico. Además, el periodo temporal que abarcan resulta adecuado para el trabajo, dado que las pruebas las realizan estudiantes de 9 a 15 años de edad, de manera que para el periodo de estudio del análisis (2000-2010), dichos estudiantes aparecen incorporados a la fuerza laboral. En relación a la distribución educativa se tiene en cuenta, por un lado, el porcentaje de alumnos que alcanzan una puntuación mínima en resultados de tests internacionales de ciencias y matemáticas, y por otro, el porcentaje de alumnos que alcanzan en dichas pruebas calificaciones sobresalientes. Las variables de años de estudio son tomadas de Barro y Lee (2011); las referentes a los resultados en tests internacionales se obtienen de Hanushek y Wöβmann (2009) y Hanushek y Kimko (2000), y las correspondientes a la distribución educativa provienen de Hanushek y Wöβmann (2009).

El stock de capital tecnológico es fundamental para el proceso innovador, ya que considera la inversión realizada en I+D y el periodo de vida útil por el que las innovaciones, producto de la actividad investigadora, se mantendrán activas hasta finalmente quedar obsoletas. El stock de capital tecnológico es calculado a partir de datos sobre el gasto en I+D y la población de los países. La manera en la que lo hemos estimado se detalla en el apéndice B. Al igual que con las patentes per cápita, el stock de capital tecnológico se relativiza por la población.

Asimismo, se considera el grado de apertura comercial de los países a partir de la suma del total de exportaciones e importaciones como porcentaje del PIB. Un elevado grado de apertura comercial podría indicar que el país tiene capacidad para competir internacionalmente y optar así por abarcar mercados más amplios, con mayores oportunidades de obtención de beneficios. Por lo tanto, un alto grado de apertura comercial supondría una mayor competitividad y esta podría, a su vez, estar relacionada con una fuerte capacidad innovadora. Sin embargo, tal y como se verá en el trabajo a partir de la muestra de países utilizada, el mayor grado de apertura comercial puede ser, no un reflejo de la mayor competitividad del país,

sino sencillamente una forma más barata de importar o imitar tecnología foránea de lo que supondría desarrollarla en el interior.

Se introduce, además, un índice de calidad institucional extraído de Chandima y De Soto (2009-2011). Una estructura institucional fuerte garantiza el respeto por las normas y la protección de los derechos de propiedad intelectual e industrial, creando así un mecanismo de incentivos que permite rentabilizar y perpetuar la actividad innovadora.

Finalmente, se incorpora una variable referente a la capacidad de acceso al crédito para el sector privado. Esta variable es fundamental en los procesos de I+D+i, ya que permite financiar las elevadas inversiones en costes hundidos que requieren este tipo de procesos, esto es, los cuantiosos costes fijos en los que es necesario incurrir en las primeras fases de los proyectos de I+D+i.

El conjunto de datos empleados corresponde a la década 2000-2010 y cubre una muestra que varía entre 61 y 94 países, dependiendo de las estimaciones. Tanto el periodo como la muestra están condicionados por la disponibilidad de los datos. Se calcula el promedio de cada variable del estudio para los años disponibles. De este modo, es posible realizar una estimación de corte transversal con disponibilidad de datos y se evitan los efectos cíclicos en los mismos. Temple (1999) justifica las ventajas de las estimaciones de corte transversal en los trabajos que utilizan variables de crecimiento económico. Por otro lado, la ausencia de datos anuales –en el caso de ciertas variables sólo se dispone de un único dato para el periodo contemplado y en el de otras existen numerosos datos en blanco-, no permite contemplar el uso de otras técnicas como datos de panel.

Análisis de multicolinealidad e inclusión de variables redundantes

La tabla 1 muestra las correlaciones entre las variables y permite estimar la posible presencia de multicolinealidad en el modelo.

	Patentes per cápita	Años de estudio	Años de estudio terciarios	Resultados de tests I	Resultados de tests II	Mejores resultados en tests	Resultados básicos en tests	Capital tecnológico	Calidad institucional	Apertura comercial	Acceso al crédito
Patentes per cápita	1,00	0,37	0,46	0,40	0,35	0,58	0,31	0,49	0,29	-0,15	0,46
Años de estudio		1,00	0,80	0,63	0,61	0,57	0,56	0,52	0,58	0,09	0,37
Años de estudio terciarios			1,00	0,38	0,31	0,44	0,34	0,48	0,52	-0,07	0,43
Resultados de tests I				1,00	0,75	0,85	0,95	0,54	0,68	0,34	0,49
Resultados de tests II					1,00	0,71	0,61	0,38	0,42	0,32	0,30
Mejores resultados en tests						1,00	0,71	0,58	0,70	0,37	0,46
Resultados básicos en tests							1,00	0,48	0,62	0,27	0,47
Capital tecnológico								1,00	0,76	-0,03	0,63
Calidad institucional									1,00	0,21	0,67
Apertura comercial										1,00	-0,02
Acceso al crédito											1,00

Tabla 1. Matriz de correlaciones entre las variables

La variable que presenta mayor correlación con el resto es la calidad institucional. Para descartar la presencia de multicolinealidad, se calcula el índice de inflación de la varianza (FIV). Dicho índice se calcula a partir del R^2 de la regresión de dicha variable sobre las restantes variables explicativas.

$$FIV = 1/(1-R^2)= 2.38$$

Dado que el valor de FIV se encuentra muy por debajo de 10, se concluye que no existen problemas de multicolinealidad.

Respecto a la baja correlación entre la apertura comercial y las patentes per cápita, se estudia la posible inclusión de la primera como variable irrelevante en el análisis.

A partir de la ratio de verosimilitud y observando que los p-valores de la F y de la razón de verosimilitud son inferiores a 0.05, se rechaza la hipótesis de que la apertura comercial sea una variable omitible. De hecho, tomando como referencia

la estimación (6) de la tabla 2, el modelo ajustado sin la presencia de esta variable refleja un R2 igual a 0.54, inferior al 0.6 que se obtiene incluyendo dicha variable.

4. Resultados del análisis empírico

A continuación se muestran dos tablas con los resultados del análisis. La tabla 2 profundiza en el análisis explicativo de la innovación tecnológica e incluye todas las variables consideradas esenciales para su desarrollo, especificadas en el modelo. Por otro lado, en la tabla 3 se incluyen conjuntamente la dimensión cuantitativa y cualitativa del capital humano junto al resto de factores explicativos de la innovación.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Constante	0.00021	0.000336	-0.000524	0.0000859	0.000302	0.000822**
Desv. Estándar	(0.000230)	(0.000319)	(0.000662)	(0.000265)	(0.000327)	(0.000357)
Capital tecnológico	1.35E-09***	1.28E-09**	1.27E-09*	1.32E-09***	1.37E-09***	9.17E-10*
Desv. Estándar	(3.98E-10)	(6.41E-10)	(6.72E-10)	(4.11E-10)	(4.92E-10)	(4.78E-10)
Calidad institucional	-0.000119**	-0.000107	-0.000143	-0.000105**	-0.000121*	-0.000201**
Desv. Estándar	(0.0000501)	(8.88E-05)	(0.000103)	(0.0000489)	(6.41E-05)	(9.25E-05)
Apertura comercial	-0.000000523	-2.67E-07	-0.00000117	-9.23E-07	-7.01E-07	-2.31E-06**
Desv. Estándar	(7.94E-07)	(3.78E-07)	(7.84E-07)	(8.55E-07)	(9.87E-07)	(8.76E-07)
Acceso al crédito	0.0000025**	2.11E-06	2.29E-06	0.000003**	0.000002**	2.53E-06*
Desv. Estándar	(9.29E-07)	(1.81E-06)	(1.92E-06)	(9.93E-07)	(0.0000012)	(1.43E-06)
Años de estudio	3.86E-05*					
Desv. Estándar	(2.07E-05)					
Años de estudio terciarios		0.000338				
Desv. Estándar		(0.000218)				
Resultados de tests I			0.000286			
Desv. Estándar			(0.000173)			
Resultados de tests II				8.83E-06**		
Desv. Estándar				(0.0000043)		
Resultados básicos en tests					0.000391	
Desv. Estándar					(0.000321)	
Mejores resultados en tests						0.007179**
Desv. Estándar						(0.002824)
N	81	81	62	76	62	62
R-cuadrado	0.38	0.4	0.4	0.39	0.36	0.6
F de White	1.31	1.93	2.12	1.15	1.02	48.88

*** significatividad individual del 1%, ** significatividad individual del 5%, * significatividad individual del 10%.

Tabla 2. Variable a explicar PAT. MCO ajustados por el método de White

La tabla 2 muestra presencia de heteroscedasticidad en las regresiones (2), (3) y (6), con lo que resulta necesario aplicar el ajuste de White para obtener estimaciones consistentes de los parámetros, las varianzas y las covarianzas.

De entre todas las estimaciones, es aquella que incluye el porcentaje de alumnos que alcanzan los mejores resultados en pruebas internacionales de matemáticas y ciencias, como variable educativa, la que aporta una mayor capacidad explicativa, en este caso con un R^2 de 0.6 para una muestra de 62 observaciones. La variable de capital humano en este caso resulta significativa al 5%.

Para el resto de estimaciones, el coeficiente de determinación se encuentra entre 0.36 y 0.4.

La regresión (1) hace uso de los años medios de estudio como variable educativa y muestra un coeficiente de determinación de 0.38 para un total de 81 observaciones, siendo la variable de años de estudio significativa al 10%. Mientras que en la segunda estimación, el R^2 es de 0.4 y los años de estudio terciarios no llegan a ser significativos al 10%.

Por otro lado, las estimaciones (3) y (5) se corresponden con un R2 de 0.4 y 0.36 respectivamente. Ambas regresiones abarcan un total de 62 observaciones y ni los resultados obtenidos en pruebas internacionales de ciencias y matemáticas (para la etapa 1964-2003) en (3), ni el porcentaje de alumnos que alcanzan puntuaciones básicas en los mismos en (5), llegan a ser significativas al 10%.

Asimismo, la regresión (4), que incorpora puntuaciones de tests internacionales en ciencias y matemáticas (para el periodo 1965-1991), muestra un coeficiente de determinación de 0.39 para una muestra de 76 observaciones. La variable educativa, en este caso, resulta ser significativa al 5%.

En consecuencia, se llega a la conclusión de que dado el modelo planteado, es la calidad de la educación, y en particular la distribución educativa, medida como el porcentaje de alumnos que alcanzan los máximos resultados en pruebas internacionales de matemáticas y ciencias, la variable que mejor explica la capacidad de innovación de los países.

No obstante, tanto la cantidad como la calidad educativa resultan compatibles y complementarias, de manera que considerándolas simultáneamente podría incrementarse la capacidad explicativa del modelo. Dado que en la tabla 2, los años de estudio totales y terciarios -como variables de cantidad de educación- no muestran grandes diferencias respecto al coeficiente de determinación, se incluyen

ambas en las nuevas estimaciones, junto con los mejores resultados obtenidos en tests como variable más significativa de calidad educativa. Los resultados se muestran en la tabla 3, considerando las variables educativas de manera agregada o a partir de interacciones entre las mismas.

	(1)	(2)	(3)	(4)
Constante	0.000839*	0.000782**	0.000910**	0.000951***
Desv. Estándar	(0.000429)	(0.000348)	(0.000348)	(0.000292)
Capital tecnológico	9.21E-10*	8.66E-10*	9.56E-10**	9.02E-10**
Desv. Estándar	(4.88E-10)	(4.75E-10)	(4.44E-10)	(4.30E-10)
Calidad institucional	-0.000200**	-0.000220**	-0.000220**	-0.000215***
Desv. Estándar	(9.19E-05)	(9.37E-05)	(8.88E-05)	(7.09E-05)
Apertura comercial	-2.32E-06**	-1.96E-06**	-1.92E-06***	-7.82E-07
Desv. Estándar	(9.05E-07)	(7.49E-07)	(7.06E-07)	(5.46E-07)
Acceso al crédito	2.52E-06*	2.32E-06	2.59E-06*	1.70E-06*
Desv. Estándar	(1.42E-06)	(1.40E-06)	(1.31E-06)	(9.86E-07)
Mejores resultados en tests	0.007224**	0.006775***		
Desv. Estándar	(0.002993)	(0.002532)		
Años de estudio	-2.29E-06			
Desv. Estándar	(1.89E-05)			
Años de estudio terciarios		0.000348**		
Desv. Estándar		(0.000172)		
Mejores resultados en tests * años de estudio			0.000690***	
Desv. Estándar			(0.000242)	
Mejores resultados en tests * años de estudio terciarios				0.009596***
Desv. Estándar				(0.002394)
N	61	61	61	61
R-cuadrado	0.6	0.63	0.64	0.75
F de White	42.14	43.18	39	16.96

*** significatividad individual del 1%, ** significatividad individual del 5%, * significatividad individual del 10%.

Tabla 3. Variable a explicar PAT. MCO ajustados por el método de White

En todas las estimaciones de la tabla 3 se registran problemas de heteroscedasticidad, con lo que nuevamente se aplica el ajuste de White.

Los resultados muestran como la interacción entre los mejores resultados obtenidos en tests y los años de estudio terciarios es capaz de explicar en mayor medida la innovación, con un coeficiente de determinación de 0.75 y siendo el producto de ambas variables significativo al 1%. Para el resto de regresiones, el coeficiente de determinación se sitúa entre 0.6 y 0.64, siendo en la estimación (1) los mejores resultados en tests significativos al 5%, en la (2) los años de estudio terciarios significativos al 5% y los mejores resultados en tests al 1% y en la (3) el

producto de los años de estudio por los mejores resultados en tests significativo al 1%.

Se puede extraer como conclusión que, considerando conjuntamente la cantidad y la calidad educativa, mejora la capacidad explicativa con respecto a las estimaciones de la tabla 2. De todas las formas de medición conjunta del capital humano, resulta ser la interacción entre el porcentaje de alumnos que obtienen resultados sobresalientes en pruebas internacionales de matemáticas y ciencias y los años medios de estudio universitarios, la que muestra mayor coeficiente de determinación.

Es importante justificar la idoneidad del uso simultáneo de ambas variables. Los mejores resultados en tests recogen información sobre puntuaciones de pruebas internacionales (para alumnos de 9 a 15 años) desde 1964 a 2003 y los años de estudio terciarios se corresponden con la media de años de estudios universitarios de la población entre 2000 y 2010. De manera que esta última variable abarca a toda aquella parte de la población que realizó los tests entre 1964 y 2003 y hubo cursado algún año de educación terciaria a posteriori.

Por otro lado, debe considerarse que el efecto de la variable referente a la calidad institucional resulta ser significativo y negativo sobre la innovación tecnológica en todos los casos de la tabla 3, así como en la estimación (6) de la tabla 2. Para comprobar la robustez de este resultado no esperado, se procedió a realizar las estimaciones sustituyendo esta variable por otras variables institucionales utilizadas habitualmente en la literatura. En concreto, se emplearon tres variables extraídas del Banco Mundial: Government Effectiveness, Regulatory Quality y Rule of Law. Para una información más detallada de las variables, véase Kaufmann, Kraay y Mastruzzi (2010). Replicando las estimaciones, las tres resultaron guardar una relación negativa con la innovación y significativa al 1% para la primera variable y al 5% para las otras dos. Esto nos lleva a pensar que, para el modelo planteado, parece confirmarse la relación negativa entre calidad institucional e innovación. Una posible explicación podría estar en que los países que tienen sistemas institucionales más débiles y que protegen menos los derechos de propiedad intelectual crean un escenario idóneo para que en ellos se den procesos de imitación tecnológica. Diversos trabajos han encontrado un fuerte vínculo entre los procesos de imitación y el desarrollo de innovación. Esto es, los países primero importan tecnologías foráneas, después las adaptan a las necesidades locales, posteriormente las imitan de un modo simple, realizan imitaciones de tecnologías más complejas y, finalmente, desarrollan innovaciones propias que puedan ser

competitivas internacionalmente. Por lo tanto, escenarios que consintieran procesos de imitación, al ser más permisivos en la aplicación de los derechos de propiedad intelectual, serían finalmente más beneficiosos para el desarrollo de innovación. Véase al respecto Giménez (2011).

Por otro lado, cabría esperar que un elevado grado de apertura comercial fuera indicativo de que el país tiene capacidad para competir internacionalmente. Por lo tanto, una mayor apertura supondría una mayor competitividad, y esta podría, a su vez, estar relacionada con una fuerte actividad innovadora. Sin embargo, observando los resultados de la matriz de correlaciones, esta relación resulta negativa.

Al revisar con atención los datos correspondientes a patentes y apertura comercial para los países de la muestra, se extraen una serie de conclusiones que sirven para entender el sentido de la relación que reflejan las estimaciones. Los países con una apertura comercial superior al 100%, es decir, aquellos que registran transacciones con el exterior superiores a su producción interna, presentan por lo general una ratio de patentes per cápita baja, inferior a 0.0001. Entre estos países se encontrarían Bélgica, República Checa, Estonia, Hong Kong, Hungría, Luxemburgo, Malasia, Moldavia, Eslovaquia y Tailandia. Además, a excepción de Tailandia y Malasia, estas economías poseen una población reducida, inferior a 15 millones de habitantes por país.

Por otro lado, los países del estudio con mayor capacidad innovadora, considerando como tales aquellos que superan las 15 patentes por 100.000 habitantes, presentan un menor grado de apertura comercial, generalmente por debajo del 70%. En este bloque de países se encontrarían Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Islandia, Israel, Japón, Corea del Sur, Nueva Zelanda, Noruega, Rusia, Suecia, Suiza, Reino Unido y Estados Unidos. Como casos particulares, destacarían Austria e Irlanda, con tasas de apertura comercial del 80% y del 96% respectivamente.

Estos resultados muestran que aquellos países que mantienen un volumen de comercio con el exterior superior a su PIB, siendo generalmente países de pequeño tamaño, muestran un moderado perfil innovador. Estos países tienen fácil acceso a tecnologías, tanto incorporadas como desincorporadas a bienes de capital, a través de las importaciones. Desarrollar innovaciones propias, en procesos donde las economías de escala en la producción son tan importantes en términos relativos, resulta costoso para ellos, por lo que es fácil entender que opten por importar productos con tecnologías foráneas de última generación.

Asimismo, los países con mayor capacidad innovadora parecen ser aquellos que poseen un nivel de producción interna superior al volumen de sus transacciones comerciales con el exterior. Ello podría indicar que países con estas características disponen de una situación más favorable para aprovechar economías de escala en producción y competir internacionalmente en el campo de la innovación tecnológica.

La excepción que confirma la regla la componen países como Holanda, Singapur y Eslovenia, todos ellos con tasas de apertura comercial superiores al 100% y una fuerte actividad innovadora, con patentes per cápita por encima de 15 patentes por 100.000 habitantes.

5. Conclusiones

Este trabajo ha analizado la importancia que el capital humano tiene en el desarrollo de la actividad innovadora. La literatura sobre capital humano ha hecho, tradicionalmente, uso de indicadores basados en la cantidad de educación recibida, siendo el más habitual los años medios de estudio. Frente a estos, recientemente han surgido una serie de trabajos que abogan por la utilización de indicadores basados en los conocimientos adquiridos, medidos a través de pruebas internacionales de conocimiento. Este trabajo plantea qué tipo de indicadores de capital humano, si los cuantitativos o los cualitativos, tiene un mayor poder explicativo en los procesos de innovación. Para ello, se ha elaborado una función de producción tecnológica que cuenta como variables explicativas con el stock de capital humano, el stock de capital tecnológico, un índice de calidad institucional, el grado de apertura comercial de los países y el acceso al crédito.

La innovación tecnológica es una actividad intensiva en trabajo de elevada cualificación, por lo que el capital humano resulta imprescindible para este tipo de procesos. Asimismo, los nuevos descubrimientos vienen determinados por el stock de capital tecnológico disponible, que refleja la innovación previa. La calidad de la estructura institucional también es vista como un input fundamental en el proceso innovador. Con todo, un sistema de protección de los derechos de propiedad intelectual e industrial demasiado rígido podría tener efectos perversos sobre la innovación, al resultar en un mayor coste de acceso a las patentes. Además, un elevado grado de apertura comercial puede suponer una vía de importación o imitación más barata de tecnología extranjera de lo que supondría desarrollarla localmente. Por último, el acceso al crédito permite financiar las elevadas inversiones en investigación y desarrollo.

Mediante el análisis econométrico, basado en técnicas de corte transversal para una amplia muestra de países durante el periodo 2000-2010, se concluye que la calidad educativa, y en particular la distribución de los resultados en pruebas de conocimiento, medida como el porcentaje de alumnos que alcanzan los máximos resultados en pruebas internacionales de matemáticas y ciencias, es la variable que mejor explica la capacidad de innovación de los países. Asimismo, la interacción entre dicha variable y los años medios de estudio universitarios, mejora considerablemente la capacidad explicativa de los procesos de innovación.

Por tanto, frente a la utilización habitual de indicadores cuantitativos para medir el capital humano, los resultados de nuestro estudio sugieren que es más adecuado utilizar una doble perspectiva, cuantitativa y cualitativa, a la hora de estimar el stock de capital humano. Como futura línea de investigación, se pretende realizar una propuesta para integrar la doble perspectiva a través de un indicador sintético. Esto contribuirá a reducir los errores y sesgos de medición derivados de la omisión de variables relevantes, así como a mejorar la capacidad explicativa de los modelos empíricos que interrelacionan capital humano, innovación y crecimiento.

Este artículo fue elaborado en base a financiación de los proyectos PUNQ 1046/11 y FECEPAD 269-122.

Agradecimientos

Queremos agradecer a los dos evaluadores/as las sugerencias realizadas que, sin duda, han contribuido a mejorarlo.

Referencias

ACEMOGLU, D. (2001). Human capital policies and the distribution of income: A framework for analysis and literature review. *Treasury Working Paper* Series 01/03 New Zealand Treasury.

AGHION, P.; HOWITT, P. (2009). *The Economics of Growth*. Massachusetts Institute of Technology (MIT) Press: Cambridge, US.

ALONSO, J.A.; GARCIMARTÍN, C. (2011). Criterios y factores de calidad institucional: un estudio empírico. *Revista de Economía Aplicada*, XIX, 55: 5-32.

ARROW, K.J. (1962). The Economic Implications of Learning by Doing. *Review of Economic Studies*, 29: 155-173. http://dx.doi.org/10.2307/2295952

BARRO, R.J. (1997). *Determinants of Economic Growth: A Cross-Country Empirical Study*. Cambridge, MA: MIT Press.

BARRO, R.J. (2001). Human Capital and Growth. *American Economic Review*, Papers and Proceedings, 91(2): 12-17. http://dx.doi.org/10.1257/aer.91.2.12

BARRO, R.J.; LEE, J. (2011). A New Data Set of Educational Attainment in the World, 1950-2010. *NBER Working Paper* 15902, Cambridge, disponible online en: http://www.barrolee.com/

BARRO, R.J.; SALA-I-MARTIN, X. (1995). *Economic Growth*. New York: McGraw-Hill.

BENHABIB, J.; SPIEGEL, M.M. (1994). The role of human capital in economic development: Evidence from aggregate cross-country data. *Journal of Monetary Economics,* 34(2): 143-173. http://dx.doi.org/10.1016/0304-3932(94)90047-7

CHANDIMA, A.; DE SOTO, H. (2009-2011). International Property Rights Index, Reports 2009-2011, disponible online en: www.InternationalPropertyRightsIndex.org – Último acceso Agosto 2011.

COHEN, D.; SOTO, M. (2007). Growth and human capital: Good data, good results. *Journal of Economic Growth*, 12(1): 51-76. http://dx.doi.org/10.1007/s10887-007-9011-5

DE LA FUENTE, A.; DOMÉNECH, R. (2006). Human capital in growth regressions: How much different does data quality make? *Journal of the European Economic Association*, 4(1): 1-36. http://dx.doi.org/10.1162/jeea.2006.4.1.1

GIMÉNEZ, G. (2005). La relación entre tecnología y capital humano. Revista de Investigación en Gestión de la Innovación y la Tecnología, disponible online en: http://www.madrimasd.org/revista/revista29/aula/aula2.asp – Último acceso Agosto 2011.

GIMÉNEZ, G. (2011). Imitations, economic activity and welfare. *Documento de Trabajo DTECONZ* 2011-03, Facultad de Economía y Empresa, Universidad de Zaragoza.

GLAESER, E.L.; SACKS, R. (2006). Corruption in America. *Journal of Public Economics*, 90(6-7): 1053-1072. http://dx.doi.org/10.1016/j.jpubeco.2005.08.007

GUNDLACH, E. (1995). The role of human capital in economic growth: New results and alternative interpretentions. *Weltwirtschaftliches Archiv*, 131(2): 383-402. http://dx.doi.org/10.1007/BF02707441

HANUSHEK, E.A.; KIMKO, D.D. (2000). Schooling, labor-force quality, and the growth of nations. *The American Economic Review*, 90(5): 1184-1208. http://dx.doi.org/10.1257/aer.90.5.1184

HANUSHEK, E.A.; WÖBMANN, L. (2007). The role of education quality in economic growth. *World Bank Policy Research Working Paper*, 4122.

HANUSHEK, E.A.; WÖBMANN, L. (2009). Do better schools lead to more growth? Cognitive skills, economic outcomes, and causation. *NBER Working Papers* 14633.

HELPMAN, E. (2004). *The Mistery of Economic Growth*. Harvard University Press.

ISLAM, N. (1995). Growth empirics: A panel data approach. *Quarterly Journal of Economics*, 110(4): 1127-1170. http://dx.doi.org/10.2307/2946651

ISLAM, R. (2010). Human capital composition, proximity to technology frontier and productivity growth. *Department of Economics, discussion paper* 23/10. Monash University.

KAUFMANN, D.; KRAAY, A.; MASTRUZZI, M. (2010). The worldwide governance indicators: Methodology and analytical issues. World Bank Policy Research Paper 5430, disponible online en: http://ssrn.com/abstract=1682130 – Último acceso February 2012.

KRUEGER, A.B.; LINDAHL, M. (2001). Education for growth: Why and for whom? *Journal of Economic Literature*, 39(4): 1101-1136. http://dx.doi.org/10.1257/jel.39.4.1101

LÓPEZ-PUEYO, C.; SANAÚ, J.; BARCENILLA, S. (2001). Pautas sectoriales del capital tecnológico en la Unión Europea, 1975-1992. *Revista de Economía Aplicada*, 9(27): 157-175.

LUCAS, R.E. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22: 3-42. http://dx.doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7

O'NEILL, D. (1995). Education and income growth: Implications for cross-country inequality. *Journal of Political Economy*, 103(6): 1289-1301. http://dx.doi.org/10.1086/601455

ROMER, P.M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 94: 1002-1037. http://dx.doi.org/10.1086/261420

ROMER, P.M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98(5): 71-102. http://dx.doi.org/10.1086/261725

SOLOW, R.M. (1957). Technical change and the aggregate production function. *Review of Economics and Statistics*, 39(3): 312-320. http://dx.doi.org/10.2307/1926047

TEMPLE, J. (1999). A positive effect of human capital on growth. *Economic Letters*, 65(1): 131-134. http://dx.doi.org/10.1016/S0165-1765(99)00120-2

UZAWA, H. (1965). Optimum technical change in an aggregative model of economic growth. *International Economic Review*, 6: 18-31. http://dx.doi.org/10.2307/2525621

WEIL, D. (2008). *Economic Growth* (2nd Edition). Boston: Addison Wesley.

WÖBMANN, L. (2003). Specifying human capital. *Journal of Economic Surveys*, 17(3): 239-270. http://dx.doi.org/10.1111/1467-6419.00195

Apéndice A: Lista de variables y fuentes

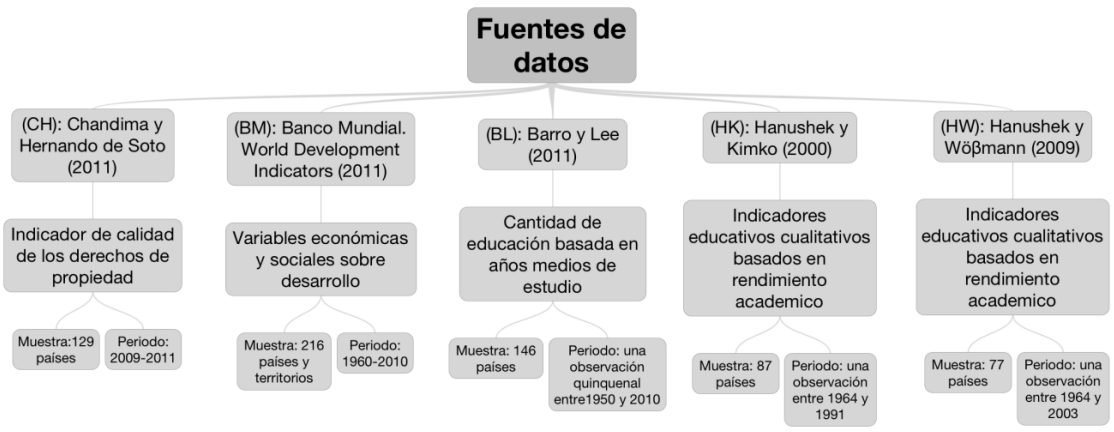


Figura 1. Fuentes y descripción de los datos empleados

Variables del análisis

- Acceso al crédito: crédito doméstico provisto por el sector bancario como porcentaje del PIB, que incluye el crédito concedido a distintos sectores con la excepción del crédito al gobierno central (BM: domestic credit provided by banking sector (% of GDP))

- Años de estudio: años medios de estudio de la población con edad superior a 15 años para el periodo 2000-2010 (BL: Avg. Year of Total Schooling)

- Años de estudio terciarios: años medios de estudio universitarios de la población con edad superior a 15 años para el periodo 2000-2010 (BL: Avg. Year of Tertiary)

- Apertura comercial: suma de exportaciones e importaciones respecto al PIB (calculado a partir de los datos de (BM))

- Calidad institucional: Índice Internacional de Derechos de Propiedad. Resultante del promedio de los Índices de Entorno Legal y Político, Derechos de Propiedad Físicos y Derechos de Propiedad Intelectual (CH: International Property Rights Index (IPRI))

- Capital tecnológico: capital tecnológico per cápita inicial para el año 2000 (calculado a partir de los datos de (BM))

- Mejores resultados en *tests*: porcentaje de alumnos que alcanzan los máximos resultados en los *tests* internacionales, con una valoración igual o superior a 600 respecto a la escala PISA (HW: top)

- Patentes per cápita: número de patentes per cápita solicitadas por residentes (calculado a partir de los datos de (BM))

- Resultados básicos en *tests*: porcentaje de alumnos que alcanzan unos resultados mínimos, considerados de alfabetización básica, en *tests* internacionales de ciencias y matemáticas, con una valoración igual o superior a 400 en la escala de PISA (HW: basic)

- Resultados de *tests* I: media de los resultados en *tests* internacionales de ciencias y matemáticas entre 1964 y 2003 (HW: cognitive)

- Resultados de *tests* II: puntuación media de los resultados en *tests* internacionales de matemáticas y ciencias entre 1965 y 1991 (HK: QL1*)

Apéndice B: La medición del stock de capital tecnológico

El stock de capital tecnológico inicial para el año 2000 es calculado a partir de la ecuación descrita por López-Pueyo, Sanaú y Barcenilla (2001):

$$R_{2000} = \frac{E_{1999}}{g + d}$$

Siendo:

R_{2000} = stock tecnológico en el año 2000.

E_{1999} = gasto en I+D en el año 1999.

g = tasa media anual acumulativa de los gastos en I+D para el periodo 2000-2010.

d = tasa de depreciación del *stock* tecnológico, que se considerará del 15%.

La estimación de esta variable se realiza para toda la muestra de países disponibles, haciendo uso de los datos de gasto en I+D para hallar el *stock* de capital tecnológico en términos absolutos. Una vez calculado este, se relativiza dividiendo para la población de cada uno de los países.

No obstante, deben considerarse las dificultades derivadas de la falta de datos de gasto en I+D para varios de los años en un elevado número de países. Para aquellos casos en que no se dispone de información sobre el gasto en I+D en 1999 se utilizan los datos para el año más cercano, considerando un margen máximo de 2 años, desde 1997 hasta 2001.

Intangible Capital, 2012 (www.intangiblecapital.org)

SOME RIGHTS RESERVED

El artículo está con Reconocimiento-NoComercial 3.0 de Creative Commons. Puede copiarlo, distribuirlo y comunicarlo públicamente siempre que cite a su autor y a Intangible Capital. No lo utilice para fines comerciales. La licencia completa se puede consultar en http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/es/