

# Una nueva medida de capital humano como determinante del crecimiento económico.

Un caso empírico por medio de la metodología de componentes principales\*

A new measure of human capital as determinant of economic growth.

An empirical case through the methodology of principal components

Henry Laverde\*\*  
Diego Andrés Guevara Fletcher\*\*\*

Recibido: 28 de marzo de 2015

Revisado: 17 de febrero de 2016

Aprobado: 08 de mayo de 2015

---

\* Trabajo de investigación financiado por la Universidad Gran Colombia. Como citar este artículo: Laverde, H. & Guevara, F. (2014). Una nueva medida de Capital Humano como determinante del Crecimiento Económico. Revista CIFE, 16 (25), 167-184.

\*\* Doctor en Economía, Universidad Nacional de la plata-argentina, docente investigador de la Facultad de Ciencias económicas y administrativas de la Universidad La Gran Colombia integrante del grupo de investigación Desarrollo y Calidad de Vida, correo: hlaverde@gmail.com

\* Doctor en Ciencias Sociales, FLACSO, docente investigador de la Facultad de Ciencias económicas y administrativas de la Universidad La Gran Colombia integrante del grupo de investigación Desarrollo y Calidad de Vida, correo:diegoguevaraf@gmail.com

## Resumen

El presente documento evalúa una medida alternativa de capital humano en modelos de crecimiento económico dados los inconvenientes presentados en las estimaciones por mínimos cuadrados ordinarios. Este procedimiento se realiza mediante el método de análisis de componentes principales, el cual incorpora varios elementos relacionados con el capital humano –una de las variables fundamentales para el crecimiento económico según la teoría económica– y, de esta manera, superar varios problemas presentes en las variables educativas utilizadas tradicionalmente para medir este *stock*, haciéndola mucho más acertada desde una perspectiva conceptual. La medida es evaluada y contrastada en regresiones tradicionales de sección cruzada para 91 países en el periodo 1970-2011. Los resultados avalan las bondades de la variable, particularmente cuando se controla por países de África subsahariana.

**Palabras clave:** capital humano, crecimiento económico, análisis de componentes principales

**Clasificación JEL:** J24, F43

## Summary

This paper evaluates an alternative measure of human capital in economic growth models given the drawbacks presented in the estimates by OLS. This procedure is estimated by principal component analysis, which incorporates several related to human capital, one of the key to economic growth according to economic theory variable elements, and thus, superandor several problems exist in educational variables traditionally used to measure this stock and at the same time, making it much more accurate from a conceptual perspective. The measure is then evaluated and verified in traditional cross-sectional regressions for 91 countries in the period 1970-2011. The results support the benefits of variable, particularly when controlled by sub-Saharan African countries.

**Keywords:** Human Capital, Economic Growth, principal component analysis.

**Classification JEL:** J24, F43

## 1. Introducción

El creciente interés en el tema del capital humano y su relación con los temas del crecimiento y del desarrollo ha influido notablemente el devenir histórico de la ciencia económica. Detrás de esta creciente importancia se percibe el poder determinar la dependencia de ciertas capacidades profesionales, así como la explicación de los gastos en educación, particularmente en el crecimiento económico.

En este sentido, la teoría económica, especialmente la referida a los modelos neoclásicos –como el modelo aumentado de Solow–, así como los modelos endógenos, incorporan el capital humano como elemento fundamental del crecimiento económico. Sin embargo, la evidencia empírica que ha documentado esta relación ha encontrado resultados divergentes. Algunos autores han tratado de evaluar estas discrepancias en los resultados (ver, por ejemplo, Cohen y Soto, 2007). Entre las posibles explicaciones se encuentran los problemas econométricos derivados de su aplicación y los errores de medida que surgen de las proxies utilizadas en la variable en mención.

Este documento tiene como objetivo central tratar estos problemas por medio de la implementación de una nueva medida de capital humano. El indicador propuesto, construido mediante análisis de componentes principales, se convierte en una medida que incorpora, en una sola métrica, varios elementos que se le atribuyen al capital humano, por lo tanto, puede disminuir –o eliminar en una gran proporción– el error de medida y sesgo de variables omitidas que presentan las variables educativas, por ejemplo, los años promedio de educación.

Este método permite reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos. Técnicamente es usado para hallar las causas de la variabilidad de un conjunto de datos y ordenarlas según su relevancia.

En el presente documento, la medida de componentes principales es incorporada inicialmente en dos modelos seminales de crecimiento: uno basado en el modelo de Mankiw, Romer & Weil (1992); el segundo es el realizado por Barro (1991). El primero intenta determinar las variaciones del PIB per cápita por medio de la inversión, las tasas de crecimiento poblacional y el capital humano. El modelo puede ser estimado de manera consistente por el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) siempre y cuando las variables explicativas no estén correlacionadas con el error. Este supuesto es violado por los modelos que utilizan variables educativas como única variable para aproximar al capital humano. Algunos estudios han tratado de corregir este problema por medio de variables instrumentales. El problema de este enfoque consiste en que, a nivel macroeconómico, es muy difícil encontrar instrumentos válidos para el capital humano, imposibilitando la estimación por MCO en dos etapas. Por otro lado, la variable propuesta

en este documento, dada su construcción, evita este problema encontrando resultados consistentes por medio de MCO.

Este trabajo testea la bondad del indicador propuesto observando el impacto sobre las variables de crecimiento, su significancia estadística y la capacidad explicativa bajo diferentes especificaciones para una muestra 91 países con diferentes niveles de desarrollo en el periodo 1970-2011.

El documento está estructurado, a parte de esta introducción, de la siguiente manera: en la segunda sección se revisa alguna literatura puntual alrededor del problema planteado. En la tercera sección se presentan el modelo econométrico básico y los posibles problemas que surgen en su estimación. En la cuarta sección se muestran los resultados de estimación, que se contrastan con la medida tradicional de capital humano. Finalmente, en la última sección se concluye.

## **2. Un repaso de la literatura sobre crecimiento económico y capital humano**

En los modelos neoclásicos sobre el crecimiento económico, Solow (1957) planteó la discusión teórica que destaca al ser humano como componente fundamental en el desarrollo productivo, con repercusión en el crecimiento económico.

Posteriormente, Denison (1962) centró su atención en la educación como parte del crecimiento económico y señaló que la estimación de la contribución del avance de los conocimientos se obtiene como un residuo de Solow. Sin embargo, después de realizar las pruebas econométricas, encontró que este “residuo” no es explicado por ninguno de los dos factores de la producción, sino por las mejoras cualitativas en la fuerza de trabajo proveniente de la educación (Martínez, 1997, p. 11).

Schultz (1963) estimó un modelo en el cual logró comparar las tasas de retorno de un dólar invertido en educación y de uno invertido en capital físico. Los resultados arrojaron que el monto de dinero invertido en recursos humanos es tan o más grande que la rentabilidad del capital físico, argumentando que la educación debe considerarse como una inversión (Martínez, 1997, p. 12).

Además de los anteriores desarrollos, se destacan otros trabajos académicos relevantes, como los desarrollados por Becker (1964) y Mincer (1981). Estos dos autores relatan una abundante producción académica relacionada con la educación y la experiencia en capital humano.

Siguiendo con la prolífera literatura sobre este tema, se destacan tres estudios que han marcado el trabajo empírico del crecimiento económico y capital humano, investigaciones fundamentales para el trabajo que aquí se relaciona: Barro (1991), Mankiw et al. (1992) y Levine & Renelt (1992).

Barro (1991) trata de evaluar la convergencia condicional de las economías tomando como elemento fundamental el capital humano, aproximado por medio de las tasas de matriculación. De este documento se desprenden dos resultados fundamentales: los países convergen de manera condicional a sus estados estacionarios, y existe una fuerte relación entre capital humano y crecimiento económico.

Mankiw, Romer & Weil (1992), basados en el modelo de Solow aumentado, dividieron el capital en físico y humano. Ellos aproximaron este último *stock* por medio de las tasas de matriculación escolar. Los resultados empíricos muestran que el coeficiente sobre inversión en educación fue positivo y fuertemente significativo. Además, con la inclusión de esta variable se obtuvieron resultados más plausibles del impacto del capital físico sobre el crecimiento económico. Entre el capital físico, el crecimiento de la población y el capital humano se logró explicar casi el 80 % de la variación de las tasas de crecimiento para una muestra de 98 países.

La conclusión que se desprende de estos dos importantes estudios es que incrementos del capital humano estimulan el crecimiento económico. Barro (1991), por ejemplo, concluyó que con un incremento de 1.0 de las tasas de matriculación primaria se obtiene un efecto en las tasas de crecimiento de 1.25 puntos porcentuales, y con la mitad de ese aumento de las tasas de matriculación secundaria habría un aumento de 1.5 puntos porcentuales. Los resultados de Mankiw *et al.* (1992) apuntan en esta misma dirección.

Dado que tanto Barro (1991) como Mankiw et al. (1992) usaron muy pocas variables independientes, los modelos econométricos podrían sufrir el sesgo de la variable omitida. Esto ha conllevado a un número elevado de investigaciones a probar diferentes variables, las cuales, se cree, podrían influir sobre el crecimiento económico. El influyente documento de Levine & Renelt (1992) verificó la robustez de dichas variables al aplicar una variante del método de Test de los Límites Extremos. De sus resultados se desprende que las únicas variables que parecen tener la significancia y los signos esperados ante diferentes especificaciones son el PIB inicial y la inversión. La importante conclusión de este estudio es que las variables educativas no pasan las pruebas de robustez que el Test de Límites Extremos exige. Después de la publicación de este estudio, otros autores han confirmado estos resultados (Bils & Klenow, 2000; Prichett, 2001; Cohen y Soto, 2007).

La explicación ante la divergencia de estos resultados ha sido explicada por problemas de variables omitidas y por errores de la medida utilizada. Hanushek & Kimko (2000) evaluaron el problema de variable omitida por medio de una importante variable: la

calidad. Al incluir la calidad de la educación, construida mediante pruebas internacionales, se quieren corregir las variables educativas basadas en cantidad. La mera inclusión de una variable, como los años promedio de educación o las tasas de matriculación escolar, puede medir el capital humano con error. Para corregir este problema, Hanushek & Kimko (2000) construyeron una medida de rendimiento educativo que aproximaron por medio de las pruebas en matemáticas y ciencias para estudiantes de 31 países. A partir de estos test se pueden construir indicadores estandarizados para luego introducirlos en las regresiones de crecimiento económico. Dado que ellos solo tuvieron esta variable en un punto del tiempo, no pudieron regresar las tasas de crecimiento económico sobre cambios en el stock de capital humano. Para la muestra de 31 países, Hanushek & Kimko (2000) encontraron evidencia de una relación positiva y significativa con el crecimiento. Adicionalmente, cuando esta variable fue introducida conjuntamente con la variable educativa basada en cantidad, esta última perdió fuerza de impacto sobre el crecimiento y se tornó no significativa estadísticamente.

Ellos percibieron que su medida podría sufrir problemas de endogeneidad, de tal manera que evaluaron la posible simultaneidad entre esta variable y el ingreso. Con este objetivo, Hanushek & Kimko (2000) formularon un sistema de ecuaciones para validar que el coeficiente que conecta el posible problema de endogeneidad fuera igual a cero. Para verificarlo, probaron econométricamente la relación entre su variable y los recursos destinados por el gobierno para mejorar la calidad educativa, los cuales, a su vez, se ven afectados indirectamente por el comportamiento de la economía. Los investigadores no encontraron poder explicativo en ninguna de estas variables, así que concluyeron que hay poca evidencia de causalidad inversa, y, por lo tanto, que no existen problemas de endogeneidad.

### 3. Crecimiento económico y algunos problemas econométricos

Como es conocido, la correlación entre los regresores y el término de error causa sesgo en la estimación de los parámetros por medio de mínimos cuadros ordinarios (MCO). La especificación econométrica básica presentada por Mankiw et al. (1992) se puede establecer de la siguiente manera:

$$\ln(Y_{i,t}/L_{i,t}) = \ln(A_{i,0}) + \alpha/(1 - \alpha) \ln(s_{k,i}) - \alpha/(1 - \alpha) \ln(n_i + g + \delta) + \beta/(1 - \alpha) \ln(h_i) + u_i \quad (1)$$

donde  $Y_{i,t}$  es el producto,  $L_{i,t}$  es el trabajo,  $A_{i,0}$  es el nivel de tecnología,  $s_{k,i}$  y  $h_i$  son los *stocks* de capital físico y humano por trabajador efectivo.  $L$  y  $A$  se asumen crecer exógenamente a las tasas  $n$  y  $g$ , respectivamente. Como  $A_{i,0}$  es el único término específico del país no

observado, Mankiw *et al.* (1992) asumen que  $\ln(A_{i,0}) = A + e_i$ , donde  $e_i$  es un *shock* aleatorio específico de cada país que está no correlacionado con  $n_i$ ,  $s_{k,i}$  y  $h_i$ . Esto conduce a:

$$\ln(Y_{i,t}/L_{i,t}) = A + \alpha/(1 - \alpha) \ln(s_{k,i}) - \alpha/(1 - \alpha) \ln(n_i + g + \delta) + \beta/(1 - \alpha) \ln(h_i) + \varepsilon_i \quad (2)$$

donde  $\varepsilon_i = u_i + e_i$ , y la ecuación 2 da los fundamentos teóricos para la estimación de los determinantes del crecimiento económico utilizada en la primera parte de este documento. Pero, ¿qué es exactamente  $e_i$ ?

La ambigüedad en la literatura respecto a este error es común en crecimiento económico. Algunos problemas que se presentan al tratar de estimar la ecuación 2 son los siguientes:

1. **Heterogeneidad de los parámetros.** La ecuación 2 asume que el impacto de las variables es el mismo para todos los países, lo cual podría ser un supuesto muy fuerte y poco realista, además de generar sesgo en las estimaciones.
2. **Sesgo de variable omitida.** Como se mencionó, los estudios de crecimiento económico encuentran resultados divergentes. Esto se debe, posiblemente, al problema de sesgo de variable omitida. Para evitar este problema, deberían ser incluidas todas las variables que determinan el crecimiento económico. Sin embargo, la disponibilidad de datos impide incluir estas variables de manera satisfactoria.
3. **Endogeneidad.** Como mencionan Glewwe *et al.* (2014), algunas variables explicativas pueden responder simultáneamente a la variable dependiente o estar relacionadas con el error. Este problema lleva a sesgo en las estimaciones de regresión por MCO; este sería el caso de las variables educativas.
4. **Errores de medida.** Algunas variables usadas en sección cruzada pueden ser medidas imprecisamente. Este es el caso de los años promedio de educación como variable *proxy* del capital humano: el concepto de capital humano incorpora una serie de elementos que difícilmente serán capturados por una sola variable, como los años promedio de educación. Hanushek & Kimko (2000) han demostrado que, solamente controlando por calidad, la variable basada en cantidad educativa pierde fuerza y significancia, dilucidando posiblemente los errores de medida que incorpora esta medida como único elemento del capital humano.

Por otro lado, algunos enfoques pueden ayudar a resolver el problema de endogeneidad y disminuir el problema de error de medida. El MCO en dos etapas puede ser útil en estos casos siempre y cuando se encuentren disponibles algunos instrumentos que sean válidos, lo cual es una tarea compleja en este tipo de literatura. Otro método frecuentemente utilizado es usar valores rezagados de variables como instrumentos de sus actuales valores, pero los rezagos podrían aun estar rezagados con el término de error (para una discusión alrededor de estos problemas ver Durlauf *et al.*, 2005).

Usar versiones diferenciadas de las ecuaciones de regresiones de crecimiento económico, es decir, regresar cambios en las tasas de crecimiento sobre cambios en las variables explicativas también ha sido una metodología utilizada. Esto resuelve el problema de sesgo debido a que elimina los términos no observados que son invariantes en el tiempo y correlacionados con los regresores observados. Sin embargo, también excluye todas las variables invariantes en el tiempo, con lo cual puede exacerbar el sesgo de medida de error.

Ante las grandes limitaciones que presentan las estimaciones de crecimiento económico, algunos autores sostienen que es imposible obtener estimaciones precisas de los determinantes del crecimiento económico. Por ejemplo, Durlauf *et al.* (2005) argumentan que lo mejor que se puede hacer es observar cuáles variables son relevantes (variables que son estadísticamente significativas en diferentes especificaciones) y cuáles no.

## **4. Evidencia para el capital humano en regresiones de sección cruzada**

### **4.1 Una nueva variable de capital humano estimada por medio de análisis de componentes principales**

Como se discutió en las secciones anteriores, aunque la literatura alrededor del capital humano y el crecimiento económico respalda la hipótesis de que el capital humano es un factor determinante en las tasas de crecimiento, esta variable por sí sola induce serios problemas econométricos —como errores de medida y endogeneidad—, así como conceptuales, los cuales siembran dudas alrededor de sus estimaciones. Esta sección introduce una nueva variable basada en una medida compuesta construida a partir de incorporar el mayor número posible de variables que determinan el capital humano. Mediante este procedimiento no solo se logra construir un indicador conceptualmente más robusto, sino que se pueden corregir los problemas de error de medida y variables omitidas. La metodología elegida es conocida como Análisis de Componentes Principales (ACP).

Es preciso mencionar que el ACP pertenece a un grupo de técnicas estadísticas multivariantes eminentemente descriptivas. En este contexto, el ACP es un procedimiento estadístico para el análisis de datos. El ACP tiene las siguientes características:

1. Permite construir indicadores como resúmenes de un conjunto característico dado (métodos de reducción de dimensión).
2. Es útil cuando las variables están relacionadas linealmente y son de tipo cuantitativo.



3. Si  $X_1, X_2, \dots, \dots, X_p$  es el conjunto de características cuantitativas que queremos resumir, entonces el ACP proporciona las  $p$  nuevas variables:

$$Y_1 = a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + a_{1p} X_p \text{ (Primer componente)}$$

$$Y_2 = a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + a_{2p} X_p \text{ (Segundo componente)}$$

•  
•  
•

$$Y_p = a_{p1} X_1 + a_{p2} X_2 + a_{pp} X_p \text{ (P-ésima componente)}$$

4. Las componentes con combinaciones lineales de las variables originales, donde  $a_{ij}$  es la ponderación (peso) que tiene la variable  $X_j$  sobre la componente  $i$ .
5. Las componentes son resúmenes de la información de las variables originales.
6. La primera componente principal  $Y_1$  contiene la mayor cantidad de información de las variables originales  $X_1, X_2, \dots, \dots, X_p$ .
7. La segunda componente principal  $Y_2$  contiene la mayor cantidad de información después de la primera componente, y así sucesivamente.
8. La información de la primera componente principal es única en el sentido de que no la comparte con las demás componentes.
9. La información de la segunda componente principal es única en el sentido de que no la comparte con las demás componentes, y así sucesivamente.

La anterior descripción permite, por tanto, superar los problemas de variables omitidas y error de medición que resultarían de una estimación por MCO.

Para este documento se utilizó un método de Análisis de Componentes Principales, que permite conseguir el valor del capital humano mediante la integración de varios elementos que están altamente ligados a la noción de este *stock*. Las variables utilizadas para medir el concepto se basan en la literatura alrededor del capital humano.

En este orden de ideas, se construyó una métrica abstracta como resultado de la influencia de las siguientes variables: el entorno socioeconómico de cada país, los recursos destinados a la inversión de este capital, las condiciones de salubridad y las inversiones en educación. Para hacer operativo el modelo, es necesario contar con una serie de variables observables, las cuales fueron obtenidas de los indicadores de desarrollo del Banco Mundial para una muestra de 91 países en el periodo 1970-2011. El entorno

socioeconómico fue medido con el valor agregado que aporta el sector agrícola al PIB y por una variable *dummy* que clasifica a los países de acuerdo con el ingreso nacional bruto per cápita en el periodo de estudio. Los recursos destinados a la inversión del capital humano fueron aproximados por los tamaños de los hogares, para ello se utilizaron las tasas de fertilidad como *proxy*. Las condiciones de salubridad son medidas con la esperanza de vida y tasa de mortalidad para menores de 5 años. Las inversiones en educación son medidas por medio de la habitual variable años promedio de educación, de Barro & Lee (2013), y por la razón estudiantes-profesores, para capturar calidad educativa. Como este *stock* también influye sobre la productividad de los trabajadores y sobre su capacidad inventiva y de absorber nuevas tecnologías, estos elementos son incorporados por medio del consumo de energía per cápita y las solicitudes de patentes de residentes per cápita.

Una vez la medida es conseguida mediante este método, se hace necesario probar su comportamiento en diferentes especificaciones de crecimiento económico y compararla con la tradicional medida basada en educación. Esta nueva medida podría disminuir significativamente los problemas de errores de medida y variables omitidas presentados en las medidas tradicionales del capital humano, como los años promedio de educación o las tasas de matriculación escolar. Sin embargo, algunos problemas aún podrían persistir, particularmente el de endogeneidad, con lo cual, los resultados presentados a continuación deberían ser tomados con prudencia. Adicionalmente, una debilidad de la nueva medida es que dentro del bloque de las inversiones en educación no controla por calidad satisfactoriamente, al no contar con una medida más precisa que la razón estudiantes-profesores, lo cual es fundamental, como bien lo han señalado Hanushek & Kimko (2000). La medida de calidad utilizada por estos autores no está disponible a través del tiempo, lo cual imposibilita su utilización en el actual contexto. Es preciso mencionar que la elección de las anteriores variables obedeció, en primera instancia, a la selección utilizada por los autores mencionados en la tercera sección del presente documento, particularmente por Mankiw et al. (1992), a partir del modelo de Solow aumentado y, el segundo, presentado por Barro (1991).

## **4.2 Efectos del índice de capital humano sobre el crecimiento**

La primera columna de la tabla 1 reporta los resultados estimados de la ecuación 2 basados en el modelo básico de Mankiw et al. (1992), el cual evalúa el impacto de la inversión en capital físico, la tasa de crecimiento poblacional y el capital humano sobre el ingreso per cápita real de 91 países de diferentes niveles de desarrollo. Los datos son anuales y fueron tomados de *Penn World Table*; los indicadores de desarrollo del Banco Mundial cubrieron el periodo 1970-2011. La inversión en capital físico (I/PIB) es medida como la participación promedio del periodo 1970-2011 de la inversión real a PIB real. La tasa

de crecimiento de la población ( $n$ ) es el promedio de la población en edad de trabajar en el periodo 1970-2011. La variable de capital humano (ICH) es el promedio entre 1970-2011 de una variable creada a partir de componentes principales. Para estimar la ecuación 2, se asume que  $g+\delta$  es igual a 0.05, el cual es el valor supuesto por Mankiw *et al.* (1992).

Los resultados de la primera columna son similares a los encontrados en otros estudios: los coeficientes de la inversión en capital físico y las tasas de crecimiento de la población tienen el signo esperado y la significancia estadística en la determinación del producto real. Los resultados para ICH indican una fuerte relación con el nivel del producto real; la variable se muestra altamente significativa. Estas tres variables logran explicar una gran porción de las variaciones del ingreso per cápita de la muestra utilizada,  $R^2$  ajustado = 0.73.

La segunda columna estima el mismo modelo utilizando como *proxy* del capital humano los años promedios de educación (APE) para personas mayores de 15 años, estimada por Barro & Lee (2013) y utilizada tradicionalmente en este tipo de regresiones. La variable educativa reporta resultados similares a otros estudios: un alto impacto (aunque menor que el de ICH) y significancia ante los niveles de ingreso real. Esta variable ayuda a explicar, junto con las variables de inversión y tasas poblacionales, el 72 % de la varianza del ingreso real. Esta primera inspección reporta un buen comportamiento de la variable creada como sustituta de la variable educativa al impactar más sobre el ingreso real y al hacerlo de manera muy significativa.

La tercera y la cuarta columnas adicionan a los modelos variables *dummies* para países de África subsahariana y Latinoamérica. El coeficiente para los países latinoamericanos no parece ser consistente en los dos modelos al no tener el signo esperado ni la significancia estadística encontrados en otros estudios. Por otra parte, la variable para los países africanos muestra un buen rendimiento en ambos modelos, tanto en signo como en significancia. En el caso de la variable de capital humano ICH, la introducción de estas variables aumenta el impacto sobre la renta real, se mantiene fuertemente significativa y aumenta el poder explicativo del modelo en cinco puntos porcentuales. Para la variable educativa tradicional su impacto disminuye, aunque se mantiene su significancia estadística, y la diferencia en el poder explicativo de ambos modelos aumenta en diferencia.

Tabla 1. Estimación del modelo de Mankiw et al. (1992) con el índice de capital humano (ICH)

	Variable dependiente: log del PIB per cápita promedio 1970-2011							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Constante	9.022 *** (0.447)	7.575*** (0.702)	8.676*** (0.432)	7.469*** (0.699)	7.171*** (0.478)	5.492*** (0.556)	7.412*** (0.422)	5.906*** (0.605)
$\ln(I/PIB)$	0.836*** (0.211)	0.768*** (0.250)	0.645*** (0.222)	0.563** (0.259)				
$\ln(n + g + \delta)$	-0.244** (0.097)	-0.323*** (0.114)	-0.142 (0.086)	-0.257** (0.122)				
$\ln(ICH)$	1.747*** (0.257)		1.839*** (0.253)		1.676*** (0.231)		1.559*** (0.245)	
$\ln(APE)$		1.345*** (0.216)		1.288*** (0.221)		1.513*** (0.187)		1.332*** (0.213)
<i>África subsahariana = 1</i>			-0.546** (0.239)	-0.458** (0.222)			-0.835*** (0.171)	-0.471*** (0.174)
América Latina = 1			0.288* (0.149)	-0.246 (0.176)				
$\ln(GOV/PIB)$					-0.0389 (0.200)	-0.333* (0.175)	-0.08 (0.156)	-0.326* (0.162)
$\ln(APER)$					0.598*** (0.215)	0.699*** (0.161)	0.679*** (0.168)	0.765*** (0.151)
$\ln(INTER)$					0.314** (0.154)	0.159 (0.204)	0.327** (0.162)	0.191 (0.214)
$\ln(INFLA)$					-0.128* (0.073)	-0.205*** (0.061)	-0.109* (0.062)	-0.198*** (0.058)
DEMO					0.241 (0.252)	0.101 (0.226)	0.019 (0.221)	0.011 (0.233)
CONTES					0.376*** (0.133)	0.377*** (0.131)	0.298** (0.115)	0.357*** (0.132)
INCLUSIVE					-0.157 (0.150)	-0.270* (0.141)	-0.072 (0.118)	-0.209 (0.136)
Tamaño de la muestra	91	91	91	91	91	91	91	91
Ajustado	0.73	0.72	0.78	0.73	0.73	0.78	0.80	0.79

Nota: errores estándar Huber-White en paréntesis. Significancia estadística: \*p < 0.1, \*\*p < 0.05, \*\*\*p < 0.01.  
Las tasas de inversión y de la población son promedios para el periodo 1970-2011. (g+δ) se asume ser 0.05. ICH es el promedio del periodo 1970-2011 del índice de capital humano creado con base en componentes principales.

En las columnas quinta a octava se compara el comportamiento de ICH y el de APE generando nuevas especificaciones mediante variables de política y de estabilidad institucional tradicionales en la literatura de crecimiento económico (columnas quinta y sexta) y, posteriormente, controlando por países africanos (columnas séptima y octava). La variable GOV/PIB es el consumo promedio del gobierno en el periodo 1970-2011 como porcentaje del PIB; APER es una proxy para apertura, medida como la diferencia entre las exportaciones e importaciones a PIB; INTER es la tasa de términos de intercambio; INFLA es la inflación anual medida por medio de los precios al consumidor; DEMO es una variable binaria que mide el nivel de democracia de los países; CONTES e INCLUSIVE son indicadores estimados mediante componentes principales para aproximar el grado de impugnación de los países.

Al igual que los modelos anteriores, y ante la inclusión de este nuevo conjunto de variables de control, ICH exhibe un comportamiento robusto ante las diferentes especificaciones, mostrando siempre un mayor impacto que APE (columnas quinta y sexta) y un mayor poder explicativo si se controla por países africanos (columnas séptima y octava).

La variable creada ICH es evaluada ahora a la luz de modelos que tratan de encontrar evidencia sobre convergencia entre los países. Para ello, la ecuación 2 puede ser transformada de la siguiente manera:

$$\gamma_{i,t} = A - \theta \ln(y_{i,0}) + \theta \alpha / (1 - \alpha) \ln(s_{k,i}) - \theta \alpha / (1 - \alpha) \ln(n_i + g + \delta) + \theta \beta / (1 - \alpha) \ln(h_i) + \epsilon_i \quad (3)$$

donde  $\gamma_{i,t}$  es la tasa de crecimiento promedio del ingreso per cápita del periodo 0 a  $t$  en el país  $i$ , y  $y_{i,0}$  es el ingreso per cápita en el periodo inicial.

La primera columna de la tabla 2 reporta los resultados para ICH a la luz de la ecuación 3. Las estimaciones muestran un impacto positivo, pero no significativo, de ICH. Por otro lado, reestimando la ecuación 3, pero utilizando APE (segunda columna), se muestra que el coeficiente de APE tiene un alto impacto (un aumento de una unidad de APE mejora la tasa de crecimiento en 1.4 puntos porcentuales por año) y es altamente significativo. Ante el pobre comportamiento de los países africanos en el periodo 1970-2000 y ante los resultados mostrados en la tabla 2, las columnas tercera y cuarta controlan los resultados con una *dummy* para estos países.

Tabla 2. Estimación del modelo de Barro (1991) con el índice de capital humano (ICH)

	Variable dependiente: diferencia del log del PIB per cápita promedio 1970-2011							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Constante	10.805***	9.405***	11.789***	10.016***	5.069*	4.271*	8.320***	6.128**
	-3.295	-2.833	-3.072	-2.651	-2.809	-2.380	-3.007	-2.427
ln(PIB70)	-0.663**	-0.823***	-0.877***	-0.863***	-0.605*	-0.897***	-0.971***	-0.982***
	(0.318)	(0.256)	(0.293)	(0.264)	(0.341)	(0.310)	(0.356)	(0.343)
ln(I/PIB)	2.141***	1.796**	1.673**	1.568**				
	(0.665)	(0.689)	(0.775)	(0.733)				
ln( $n + g + \delta$ )	-0.568***	-0.455***	-0.377**	-0.379**				
	(0.173)	(0.158)	(0.149)	(0.153)				
ln(ICH)	0.629		1.009*		1.371**		1.664**	
	(0.546)		(0.557)		(0.679)		(0.635)	
ln(APE)		1.376**		1.123*		2.278***		1.793**
		(0.559)		(0.566)		(0.646)		(0.698)
África subsahariana = 1			-1.347**	-1.011*			-2.036***	-1.515***
			(0.579)	(0.532)			(0.524)	(0.500)
ln(GOV/PIB)					0.090	-0.330	-0.0128	-0.327
					(0.576)	(0.529)	(0.497)	(0.469)
ln(APER)					0.818	0.954*	1.197**	1.218***
					(0.557)	(0.488)	(0.499)	(0.451)
ln(INTER)					0.957***	0.703**	1.004***	0.802**
					(0.319)	(0.348)	(0.309)	(0.348)
Ln(INFLA)					-0.287	-0.345**	-0.250	-0.332**
					(0.202)	(0.168)	(0.176)	(0.150)
DEMO					1.144	0.805	0.563	0.502
					(0.684)	(0.554)	(0.648)	(0.544)
CONTES					-0.0674	-0.051	-0.079	-0.067
					(0.419)	0.364	(0.409)	(0.368)
INCLUSIVE					0.019	-0.233	0.122	-0.068
					(0.2915)	(0.302)	(0.277)	(0.300)
Tamaño de la muestra	91	91	91	91	91	91	91	91
R <sup>2</sup> ajustado	0.29	0.36	0.37	0.40	0.1	0.26	0.31	0.36

Nota: errores estándar Huber-White en paréntesis. Significancia estadística: \*p < 0.1, \*\*p < 0.05, \*\*\*p < 0.01.

Las tasas de inversión y de la población son promedios para el periodo 1970-2011. ( $g+\delta$ ) se asume ser 0.05. ICH es el promedio del periodo 1970-2011 del índice de capital humano creado con base en componentes principales.

La inclusión de esta variable en el modelo mejora sustancialmente el rendimiento de ICH al aumentar su impacto en casi el doble de manera significativa y aumentando ostensiblemente el poder de explicación en ocho puntos porcentuales. Al mismo tiempo, reduce estos indicadores para APE (cuarta columna), comportándose muy similar a ICH.

Las columnas de la quinta a la octava se basan en las estimaciones realizadas por Barro (1991) al observar la convergencia condicional, sacando de la ecuación 3 a la inversión y la tasa de crecimiento poblacional e introduciendo variables de política y de estabilidad institucional. El modelo de la quinta columna muestra cómo el impacto de ICH mejora sustancialmente al igual que su significancia estadística, aunque explica muy poco en términos de la varianza del crecimiento económico ( $R^2$  ajustado = 10 %).

El mismo modelo para APE muestra que su coeficiente tiene un significativo alto impacto sobre el crecimiento económico. En la séptima columna se estima el mismo modelo para ICH controlando para países africanos. El impacto de ICH no solo aumenta significativamente en magnitud, sino que el poder explicativo del modelo incrementa en veinte puntos porcentuales. Por el contrario, el control sobre los países africanos le reduce la magnitud del coeficiente de APE y lo equipara cuando se compara con el poder explicativo de ICH (octava columna).

En los modelos de convergencia condicional, ICH presenta un buen rendimiento, particularmente si se controla para los países de África subsahariana. Estos resultados corroboran las afirmaciones de otros estudios que indican que los problemas de heterogeneidad en los parámetros deberían ser tenidos en cuenta particularmente para los países africanos. Autores como Brock & Durlauf (2001) y Masanjala & Papageorgiou (2008) han encontrado evidencia de que los procesos de crecimiento en África son muy diferentes del resto de continentes. Como Glewwe et al. (2014) anotan, el rendimiento en términos de crecimiento y capital humano de los países africanos entre 1970 y 2000 está muy por debajo del resto de continentes, lo cual podría explicar el comportamiento de la variable creada en este documento.

## 5. Conclusiones

Este estudio pone a prueba una nueva medida de capital humano construida a partir del análisis componentes principales para explicar modelos de crecimiento económico en sección cruzada de países. En particular, utiliza dos trabajos seminales de principios de la década de los noventa. El primero, introducido por Mankiw *et al.* (1992) a partir del modelo de Solow aumentado, y el segundo, presentado por Barro (1991) con el objetivo de explicar convergencia condicional. La variable introducida en este documento podría corregir varios problemas econométricos que se presentan en las regresiones de crecimiento económico, entre ellos el de error de medida y sesgo de variable omitida. Además, esta variable responde conceptualmente de manera más satisfactoria al concepto que enmarca al capital humano. Los resultados en el modelo de Mankiw *et al.* (1992) muestran una amplia consistencia y robustez ante las diferentes especificaciones, comportándose incluso mejor en todas las regresiones que la variable educativa tradicional. En las especificaciones de los modelos de Barro (1991), la variable creada pierde significancia estadística e impacto en la medida en que no se controle por países de África subsahariana. Esto dilucida un problema de heterogeneidad en los parámetros que deben ser tenidos en cuenta en las regresiones dadas las particularidades de estos países en términos de crecimiento y capital humano propias del periodo 1970-2000.

Sin embargo, el anterior análisis debe ser robustecido con otras evidencias empíricas regionales o locales, así como de una selección más particularizada de las variables asociadas al capital humano que permitan contrastar, corroborar la riqueza analítica alrededor de este tema en el crecimiento económico.



## 6. Referencias

- Barro, R. (1991). Economic growth in a cross-section of countries. *Quarterly Journal of Economics*, 106(2), 407-443. Recuperado de <http://goo.gl/Nicprv>
- Barro, R., & Lee, J. (2013). A new data set of educational attainment in the world, 1950–2010. *Journal of Development Economics*, 104, 184-198. DOI: 10.1016/j.jdeveco.2012.10.001
- Batista Foguet, J. M. y Martínez Arias, M. (1989). *Análisis multivariante: análisis de componentes principales*. (Colección ESADE). Barcelona: Editorial Hispano Europea S. A.
- Becker, G. (1964). *Human Capital* (1.a ed). Nueva York: Columbia University Press for National Bureau of Economic Research, Cambridge.
- Bils, M., & Klenow, P. (2000). Does schooling cause growth? *American Economic Review*, 90(5), 1160-1183. Recuperado de <http://klenow.com/BKHK.pdf>
- Brock, W., & Durlauf, S. (2001). Growth empirics and reality. *World Bank Economic Review*, 15(2), 229-272. Recuperado de [http://www.ssc.wisc.edu/econ/archive/wp2024R\\_a.pdf](http://www.ssc.wisc.edu/econ/archive/wp2024R_a.pdf)
- Cohen, D. y Soto, M. (2007). Growth and human capital: Good data, good results. *Journal of economic Growth*, 12(1), 51-76. Recuperado de <http://goo.gl/gSUZrf>
- Denison, E. F. (1962). *The sources of economic growth in the United States and the alternatives before us*. Nueva York: Committee for Economic Development.
- Durlauf, S., Johnson, P. A., & Temple, J. (2005). Growth econometrics. En P. Aghion & S. Durlauf (Eds.), *Handbook of economic growth* (pp. 555-677). Amsterdam: North Holland.
- Glewwe, P., Maiga, E., & Zheng, H. (2014). The contribution of education to economic growth: A review of the evidence, with special attention and an application to Sub-Saharan Africa. *World Development*, 59, 379-393. DOI: 10.1016/j.worlddev.2014.01.021
- Hanushek, E., & Kimko, D. (2000). Schooling, labor force quality and the growth of nations. *American Economic Review*, 90(5), 1184-1208.
- Levine, R., & Renelt, D. (1992). A sensitivity analysis of cross-country growth regressions. *American Economic Review*, 82(4), 942-963.

- Lohmoller, J. B. (1989). *Latent variable path modeling with partial least squares*. Heidelberg: Physica.
- Mankiw, N. G., Romer, D., & Weil, D. (1992). A contribution to the empirics of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 107(2), 407-437. Recuperado de <http://go.gl/MKFJqA>
- Martínez de Ita, M. E. (1997). El papel de la educación en el pensamiento económico. *Aportes*, (1)3-4, 107-132.
- Masanjala, W., & Papageorgiou, C. (2008). Rough and lonely road to prosperity: A reexamination of the sources of growth in Africa using Bayesian model averaging. *Journal of Applied Econometrics*, 23(5), 671-682.
- Mincer, J. (1981). *Human capital and economic growth* (NBER Working Papers 803). Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- Pritchett, L. (2001). Where has all the education gone? *World Bank Economic Review*, 15(3), 367-391. Recuperado de <http://wber.oxfordjournals.org/content/15/3/367.abstract>
- Schultz, T. (1963). *The economic value of education*. Nueva York: Columbia University Press.
- Solow, R. M. (1957). Technical change and the aggregate production function. *The Review of Economics and Statistics*, 39(3), 312-320. Recuperado de <http://go.gl/kypyZr>
- Summer, R., & Heston, A. (1991). The Penn World Tables (Mark V): An expanded set of international comparisons, 1950-1988. *Quarterly Journal of Economics*, 106(2), 327-368.