



ASOCIACION ARGENTINA
DE ECONOMIA POLITICA

ANALES | ASOCIACION ARGENTINA DE ECONOMIA POLITICA

LIII Reunión Anual

Noviembre de 2018

ISSN 1852-0022

ISBN 978-987-28590-6-0

Capital humano y crecimiento económico:
evidencia de efectos umbrales para panel de
datos con efectos fijos

Monterubbianesi, Pablo Daniel

Rojas, Mara Leticia

Dabús, Carlos Darío

Capital humano y crecimiento económico: evidencia de efectos umbrales para panel de datos con efectos fijos

Monterubbianesi, Pablo Daniel* Rojas, Mara Leticia** Dabús, Carlos Darío***

Resumen

El presente trabajo analiza la relación entre el capital humano, aproximado por el status de salud y la educación, y el crecimiento económico mediante un modelo de efectos fijos con efectos umbrales para datos de panel. En forma compatible con la literatura, se encuentran diferentes umbrales de ingresos a partir de los cuales la educación afecta al crecimiento en forma diferente. En particular, es favorable solo en economías de mayor ingreso. Por su parte, el status de salud promueve al crecimiento tanto en países de niveles de ingreso bajo como alto.

Palabras claves: capital humano, educación, status de salud, crecimiento económico, efectos umbral, datos de panel.

Códigos JEL: C1, O4, O5.

Abstract

This work analyses the relation between human capital, proxied by means of the status of health and education, and economic growth using a fixed-effect panel threshold model. Similarly to previous literature, the results indicate the presence of different income thresholds after which education affects growth differently. In particular, this is favorable only in higher income economies. Meanwhile, the status of health promotes growth both in low and high income level countries.

Keywords: human capital, education, health status, economic growth, threshold effects, panel data.

JEL Codes: C1, O4, O5.

* Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales del Sur (IIESS), Departamento de Economía, Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET, Bahía Blanca, Argentina, pmonteru@uns.edu.ar

** Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales del Sur (IIESS), Departamento de Economía, Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET, Bahía Blanca, Argentina, mrojas@uns.edu.ar

*** Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales del Sur (IIESS), Departamento de Economía, Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET, Bahía Blanca, Argentina, cdabus@criba.edu.ar

1. Introducción

El estudio empírico del crecimiento económico y de las variables que podrían explicar dicho fenómeno no deja de ocupar, a pesar de la extensa literatura existente, una posición *notablemente incómoda* (Durlauf et al., 2005). Se plantean dos cuestiones fundamentales en este debate: la sensibilidad de los resultados a la forma funcional entre el crecimiento y las variables explicativas, y el hecho de si las variables de control utilizadas son o no relevantes, independientemente de la forma funcional asumida (Delgado et al., 2014). En tal sentido, Rojas et al. 2016, Monterubbianesi et al., 2017 y Rojas et al., 2018, señalan que las variables representativas del capital humano (salud y educación) son relevantes a la hora de explicar el desempeño económico, aunque el estudio de la relación funcional que las mismas guardan con el crecimiento es compleja.

Las especificaciones paramétricas á la Barro implican una relación funcional preestablecida (a menudo lineal) entre las variables explicativas y la tasa de crecimiento¹. Esto supone que las variables identificativas del capital humano poseen el mismo efecto sobre el crecimiento a lo largo del tiempo y a través de todas las economías. Una serie de trabajos teóricos y empíricos (iniciados por Azariadis y Drazen, 1990; y Durlauf y Johnson, 1995) han cuestionado esta idea bajo el argumento de que no hay razón a priori para establecer dicha relación. Algunas variables podrían afectar al crecimiento de una forma no lineal a partir de la existencia de efectos umbrales, en donde su relación con el crecimiento podría modificarse una vez que supera ciertos umbrales de ingreso (Liu y Stengos, 1999; Rojas et al., 2018). Si esto sucede para el caso de las variables identificativas del capital humano, las estimaciones paramétricas no serían capaces de capturar la evolución cambiante de su relación con el crecimiento.

Luego, el interrogante que se plantea es cómo abordar el fenómeno. Según Sianesi y Van Reenen (2003) son varias las cuestiones que surgen en los estudios de crecimiento, como la incertidumbre en los modelos, las no linealidades o la heterogeneidad de los parámetros. En tal sentido, Durlauf y Johnson, 1995 analizan la diferencia en los parámetros estimados por sub-muestras en función del nivel de ingresos. Si los parámetros son heterogéneos, podrían asumirse disímiles comportamientos por grupos de ingreso. Sin embargo, esta metodología no deja de adjudicar una relación preestablecida entre capital humano y crecimiento dentro del grupo analizado. Los análisis semi o no paramétricos, en cambio, poseen la ventaja de no realizar divisiones de la muestra ad-hoc ni asumir forma funcional alguna, sino que la misma técnica advierte esta posible relación funcional. En tal sentido, Rojas et al. (2016), Monterubbianesi et al. (2017) y Rojas et al. (2018) han utilizado estas técnicas, concluyendo la existencia de no linealidades, lo que a su vez sugiere la presencia de efectos umbrales.

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es corroborar la existencia de efectos umbral en la relación capital humano–crecimiento, considerando las dos dimensiones del capital humano (salud y educación); así como también determinar la cantidad de umbrales y el nivel de los mismos, lo cual permitiría establecer los puntos de inflexión en dicha relación a medida que las economías alcanzan mayores niveles de ingreso per cápita.

A tal fin, Hansen (1999) desarrolló la metodología de *Threshold Regression Model*, el cual tiene una interpretación natural como modelo que testea la existencia de múltiples

¹ Una extensa revisión de esta literatura y una discusión de los resultados se presentan en Rojas et al. (2016).

equilibrios al endogeneizar tanto los regresores como los niveles umbrales. La metodología permite considerar simultáneamente las ventajas de los paneles de datos, las heterogeneidades entre países y las no linealidades con efectos de umbral (Seo y Shin, 2016).

A continuación, se presenta la revisión de la literatura abocada al tratamiento de no linealidades en la relación capital humano – crecimiento. En la sección 3, se presentan la metodología utilizada y los datos. Los resultados se muestran y analizan en la sección 4. Por último, se establecen las conclusiones y consideraciones finales.

2. Revisión de la literatura

Uno de los primeros trabajos en la materia es el de Durlauf y Johnson (1995). Los autores mostraron que los rendimientos de la inversión en capital humano varían con el nivel de ingreso de las economías. Dividiendo la muestra de países en cuatro subgrupos de acuerdo a los niveles iniciales de ingreso y tasa de escolarización secundaria, encontraron sustanciales diferencias en los comportamientos por grupo. La educación no es una variable significativa para explicar el crecimiento de los dos grupos de menores ingresos, pero sí posee un efecto positivo y significativo en los dos de mayor ingreso. Además, el efecto de un incremento porcentual del 1% en los años promedios de educación sobre el crecimiento es tres veces más grande para los países de ingresos medios que para las economías de ingresos altos. La intuición sería que recién a partir de cierto umbral de ingresos, el capital humano comienza a ser relevante para explicar el crecimiento, pero que en países de ingreso alto su efecto disminuye debido a la existencia de rendimientos decrecientes.

Siguiendo a Durlauf y Johnson (1995), Liu y Stengos (1999)² analizan no linealidades en el ingreso inicial y las tasas de escolarización en relación al crecimiento económico. El trabajo arroja evidencia a favor de regímenes múltiples. Respecto a la matriculación, si bien se verifica una relación positiva para toda la muestra, a partir de tasas de escolarización del 15% existe un efecto claramente más pronunciado sobre el crecimiento que para niveles menores de escolarización. Asimismo, este efecto tiende a disminuir a partir de tasas del 75%.

En forma similar, Kalaitzidakis et al. (2001) encuentran efectos no lineales sobre el crecimiento utilizando años promedio de escolarización³. A bajos niveles de capital humano su efecto sobre el crecimiento es negativo, pasando a ser positivo para niveles medios, y siendo no significativo una vez que alcanza niveles altos. Por tanto, los autores concluyen que la evidencia es consistente con la idea de que existen umbrales a partir de los cuales la experiencia de crecimiento de un país puede diferir en función de qué lado del umbral ocupe. Según los autores, los efectos negativos a bajos niveles de escolarización pueden capturar la tendencia de que montos adicionales de educación son utilizados en actividades de búsquedas de renta (no productivas); mientras que la relación positiva con el crecimiento a mayores niveles educativos podría explicarse por la posibilidad de adoptar nuevas tecnologías e

² Delgado et al. (2014) establecen que la educación no se muestra como una variable significativa en la explicación del crecimiento en el trabajo de Liu y Stengos (1999). En la lectura y análisis de este trabajo, encontramos claras diferencias con la apreciación de aquellos autores.

³ A su vez, las tasas de matriculación no muestran efectos no lineales. Sin embargo, como variable representativa del stock de capital humano, defienden el uso de años promedio de escolarización, apreciación con la que se coincide plenamente.

incrementar la productividad. Finalmente, a resultados similares arriban Temple (2001) y Durlauf et al. (2001).

Por otra parte, Kourtellos (2003) encuentra que los parámetros que definen la ecuación explicativa de la tasa de crecimiento dependen del nivel de alfabetización inicial y de la esperanza de vida inicial. Este autor se focaliza en la heterogeneidad de parámetros en las regresiones lineales en lugar de considerar no linealidades

Asimismo, Masanjala y Papageorgiu (2004), Mamuneas et al. (2006) y Maasoumi et al. (2007) concluyen, mediante el uso de diferentes metodologías, que especificaciones más generales son consistentes con la existencia de regímenes múltiples en la relación del producto y las variables explicativas de capital humano. Una especificación idéntica para todos los países (como lo es una regresión paramétrica) no sería capaz de capturar la heterogeneidad en los parámetros de la estimación que puede existir en cada caso, y agregar todas las economías bajo un mismo comportamiento no refleja los distintos impactos que tiene la inversión en capital humano en el crecimiento.

Más recientemente Henderson et al. (2012) y Delgado et al. (2014), utilizando técnicas no paramétricas, estimadores lineales locales y test de variables relevantes, encuentran que las variables referidas a educación no juegan un rol importante para explicar el crecimiento. El primer trabajo encuentra que las tasas de fertilidad y la recíproca de la esperanza de vida afectan al crecimiento de forma no lineal, mientras que la variable representativa de la educación no es significativa. Por su parte, Delgado et al. (2014) observa que los logros educativos medidos mediante *mean test scores* proveen una medida más confiable de capital humano para explicar el crecimiento.

Por su parte Sanso-Navarro y Vera Cabello (2015) y Peiró-Palomino (2016) analizan los determinantes del crecimiento de las regiones que integran la Unión Europea. Utilizando técnicas no paramétricas y kernels estocásticos obtienen evidencia de relaciones no lineales entre la productividad laboral inicial y las dotaciones del capital humano y capital social.

Rojas et al. (2016), Monterubbiansi et al. (2017) y Rojas et al. (2018) muestran que el status de salud y el nivel de educación exhiben una relación no lineal con el crecimiento a partir de la utilización de técnicas semi-paramétricas. Además, mediante la construcción de kernels estocásticos, Rojas et al. (2018) observan que el efecto marginal de una unidad adicional de capital humano sobre el crecimiento posee un comportamiento relativamente homogéneo entre países para el caso de la salud, mientras que exhibe una gran dispersión de los rendimientos para la educación a partir de niveles medios y altos de ingresos.

En resumen, una amplia bibliografía econométrica demuestra la existencia de efectos no lineales del capital humano sobre el crecimiento económico, lo cual podría estar denotando la presencia de efectos umbral. Este tópico ha sido escasamente tratado en la literatura del capital humano específicamente, por lo que a continuación se procederá a testear la existencia de dicho efectos.

3. Datos y Metodología

De acuerdo a la disponibilidad de datos, se construyó un panel de 86 países con observaciones cada 5 años para el período 1960-2010. Todos los valores monetarios están expresados en dólares constantes del 2005. Los datos correspondientes a

producto, inversión, gasto público, coeficiente de apertura y población fueron obtenidos de la Penn World Table (PWT) (Feenstra et al., 2015). Los datos referidos a educación fueron obtenidos de Barro y Lee (2015), y los vinculados a salud de la base de Naciones Unidas.

En el presente trabajo se estima un modelo de regresión de efectos fijos con umbrales para datos de panel (PTR Model por sus siglas en inglés), el que surge a partir del desarrollo de Hanson (1999). Es un modelo de paneles no dinámicos con efectos fijos individuales. Así, la definición general del modelo es:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_1' x_{it} \Pi(q_{it} \leq c) + \beta_2' x_{it} \Pi(q_{it} > c) + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Donde y_{it} es un escalar de variables endógenas, α_i es el efecto fijo, q_{it} es un escalar de variables umbral, el regresor x_{it} es un vector k de variables explicativas, $\Pi(\cdot)$ es la función indicadora y c es el parámetro umbral. Este modelo puede reexpresarse como:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_0' x_{it} + \beta_3' x_{it} \Pi(q_{it} \leq c) + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

O alternativamente:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_0' x_{it} + \beta_3' x_{it} h(q_{it}, c) + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Con $h(q_{it}, c) = I(q_{it} \leq c)$, siendo h una función binaria de transición, de modo que la variable endógena del modelo se definirá como:

$$\begin{aligned} y_{it} &= \alpha_i + (\beta_0' + \beta_3') x_{it} + \varepsilon_{it} & \text{si } q_{it} \leq c \\ y_{it} &= \alpha_i + \beta_0' x_{it} + \varepsilon_{it} & \text{si } q_{it} > c \end{aligned} \quad (4)$$

El modelo puede ser estimado por mínimos cuadrados no lineales (NLS) para lo cual será necesario redefinir la función como:

$$y_{it} = \alpha_i + x_{it}(c) + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

Dónde:

$$\begin{aligned} x_{it}(c) &= \begin{pmatrix} x_{it} \Pi(q_{it} \leq c) \\ x_{it} \Pi(q_{it} > c) \end{pmatrix} \\ &(2K, 1) \\ \beta &= \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \end{pmatrix} \\ &(2K, 1) \end{aligned} \quad (7)$$

Para eliminar los efectos individuales aplicamos la transformación within:

$$y_{it}^* = \beta' x_{it}^*(c) + \varepsilon_{it}^* \quad (8)$$

Donde

$$y_{it}^* = y_{it} - \bar{y}_i \quad \text{Con } \bar{y}_i = T^{-1} \sum_{t=1}^T y_{it}$$

$$x_{it}^*(c) = x_{it}(c) - \bar{x}_i(c) \quad \text{Con } \bar{x}_i(c) = T^{-1} \sum_{t=1}^T x_{it}(c)$$

$$\varepsilon_{it}^* = \varepsilon_{it} - \bar{\varepsilon}_i \quad \text{Con } \bar{\varepsilon}_i = T^{-1} \sum_{t=1}^T \varepsilon_{it}$$

A continuación, definimos las matrices como:

$$y_i^* = \begin{pmatrix} y_{i,1}^* \\ y_{i,2}^* \\ y_{i,t}^* \end{pmatrix} \quad (T,1)$$

$$x_i^*(c) = \begin{pmatrix} x_{1,i,1}^*(c)' \\ x_{1,i,2}^*(c)' \\ x_{1,i,t}^*(c)' \end{pmatrix} \quad (T,2K)$$

$$\varepsilon_i^* = \begin{pmatrix} \varepsilon_{i,1}^* \\ \varepsilon_{i,2}^* \\ \varepsilon_{i,t}^* \end{pmatrix} \quad (T,1)$$

Entonces:

$$Y^* = \begin{pmatrix} y_1^* \\ y_2^* \\ y_n^* \end{pmatrix} \quad (Tn,1)$$

$$x^*(c) = \begin{pmatrix} x_1^*(c) \\ x_2^*(c) \\ x_n^*(c) \end{pmatrix} \quad (Tn,2K)$$

$$\varepsilon_i^* = \begin{pmatrix} \varepsilon_1^* \\ \varepsilon_2^* \\ \varepsilon_n^* \end{pmatrix} \quad (Tn,1)$$

Para un umbral dado c , la pendiente β puede ser estimada mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios:

$$\beta(c) = (X^*(c)' X^*(c))^{-1} X^*(c)' Y \quad (9)$$

El vector de residuos vendrá dado por:

$$\varepsilon^*(c) = Y^* - X^*(c) \beta(c) \quad (10)$$

Y la suma de los residuos al cuadrado será:

$$SSR(c) = \varepsilon^*(c)' \varepsilon^*(c) \quad (11)$$

El umbral estimado $\hat{c}$ se obtiene por la minimización de la suma de los residuos al cuadrado:

$$\hat{c} = \text{argmin} SSR(c) \quad (12)$$

Dado $\hat{c}$ podremos testar el β como:

$$\beta = \beta(\hat{c}) = \begin{pmatrix} \beta_1(\hat{c}) \\ \beta_2(\hat{c}) \end{pmatrix} \quad (13)$$

El modelo puede generalizarse considerando la existencia de r umbrales $c_1, c_2, \dots, c_r$, quedando expresado como:

$$y_{it} = \alpha_i + \sum_{j=1}^r \beta_j' x_{it} \Pi(c_{j-1} \leq q_{it} \leq c_j) + \varepsilon_{it} \text{ Con } c_0 = -\infty \text{ y } c_{r+1} = +\infty \quad (14)$$

Mediante el análisis de inferencia a través de un test F es posible encontrar el número óptimo de regímenes. La metodología requiere considerar dos números alternativos de umbrales partiendo, en principio, de la hipótesis de no existencia de umbrales vs. la existencia de un umbral, siguiendo por la existencia de un umbral vs. dos umbrales, y así sucesivamente.

Por ejemplo, para el primer caso la hipótesis nula será $H_0 = \beta_1 = \beta_2$ y el ratio de máxima verosimilitud será:

$$F_1 = \frac{SSR_0 - SSR_1(\hat{c})}{\left(\sigma^2\right)} \quad (15)$$

En caso de rechazar H_0 quedaría en evidencia que las pendientes difieren y resulta necesario considerar la existencia de uno o más umbrales.

Siguiendo las contribuciones de Levine y Renelt (1992), Barro (1998) y Dabús y Laumann (2006) las variables de control incluidas en este trabajo son el nivel de inversión (expresada como porcentaje del PBI), el nivel de gasto público (como proporción del PBI), el grado de apertura (expresado como exportaciones más importaciones sobre PBI), el crecimiento poblacional (expresado como la diferencia del logaritmo de la población entre dos períodos) y el PBI per cápita al inicio de cada período (también expresado en logaritmo), el que permite captar las características dinámicas del proceso de convergencia. El resto de las variables explicativas de interés están dadas por determinadas por indicadores representativos del capital humano, específicamente de educación y salud. Siguiendo a Kalaitzidakis et al. (2001) y Barro y Lee (2010), se toman los años promedio de escolarización como medida de capital humano. Específicamente, para la educación se tomaron como proxies los años promedio totales de educación y años promedio de educación secundaria de la población mayor de 15 años (expresados en logaritmos), mientras que la salud es aproximada por la esperanza de vida y por la tasa de mortalidad infantil definida en forma inversa⁴ (valor máximo de la muestra-valor del país) consideradas en logaritmos. Finalmente, la variable explicada es la tasa de crecimiento del producto per cápita, definida como la variación del logaritmo del PBI per cápita.

A los fines del presente trabajo, las variables que representan el capital humano son el status de salud y el nivel de educación. La idea es determinar si de acuerdo al nivel de ingreso per cápita de los países el efecto de las mismas sobre el crecimiento cambia, por lo que el PBI per cápita es la variable que se toma para detectar umbrales a partir de los cuales se encuentran dichos cambios. Así, el modelo a estimar queda establecido de la siguiente manera:

⁴ Teniendo en cuenta que se espera un efecto positivo del status de salud sobre el crecimiento y que la variable tasa de mortalidad infantil (TMI) es una proxy inversa del status de salud, dicha variable se incluye de forma inversa para facilitar la interpretación de los signos.

$$\begin{aligned}
\Delta PBIpc_{it} = & \alpha_i + \beta_1' Salud_{it} \Pi(PBIpc_{it} \leq c) + \beta_2' Salud_{it} \Pi(PBIpc_{it} > c) \\
& + \beta_3' Educación_{it} \Pi(PBIpc_{it} \leq c) + \beta_4' Educación_{it} \Pi(PBIpc_{it} > c) \\
& + \beta_5' Inversión_{it} + \beta_6' GastoPúblico_{it} + \beta_7' Apertura_{it} \\
& + \beta_8' CreimientopPoblacional_{it} + \beta_9' PBIinicial_{it} + \varepsilon_{it}
\end{aligned} \tag{16}$$

Donde $\Delta PBIpc_{it}$ es la tasa de crecimiento del producto per cápita, *Salud* representa el status de salud, *Educación* representa el nivel educativo, *Inversión* identifica la participación de la inversión total en el producto, *Gasto Público* es la participación del gasto público en el producto, *Apertura* es el indicador del grado de apertura de la economía y *PBI inicial* corresponde al valor del PBI per cápita al inicio del periodo.

Como se mencionó previamente, el modelo propuesto puede posteriormente extenderse para considerar la existencia de más de un umbral y, por lo tanto, de más de 2 regímenes. En ese caso, se tendrá un β para cada régimen de cada una de las variables de capital humano.

4. Resultados

En esta sección se presentan los resultados encontrados, mostrándose en primer lugar los correspondientes al modelo en el que se estudia la existencia de un umbral y dos regímenes, y luego los del modelo generalizado con más de un umbral.

4.1. El modelo con un umbral

La Tabla 1 muestra los resultados de la estimación del modelo considerando la existencia de un umbral. La columna 1 presenta el modelo considerando como variable de salud a la esperanza de vida al nacer y de educación a los años promedio de educación secundaria, mientras que la columna 2 lo hace considerando la misma variable de salud pero tomando los años promedio de educación total⁵. Por su parte, en la columna 3 se mantiene la variable de educación original (años promedio de educación secundaria) pero se considera como variable representativa de la salud a la tasa de mortalidad infantil como fue definida previamente. La columna 4 presenta los años promedio de educación total en conjunto con la tasa de mortalidad infantil. Finalmente, T1 y T2 indican los coeficientes de las variables de interés (salud y educación) en el caso de niveles de ingreso bajo y alto respectivamente.

⁵ Para tratar la potencial endogeneidad de las variables de capital humano con el crecimiento económico se realizaron estimaciones mediante la utilización de variables instrumentales a través de la técnica de Mínimos Cuadrados Generalizados en Dos Etapas (G2SLS por sus siglas en inglés) para panel de datos, utilizando para las variables de salud y educación sus rezagos (en uno y dos periodos). Al analizar los resultados de los modelos con variables instrumentales y compararlos con los modelos originales mediante la aplicación el test de Hausman, se observa que los mismos no difieren, lo que indica que el problema de endogeneidad no es relevante en este caso.

Tabla 1: Resultados del modelo con 1 umbral

Variables	(1)	(2)	(3)	(4)
Variables con umbral				
Salud T1	0.339*** (0.087)	0.332 (0.092)	0.098*** (0.030)	0.098*** (0.031)
Salud T2	0.387*** (0.087)	0.325 (0.094)	0.134*** (0.030)	0.092*** (0.034)
Educación T1	-0.016 (0.155)	-0.057** (0.025)	0.002 (0.013)	-0.029 (0.021)
Educación T2	0.057*** (0.024)	0.100*** (0.040)	0.071*** (0.024)	0.131*** (0.039)
Variables sin umbral				
Inversión	0.431*** (0.994)	0.462*** (0.092)	0.438*** (0.949)	0.474*** (0.092)
Gasto Público	-0.253*** (0.086)	-0.247*** (0.087)	-0.224*** (0.087)	-0.215*** (0.878)
Apertura	0.014 (0.030)	0.026 (0.029)	0.028 (0.030)	0.037 (0.029)
Crec. Poblac.	0.0009 (0.001)	0.0001 (0.001)	0.0001 (0.001)	-0.0004 (0.001)
PBIpc inicial	-0.228*** (0.018)	-0.224*** (0.018)	-0.219 (0.018)	-0.219*** (0.018)
Umbral PBIpc	4028.86	2438.33	4028.86	2438.33
Observaciones	860	860	860	860

Nota: errores estándar entre paréntesis, ***, ** y *: estadísticamente significativo al 1, 5 y 10%, respectivamente. Fuente: Elaboración propia.

Puede observarse que existen 2 variables claramente significativas en todas las estimaciones: la inversión (con signo positivo) y el gasto público (con signo negativo). Por su parte, el grado de apertura y la tasa de crecimiento poblacional no resultan significativos. Asimismo, con respecto a las variables de capital humano, se encuentra que el status de salud presenta un efecto positivo y significativo para toda la muestra, siendo el efecto marginal uniforme, mientras que el nivel de educación no es significativo para valores de ingresos bajos, mientras que sí lo es para ingresos altos. Estos resultados resultan consistentes con los encontrados previamente por Monterubbianesi et al. (2017) y Rojas et al. (2018). De este modo, la evidencia indica que para países de menores ingresos resultaría prioritario garantizar un status mínimo de salud, y recién una vez alcanzado un cierto nivel de ingreso (asociado a un mejor status de salud) el nivel de educación podría favorecer el crecimiento, lo cual es intuitivamente aceptable.

Un análisis adicional tiene que ver con el umbral de ingreso per cápita. El mismo oscila entre 2400 y 4000 dólares anuales, y es sensible al cambio en las variables de educación pero no a las variables de salud. Nótese que el cambio en el umbral se percibe entre las columnas (1) y (2) y, luego, entre las columnas (3) y (4), en donde la variable que se ve modificada es la vinculada a educación. Estos resultados son consistentes con la idea de existencia de no linealidades en la educación y un efecto mucho más estable de la salud sobre el crecimiento.

Por otra parte, los resultados obtenidos son robustos para las diferentes combinaciones de las variables *proxy* de capital humano utilizadas, es decir del status de salud y de la educación. En efecto, la significatividad y los signos de dichas variables se mantienen en las diferentes especificaciones del modelo estimado.

Finalmente, en la tabla 2 los resultados del test F indican que los coeficientes de las variables, tomadas en forma conjunta, difieren entre umbrales rechazando la hipótesis nula y confirmando la existencia de umbrales. Esto abre el interrogante respecto a la existencia de más de un umbral, cuestión que se analiza en la sección siguiente.

Tabla 2: Test de significatividad del umbral

	(1)	(2)	(3)	(4)
Estadístico	93.05	88.97	86.43	87.52
p-value	0.000	0.000	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Generalización del modelo a más de un umbral

Para analizar el número óptimo de umbrales se realiza el test F de significatividad considerando la posible existencia de dos y luego de tres umbrales. En cada caso, para testear la existencia de k umbrales, la hipótesis nula será que los coeficientes considerando k-1 umbrales y k umbrales son iguales. Así, el análisis se realiza de forma secuencial.

La tabla 3 muestra el test considerando la existencia de uno versus dos umbrales, mientras que la tabla 4 considera la posible existencia de dos versus tres umbrales. Los resultados muestran que se rechaza la hipótesis nula en el primer caso mientras que no se rechaza en el segundo, lo que indica la existencia de dos umbrales de ingreso per cápita. Por tanto, se estima el modelo considerando dos umbrales, cuyos resultados se presentan en la tabla 5. En el anexo se incluyen los gráficos para cada uno de los modelos estimados donde se representa la determinación de los umbrales. Las columnas respetan la selección de variables de interés ya mencionada en el caso anterior mientras que los coeficientes de las variables nominadas con T1, T2 y T3 corresponden nuevamente a los valores para cada tramo de la distribución delimitados por, en este caso, los dos umbrales considerados.

Tabla 3: Test de significatividad – existencia de dos umbrales

	(1)	(2)	(3)	(4)
Estadístico	90.98	102.28	91.32	95.83
P-value	0.000	0.000	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4: Test de significatividad – existencia de tres umbrales

	(1)	(2)	(3)	(4)
Estadístico	127.69	99.54	123.16	100.90
P-value	0.5467	0.6533	0.610	0.640

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5: Resultados del modelo con 2 umbrales

Variables	(1)	(2)	(3)	(4)
Variables con umbral				
Salud T1	0.262*** (0.084)	0.413*** (0.088)	0.077*** (0.029)	0.105*** (0.029)
Salud T2	0.324*** (0.083)	0.461*** (0.090)	0.127*** (0.029)	0.140*** (0.033)
Salud T3	0.369*** (0.083)	0.325*** (0.091)	0.160*** (0.029)	0.034*** (0.037)
Educación T1	-0.027* (0.016)	-0.063*** (0.024)	-0.012 (0.015)	-0.023 (0.259)
Educación T2	-0.018 (0.021)	-0.012 (0.040)	-0.005 (0.020)	0.032 (0.402)
Educación T3	0.097*** (0.024)	0.378*** (0.066)	0.106*** (0.023)	0.425*** (0.066)
Variables sin umbral				
Inversión	0.399*** (0.090)	0.489*** (0.089)	0.395*** (0.090)	0.517*** (0.089)
Gasto Público	-0.224*** (0.083)	-0.209*** (0.083)	-0.168** (0.083)	-0.169** (0.083)
Apertura	0.033 (0.028)	-0.007 (0.028)	0.045 (0.028)	0.002 (0.028)
Crec. Poblac.	0.0002 (0.001)	0.0004 (0.001)	0.001 (0.001)	-0.00008 (0.001)
PBIpc inicial	-0.284*** (0.019)	-0.313*** (0.019)	-0.277 (0.019)	-0.304*** (0.019)
Umbral PBIpc	1802.41	2438.33	1746.35	2438.33
Umbral PBIpc	4028.86	8657.24	4028.86	8657.24
Observaciones	860	860	860	860

Nota: errores estándar entre paréntesis, ***, ** y *: estadísticamente significativo al 1, 5 y 10%, respectivamente. Fuente: Elaboración propia.

Respecto a las variables de control, la inversión afecta positivamente al crecimiento, mientras que el gasto público lo hace en forma negativa, siendo estos resultados robustos ante las diferentes especificaciones del modelo estimadas.

En relación a las variables de capital humano, el status de salud es significativo para todos los diferentes niveles de ingreso, lo cual confirmaría un efecto relativamente estable de la salud sobre el crecimiento en diferentes estadios del desarrollo.

Por su parte, la educación se muestra como significativa pero con signo contrario al esperado en dos de las cuatro regresiones y no significativa en las otras dos regresiones para el primer tramo de la distribución de ingresos; no significativa para valores intermedios de ingresos (valores entre umbrales) en todas las regresiones estimadas, y con efecto positivo y significativo para explicar el crecimiento a partir de niveles de ingresos por encima del segundo umbral también en todas las regresiones realizadas. Por tanto, estos resultados indicarían que mientras que el status de salud guarda siempre una relación positiva con el crecimiento, la educación guarda una relación positiva solamente a partir de un cierto nivel de ingreso mínimo, determinado por el segundo umbral detectado. De este modo se confirmaría la existencia de una relación no lineal entre la educación y el crecimiento económico.

Los resultados presentados previamente indican que, dependiendo de la especificación del modelo respecto a las variables de capital humano, el umbral que delimita el tramo de ingresos bajos toma valores entre 1800 y 2400 dólares, mientras que el siguiente umbral se encuentra entre 4000 y 8500 dólares. Estos valores nuevamente son sensibles a la variable de educación seleccionada mientras que no lo son a la variable proxy del status de salud elegida, lo cual se debería al hecho de ser la educación la que presenta no linealidades y, por lo tanto, la que afecta en forma más sensible los resultados del modelo. A su vez, el nivel umbral a partir del cual la educación comienza a tener un efecto positivo sobre el crecimiento es mayor cuando se utiliza la variable años totales de educación total que años de educación secundaria. Esto indicaría que para que la educación total posea efectos significativos sobre el crecimiento se necesita de un mayor grado de desarrollo que para el caso de la educación secundaria, en donde los efectos se mostrarían como significativos a un menor nivel de ingresos.

Por otro lado, la aparente contradicción en lo relativo a la existencia de dos umbrales y la similitud de resultados en los coeficientes de las variables de interés en los dos primeros tramos de ingreso se debe a que, mientras el test de significatividad de los coeficientes compara los mismos para diferentes números de umbrales, el análisis del presente trabajo se basa en considerar la significatividad de las variables de capital humano en cada tramo. Así, aun cuando la significatividad de la variable educación esté en duda en el régimen de ingresos bajos y resulte no significativa en el régimen de ingresos medios, la aparición de un segundo umbral puede deberse, o bien a que los coeficientes difieran estadísticamente (aun no siendo significativos para explicar el crecimiento en el caso de la educación) o bien a que las diferencias se deben a los coeficientes asociados a alguna de las variables de control consideradas. Asimismo, estos resultados son nuevamente robustos ante diferentes combinaciones de las variables de interés: el status de salud es siempre significativo y positivo, mientras que la educación solamente afecta positivamente al crecimiento en el tramo de mayor nivel de ingreso.

Finalmente, la evidencia encontrada aquí es intuitivamente aceptable. El status de salud es una condición necesaria para el crecimiento en todos los estadios de desarrollo. Por su parte, la educación solo es relevante una vez que las economías alcanzan un mínimo nivel de ingreso, el que se asociaría con un nivel de capital con el que se pueda combinar el capital humano contenido en la educación de la mano de obra.

5. Conclusiones

El presente trabajo analizó la relación entre el capital humano en un sentido amplio (educación y salud) y el crecimiento económico. En base a la evidencia presentada por trabajos previos (Liu y Stengos, 1999; Masanjala y Papageorgiu, 2004; Mamuneas et al., 2006; Maasoumi et al., 2007; Rojas et al., 2016; Monterubbianesi et al., 2017; Rojas et al., 2018, entre otros), los cuales señalan la importancia del capital humano como variable explicativa del crecimiento y la existencia de no linealidades en su relación, es posible inferir la existencia de efectos umbrales.

Por lo tanto, a partir de un modelo de regresión de efectos fijos con umbrales para datos de panel se analizó la existencia de umbrales de ingreso y los posibles valores de los mismos. El análisis de los resultados permitió establecer la existencia de dos umbrales de ingresos como puntos de inflexión en la relación capital humano – crecimiento económico. Estos umbrales son sensibles a la variable de educación seleccionada, lo cual se debería al hecho de ser la variable que presenta no

linealidades y, por lo tanto, la que afecta en forma más sensible los resultados del modelo. Además, el coeficiente de la variable educación es significativo y negativo en dos de las cuatro regresiones y no significativo en las otras dos regresiones para el primer tramo de la distribución de ingresos, no significativo para valores intermedios de ingresos; y positivo y significativo a partir de niveles de ingresos por encima del segundo umbral. Por su parte, el comportamiento del status de salud presenta una mayor regularidad: afecta de modo positivo al crecimiento en todos los niveles de ingreso.

Como se mencionó al final de la sección anterior, esta evidencia es intuitivamente aceptable. A su vez, una posible explicación de que la educación tenga mayores efectos sobre el crecimiento a mayores niveles de desarrollo y no mostrarse como estadísticamente relevantes a bajos niveles de ingresos se brinda en Kalaitzidakis et al. (2001), quienes señalan que en países más desarrollados los mayores niveles educativos promueven la incorporación de nueva tecnología y el incremento de la productividad, los que a su vez en estos casos se dan en un marco institucional (servicios anexos, derechos de propiedad, etc.) que facilita este nexo. Por ejemplo, Jyun-Yi y Chih-Chiang (2008) encuentran que la variable educación genera, a su vez, efectos umbrales sobre la relación entre la inversión extranjera directa y el crecimiento.

Las recomendaciones de política económica que se desprenden de los resultados presentados en este trabajo son una mayor inversión en salud en los países más pobres, y un fortalecimiento en la educación asociada al manejo de la mejora tecnológica en las economías más desarrolladas.

Finalmente, una posible extensión de este trabajo sería determinar a través de qué canales la educación influye sobre el crecimiento en economías de mayor ingreso.

Bibliografía

Azariadis, C. y Drazen, A. (1990). Threshold Externalities in Economic Development. *The Quarterly Journal of Economics*, 105(2), 501-526.

Barro, R. J., y Lee, J. W. (2010). A new data set of educational attainment in the world: 1950-2010. NBER working paper, (15902).

Barro, R. y Lee, J. W. (2015), *Educational Attainment Dataset*. Disponible en: <http://www.barrolee.com/>

Delgado, M. S., Henderson, D. J., y Parmeter, C. F. (2014). Does education matter for economic growth?. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 76(3), 334-359.

Durlauf, S. N. y Johnson, P. A. (1995). Multiple regimes and cross-country growth behavior. *Journal of Applied Econometrics*, 10, 365-384.

Durlauf, S. N., Johnson, P. A., y Temple, J. R. (2005). Growth econometrics. *Handbook of economic growth*, 1, 555-677.

Durlauf, S. N., Kourtellos, A., y Minkin, A. (2001). The local Solow growth model. *European Economic Review*, 45(4-6), 928-940.

Feenstra, R., Inklaar, R. y Timmer, M. (2015). The Next Generation of the Penn World Table. *American Economic Review*, 105(10), 3150-3182.

Hansen, Bruce E. (1999), Threshold effects in non-dynamic panels, Estimation, testing and inference, *Journal of Econometrics*, Vol. 93, Pp. 345-368.

Henderson D.J., C. Papageorgiou, y C.F. Parmeter. (2012). "Growth empirics without parameters", *The Economic Journal*, Vol. 122(559); 125-154.

Hurlin, Christophe (2018), Panel Threshold Regression Models, University of Geneva.

Jyun-Yi, W., y Chih-Chiang, H. (2008). Does foreign direct investment promote economic growth? Evidence from a threshold regression analysis. *Economics Bulletin*, 15(12), 1-10.

Kalaitzidakis, P., Mamuneas, T. P., Savvides, A., y Stengos, T. (2001). Measures of Human Capital and Nonlinearities in Economic Growth. *Journal of Economic Growth*, 6, 229-254.

Kourtellos, A. (2003). Modeling parameter heterogeneity in cross-country growth regression models. *Reproduced: University of Cyprus*.

Liu, Z. y Stengos, T., (1999). Non-linearities in cross country growth regressions: a semiparametric approach. *Journal of Applied Econometrics*, 14, 527-538.

Maasoumi, E., Racine, J., y Stengos, T. (2007). Growth and convergence: A profile of distribution dynamics and mobility. *Journal of Econometrics*, 136(2), 483-508.

Mamuneas, T. P.; Savvides, A., y Stengos, T. (2006). Economic Development and the Return to Human Capital: a Smooth Coefficient Semiparametric Approach. *Journal of Applied Econometrics*, 21, 111-132.

Masanjala, W. H., y Papageorgiou, C. (2004). The Solow model with CES technology: nonlinearities and parameter heterogeneity. *Journal of Applied Econometrics*, 19(2), 171-201.

Monterubianesi, P.; Rojas, M.; Dabús, C. (2017). "¿Garantizar un status mínimo de salud y luego educar para crecer? Capital humano, nivel de ingreso y crecimiento: un enfoque no lineal". *LII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Política*, Bariloche. 15 a 17 de Noviembre. ISSN 1852-0022; ISBN 978-987-28590-5-3.

Disponible en Anales de la AAEP:

<http://www.aaep.org.ar/anales/works/works2017/monterubbianesi.pdf>

Naciones Unidas Base de Datos, <http://www.un.org/es/databases/>

Peiró-Palomino, J. (2016). European regional convergence revisited: the role of intangible assets. *The Annals of Regional Science*, 57(1), 165-194.

Rojas, M., Monterubbianesi, P.; Dabús, C. (2018). No linealidades y efectos umbral en la relación capital humano-crecimiento económico. *Cuadernos de Economía (mimeo)*.

Rojas, M., Monterubbianesi, P. y Dabús, C. (2016). "Capital Humano y Crecimiento Económico: evidencia de no linealidades para las economías del mundo", *LI Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Política*, Tucumán. ISSN 1852-0022; ISBN 978-987-28590-4-6. Disponible en Anales de la AAEP: <http://www.aaep.org.ar/anales/works/works2016/rojas.pdf>

Sanso-Navarro, M., y Vera-Cabello, M. (2015). Non-linearities in regional growth: A non-parametric approach. *Papers in Regional Science*, 94(S1).

Seo, M. H., y Shin, Y. (2016). Dynamic panels with threshold effect and endogeneity. *Journal of Econometrics*, 195(2), 169-186.

Sianesi, B., y Reenen, J. V. (2003). The returns to education: Macroeconomics. *Journal of economic surveys*, 17(2), 157-200.

Temple, J. R. (2001). Generalizations that aren't? Evidence on education and growth. *European Economic Review*, 45(4-6), 905-918.

Wang, Qunyong (2015), Fixed-effect panel threshold model using Stata, *The Stata Journal*, Vol. 15, No. 1, Pp. 121-134.

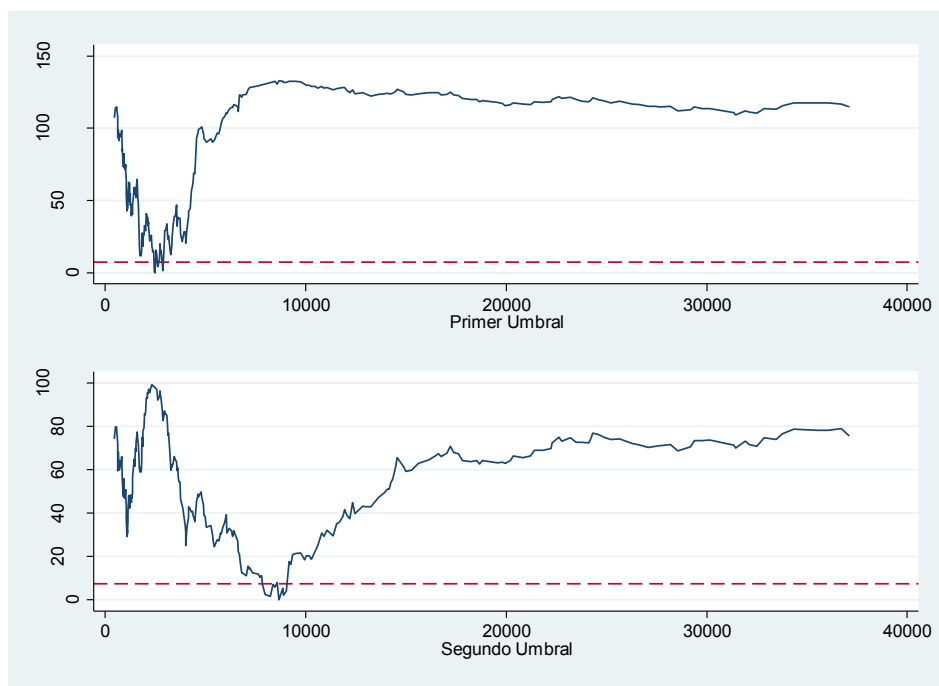
ANEXO

Gráficos 1: Determinación de umbrales en el modelo 1



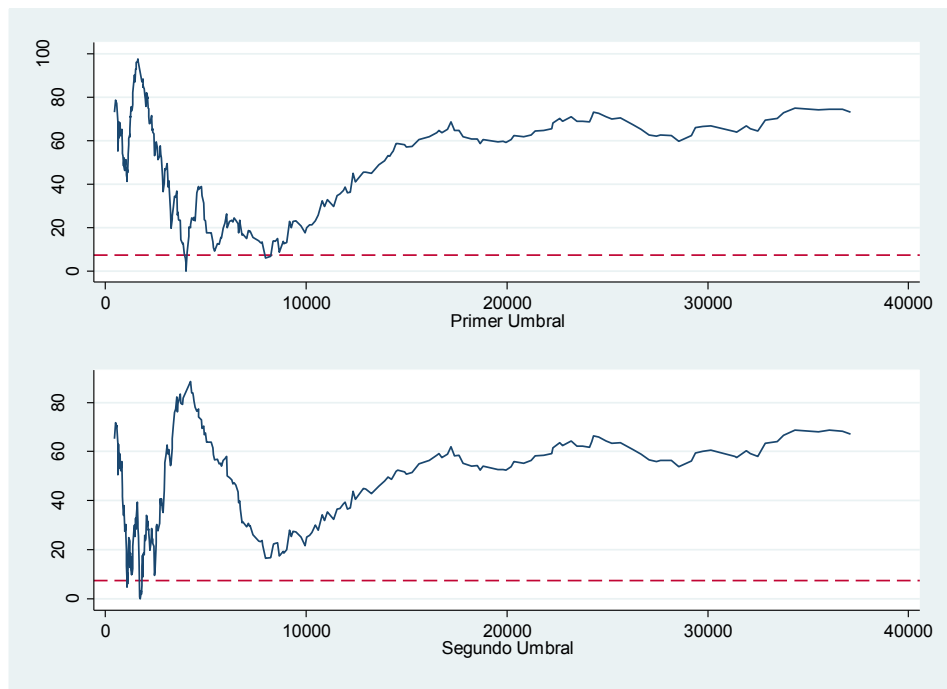
Fuente: Elaboración propia

Gráficos 2: Determinación de umbrales en el modelo 2



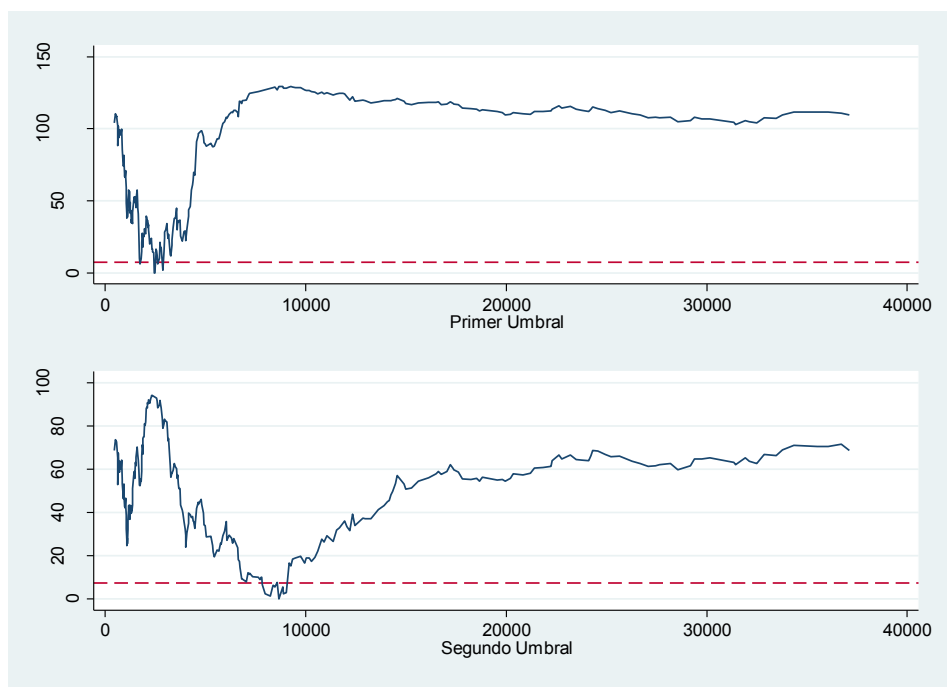
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3: Determinación de umbrales en el modelo 3



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4: Determinación de umbrales en el modelo 4



Fuente: Elaboración propia