
NO LINEALIDADES Y EFECTOS UMBRAL EN LA RELACIÓN CAPITAL HUMANO-CRECIMIENTO ECONÓMICO

Mara Leticia Rojas
Pablo Daniel Monterubbianesi
Carlos Darío Dabús

Rojas, M. L., Monterubbianesi, P. D., & Dabús, C. D. (2019). No linealidades y efectos umbral en la relación capital humano-crecimiento económico. *Cuadernos de Economía*, 38(77), 425-459.

Este artículo analiza la relación capital humano-crecimiento (considerando el primero con un enfoque amplio que involucra salud y educación) para 86 países en el periodo de 1960 a 2010. El objetivo es evaluar la presencia de no linealidades y efectos umbral mediante técnicas de panel paramétricas y semiparamétricas. Los resultados muestran: a) evidencia notoria de no linealidades en la educación, con un rango de valores medios de educación (e ingresos) para los cuales la relación

M. L. Rojas

Universidad Nacional del Sur, Argentina. e-mail: mrojas@uns.edu.ar

P. D. Monterubbianesi

Universidad Nacional del Sur, Argentina. e-mail: pmonteru@uns.edu.ar

C. D. Dabús

Universidad Nacional del Sur, Argentina. e-mail: cdabus@criba.edu.ar

Sugerencia de citación: Rojas, M. L., Monterubbianesi, P. D., & Dabús, C. D. (2019). No linealidades y efectos umbral en la relación capital humano-crecimiento económico. *Cuadernos de Economía*, 38(77), 425-459. doi: [10.15446/cuad.econ.v38n77.67984](https://doi.org/10.15446/cuad.econ.v38n77.67984)

Este artículo fue recibido el 28 de septiembre de 2017, ajustado el 16 de abril de 2018, y su publicación aprobada el 17 de abril de 2018.

es negativa (efectos umbral); b) evidencia de no linealidades para la salud, aunque el efecto es más suave; y c) gran dispersión en la relación educación-crecimiento a niveles medios y altos de ingresos.

Palabras clave: capital humano, crecimiento económico, educación, salud, panel de datos, métodos semiparamétricos, no linealidades, efectos umbral.

JEL: C1, I0, O4, O5.

Rojas, M. L., Monterubbiansi, P. D., & Dabús, C. D. (2019). No linearities and threshold effects in the human capital-economic growth relationship. *Cuadernos de Economía*, 38(77), 425-459.

This paper analyzes the relationship between human capital and growth (considering the first through a broad approach involving health and education) for 86 countries from 1960-2010. The objective is to evaluate the presence of nonlinearities and the threshold effects by using parametric and semiparametric panel techniques. The results show: a) well-known evidence of nonlinearities in education, with a range of average values of education (and income) for which the relation is negative (threshold effects); b) evidence of nonlinearities for health, although the effect is smoother; and c) great dispersion in the education-growth relationship at medium and high levels of income.

Keywords: Economic growth, human capital, health, education, panel data, semiparametric methods, non-linearities, threshold effects.

JEL: C1, I0, O4, O5.

Rojas, M. L., Monterubbiansi, P. D., & Dabús, C. D. (2019). Non linéarités et effets de seuil dans la relation capital humain – croissance économique. *Cuadernos de Economía*, 38(77), 425-459.

Cet article analyse la relation capital humain – croissance économique (considérant le premier par une vaste approche qui inclut santé et éducation) pour 86 pays pour la période 1960 – 2010. L'objectif consiste à évaluer la présence de non-linéarités et d'effets de seuil par des techniques de panel paramétriques et semi paramétriques. Les résultats montrent a) une évidence notoire de non-linéarités dans l'éducation, avec un niveau de valeurs moyennes d'éducation (et de revenus) pour lesquelles la relation est négative (effets de seuil) ; b) évidence de non-linéarités pour la santé, bien que l'effet soit plus doux ; et, c) une grande dispersion dans la relation éducation-croissance à des niveaux moyens et élevés de revenus.

Mots-clés: capital humain, croissance économique, éducation, santé, panel de données, méthodes semi paramétriques, non linéarités, effets de seuil.

JEL: C1, I0, O4, O5.

Rojas, M. L., Monterubbianesi, P. D., & Dabús, C. D. (2019). Não linearidades e efeitos de limiar na relação capital humano-crecimento econômico. *Cuadernos de Economía*, 38(77), 425-459.

Este artigo analisa a relação capital humano-crecimento (considerando o primeiro com um enfoque amplo que envolve saúde e educação) para 86 países no período de 1960 a 2010. O objetivo é avaliar a presença de não linearidades e efeitos de limiar mediante técnicas de painéis paramétricos y semiparamétricos. Os resultados mostram a) evidência notória de não linearidades na educação, com um intervalo de valores médios de educação (e ingressos) para os quais a relação é negativa (efeitos de limiar); b) evidência de não linearidades para a saúde, ainda que o efeito seja mais suave; e c) grande dispersão na relação educação-crecimento a níveis médios e altos de ingressos.

Palavras-chave: capital humano, crescimento econômico, educação, saúde, painéis de dados, métodos semiparamétricos, não linearidades, efeitos de limiar.

JEL: C1, I0, O4, O5.

INTRODUCCIÓN

En la literatura del crecimiento económico, existe consenso en que la inversión, el capital humano, el nivel de ingreso inicial, el sector público, entre otros factores, cumplen un rol clave en el desempeño de un país. En particular, la calificación de la mano de obra es una fuente de crecimiento considerada fundamental. Lo que la evidencia empírica no parece resolver aún es de qué forma exactamente se relaciona el capital humano con la evolución del producto a lo largo del tiempo ni a través de qué canales. Este trabajo pretende abordar la primera de estas cuestiones.

Schultz (1961) (uno de los fundadores de la teoría del capital humano) definió el capital humano en función de ciertos componentes relacionados con la salud, la educación formal y la formación y la experiencia profesional. Sin embargo, la teoría moderna del crecimiento y, posteriormente, la literatura del crecimiento endógeno pusieron el énfasis en la ciencia y la educación como sinónimos del capital humano sin cuestionar mayormente su relación con el crecimiento (Rojas, 2015).

No obstante, como se verá a continuación, el estudio de la relación capital humano-crecimiento económico presenta controversias. En primer lugar, el avance en incorporar la salud como componente del capital humano ha sido mucho menor, sobre todo en trabajos empíricos (Monterubbiansi, 2014). En general, el capital humano ha sido medido por los años promedios de escolarización o tasas de matriculación, descartándose el componente salud. El problema de medir el capital humano solo a partir de la educación es que se la asume como única fuente capaz de incrementar las capacidades de los individuos, lo cual no es necesariamente cierto (Hanushek, 2013).

En segundo término, la evidencia empírica que respaldaría los avances teóricos descritos más arriba no es concluyente y difiere según sean los métodos y datos utilizados. Una tercera vertiente teórica se basa en las nociones de umbrales y no linealidades en los rendimientos de los factores acumulables (Rojas, 2015). Esta corriente, iniciada con Azariadis y Drazen (1990), establece que enormes disparidades en las tasas de crecimiento de dos economías podrían surgir aun si sus *fundamentals* fueran exactamente iguales, dado que ciertas variables clave relacionadas con el crecimiento como es el capital humano podrían mostrar una relación diferente con el incremento del producto según sea la fase de desarrollo en la cual el país se encuentre.

Según esta noción, los niveles de capital humano mínimo serían necesarios para que las ventajas de inversiones sucesivas tanto en capital físico como humano fueran redituables y traducidas en incrementos del producto, dadas las complementariedades que existen entre mano de obra calificada, inversión y sectores de alta productividad (Rojas, 2012).

La modelización de tal idea implica el uso de técnicas no paramétricas, de modo que ya no es posible asumir una relación lineal (paramétrica) de continuo incremento entre el crecimiento y la variable explicativa. Las técnicas no paramétricas

son técnicas estadísticas de suavización que no requieren una preconceptualización del proceso de generación de datos.

A partir de lo anterior, el estudio de la relación crecimiento-capital humano amerita un enfoque amplio, introduciendo tanto no linealidades como un concepto abarcativo de capital humano, que involucre las dimensiones de salud y educación. Por tanto, el objetivo de este trabajo es estudiar la existencia de comportamientos no lineales en dicha relación desde la implementación de técnicas semiparamétricas, introduciendo los componentes de salud y educación en el análisis para una muestra de 86 países durante el periodo de 1960 a 2010.

En las siguientes secciones se detallan, sucesivamente, la revisión de la literatura empírica, los datos y la metodología utilizada, los resultados obtenidos y las conclusiones finales. La evidencia encontrada indica la existencia de no linealidades para el caso de la educación, de modo que no es tan clara la presencia de no linealidades en el indicador referente a salud, la cual parece mostrar un comportamiento más homogéneo entre economías en su relación con el crecimiento.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Dos referencias iniciales en los estudios empíricos que incorporan capital humano como variable explicativa del crecimiento son Griliches y Jorgenson (1967) y Denison (1974, 2011). Los primeros mostraron que una parte sustancial del llamado residuo de Solow podía ser explicado por los cambios en la cualidad de los factores para la economía de los Estados Unidos durante el periodo de 1945 a 1965. Por su parte, Denison analizó al mismo país mediante series de tiempo, tras lo cual encontró que el incremento en los años de escolarización a lo largo de la mayor parte del siglo XX explicaba alrededor del 25 % del incremento del producto per cápita.

A partir de allí, la literatura empírica se ha desarrollado notoriamente. En tal sentido, se destacan principalmente los análisis que trabajan con técnicas paramétricas considerando relaciones lineales entre las variables, aunque en los últimos años se ha avanzado en el cuestionamiento de este supuesto desde el avance en la aplicación de técnicas semi- o no paramétricas. Estas técnicas no requieren suponer (de forma parcial o total) una relación funcional preestablecida entre las variables explicativas y la tasa de crecimiento y se encuentran sustentadas en los desarrollos teóricos de no linealidades y efectos umbral.

Al mismo tiempo, se identifican dos líneas metodológicas: la contabilidad del crecimiento y las regresiones *à la Barro*. La contabilidad del crecimiento mide la contribución de los factores de producción al incremento del producto de un país a través de un promedio ponderado por las tasas de participación de dichos factores en la producción total. El residuo resultante de la diferencia entre el producto real y el explicado por el modelo se entiende como la contribución al crecimiento del aumento en la productividad total de los factores (PTF).

Por su parte, los trabajos basados en regresiones *à la Barro*, o de convergencia, tienen su origen en el trabajo de Barro (1991). Esta literatura toma como base el modelo neoclásico de crecimiento y centra su análisis en la explicación de la tasa de crecimiento económico como función del nivel inicial del producto per cápita (intentando identificar procesos de convergencia) y otras variables explicativas, entre ellas, las identificativas del capital humano.

Mientras que se encuentra amplia literatura de análisis lineales tanto a partir de la contabilidad del crecimiento como de regresiones *à la Barro*, los análisis con técnicas semi- y no paramétricas utilizan en general este último enfoque.

Con el objetivo de evaluar la contribución específica de las variables de capital humano al crecimiento económico, es decir, no por su contribución indirecta a través de la PTF, y, al mismo tiempo, sin desechar la evaluación de procesos de convergencia, en el presente trabajo se avanzará con la aplicación del enfoque *à la Barro*. Asimismo, se incorporarán técnicas semiparamétricas a fin de captar la posibilidad de que el efecto del capital humano sobre el crecimiento a lo largo del tiempo y a través de todas las economías difiera. De este modo, la revisión de la literatura a continuación se centrará en estos dos enfoques.

Regresiones paramétricas *à la Barro*, o de convergencia

La Tabla 1 muestra un resumen de las diferentes contribuciones de la literatura que utilizan metodologías de tipo paramétricas *à la Barro*. Se han identificado los indicadores utilizados como *proxies* de la variable capital humano, la muestra utilizada y los principales resultados encontrados. Asimismo, se han dividido las contribuciones según incorporen solo variables de educación, de salud o indicadores de ambos componentes.

Los resultados de aquellos trabajos que aproximan el capital humano por medio de indicadores de salud muestran una relación positiva más robusta con el crecimiento económico que la literatura que utiliza variables identificadoras de educación, en que la relación se muestra, a menudo, no significativa o de signo contrario al esperado. Al mismo tiempo, diferentes resultados en las distintas muestras analizadas, incluso bajo iguales metodologías, podrían sugerir que las características estructurales particulares por grupos de países, tales como el grado de desarrollo o la estructura productiva, podrían resultar factores determinantes del efecto del capital humano sobre el crecimiento económico.

Tabla 1. Evidencia en regresiones paramétricas a la Barro de la relación capital humano-crecimiento económico

Modelos que incorporan variables de educación como componente del capital humano					
Autores	Proxy utilizada	Periodo	Países	Resultados	
Caselli, Esquivel y Lefort (1996)	Años de educación secundaria promedio.	1960-1985	97 países	Relación negativa y significativa.	
Liu y Stengos (1999)	Tasa de matriculación secundaria.	1960-1989	86 países	Relación no significativa.	
Dowrick y Rogers (2002)	Tasa de matriculación secundaria, años de educación secundaria promedio.	1965-1990	57 países	Relación no significativa.	
Kalaitzidakis, Mamuneas, Savvides y Stengos (2001)	Varios indicadores de niveles de escolarización y tasas de matriculación totales y por género.	1960-1990	93 países	Relación no significativa.	
Cicccone y Papaioannou (2009)	Tasa de variación de los años de educación promedio de la población de 25 años y más, y nivel inicial. Porcentaje de población que finalizó la escuela secundaria.	1980-1999	28 economías industrializadas	Relación positiva entre niveles iniciales de capital humano y valor agregado industrial.	
Radvansky, Radvansky y Tiruneh (2011)	Tasa de matriculación secundaria, fuerza laboral con distintos niveles de educación completos, gasto en investigación y desarrollo.	1995-2009	25 países de la UE	Relación positiva y significativa.	
Dias y Tebaldi (2012)	Índice compuesto que incluye los años promedio de educación primaria, secundaria y terciaria.	1965-2005	61 países	Relación positiva y significativa.	
Hanushek (2013)	Años de educación promedio, calidad educativa.	1960-2000	50 países	Relación positiva y significativa solo en los países en desarrollo.	

(Continúa)

Tabla 1.
Evidencia en regresiones paramétricas à la Barro de la relación capital humano-crecimiento económico

Modelos que incorporan variables de educación como componente del capital humano					
Autores	Proxy utilizada	Periodo	Países	Resultados	
Mehrara y Musai (2013)	Índice que incluye la tasa de matriculación y el gasto público en educación como proporción del gasto público total.	1970-2010	101 países	Relación no significativa.	
Čadil, Petkovová y Blatná (2014)	Porcentaje de la población con educación terciaria.	2007-2011	25 países de la UE	No resulta un factor positivo para el crecimiento. Para algunos sectores productivos, puede incluso resultar un factor perjudicial.	
Murphy y O'Reilly (2018)	Años de educación promedio.	1970-2010	177 países	Relación positiva y significativa.	
Sunde y Vischer (2015)	Tasa de variación de los años de educación promedio de la población de 25 años y más, y nivel inicial.	1970-1990 y 1970-2000 (diferentes fuentes de datos)	81 y 94 países	Ambas variables en conjunto muestran efectos positivos sobre el crecimiento, pero individualmente no son significativas o muestran signo inverso.	
Teixeira y Queirós (2016)	Años de educación promedio.	1960-2011 (OCDE) 1990-2011 (base ampliada)	21 países de la OCDE, 30 países (base ampliada) incluyendo países de Europa del Este	Relación positiva y significativa.	
Bhargava, Jamison, Lau y Murray (2001)	Tasa de supervivencia a la adultez rezagada un periodo.	1965-1990	58 países	Relación positiva y significativa hasta cierto umbral.	

(Continúa)

Tabla 1. Evidencia en regresiones paramétricas à la Barro de la relación capital humano-crecimiento económico

Modelos que incorporan variables de educación como componente del capital humano					
Autores	Proxy utilizada	Periodo	Países	Resultados	
Mayer (2001)	Tasa de supervivencia a la adultez.	1950-1990	18 países de América Latina	Relación positiva y significativa.	
Amiri y Gertham (2013)	Tasa de mortalidad de menores de 5 años, mortalidad materna.	1990-2010	180 países	Relación positiva y significativa.	
Barro y Lee (1994)	Años de educación secundaria promedio (masculina y femenina). Esperanza de vida al nacer.	1965-1985	95 países	Años de educación de población masculina y esperanza de vida al nacer: relación positiva y significativa. Años de educación de población femenina: relación negativa y significativa.	
Barro (1996)	Tasa de escolarización masculina y femenina secundaria y superior, esperanza de vida al nacer.	1960-1990	100 países	Relación positiva y significativa de los indicadores de educación masculinos, pero no significativos en los indicadores femeninos. Relación positiva del indicador salud.	
Gyimah-Brempong y Wilson (2004)	Años de educación promedio de la población adulta, tasa de supervivencia a la adultez rezagada un periodo.	1961-1995 (OCDE), 1975-1994 (África subsahariana)	23 países de la OCDE y 21 países de África subsahariana	Relación positiva y significativa de ambos indicadores con mayor efecto en los países de África subsahariana.	

(Continúa)

Tabla 1. Evidencia en regresiones paramétricas a *la Barro* de la relación capital humano-crecimiento económico

Modelos que incorporan variables de educación como componente del capital humano					
Autores	Proxy utilizada	Periodo	Países	Resultados	
Duraisamy y Mahal (2005)	Años de educación promedio de la población adulta, esperanza de vida al nacer inicial.	1980-1998	Estados de India	Relación positiva y significativa de ambos indicadores.	
Jamison, Lau y Wang (2005)	Años de educación promedio de la población adulta, tasa de supervivencia masculina en la adultez.	1965-1990	53 países	Relación positiva y significativa de ambos indicadores.	
Astorga (2009)	Tasa de analfabetismo rezagada, esperanza de vida al nacer rezagada.	1990-2004	6 principales economías latinoamericanas	Relación positiva y significativa de ambos indicadores.	
Cooray (2013)	Tasa de matriculación. Esperanza de vida al nacer, tasa de supervivencia a los 65 años.	1990-2008	210 países	Relación positiva y significativa para países de ingresos altos y medio-altos. Efectos confusos en los demás casos.	
Azam y Ahmed (2015)	Tasa bruta de matriculación secundaria, esperanza de vida al nacer.	1993-2011	10 países del Commonwealth	Relación positiva y significativa.	
Alaali, Roberts y Taylor (2015)	Tasa de matriculación secundaria y terciaria, y años promedio de educación. Tasa de mortalidad infantil.	1981-2009	130 países	Efecto positivo de ambas variables sobre el crecimiento, excepto del indicador salud para el caso de los países exportadores de petróleo.	

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos; UE: Unión Europea.

Fuente: elaboración propia.

Estimaciones semi- y no paramétricas

La literatura empírica hasta aquí expuesta se basa en especificaciones paramétricas. Estas implican una relación funcional preestablecida entre las variables explicativas y el producto o tasa de crecimiento. Pero suponer 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 no tiene demasiada lógica intuitiva. Una serie de trabajos empíricos han cuestionado esta idea bajo el argumento de que no hay razón *a priori* para suponer que esta relación lineal deba mantenerse. Inicialmente, Durlauf y Johnson (1995) mostraron que los rendimientos de la inversión en capital humano varían de acuerdo con el nivel de ingreso de una economía. Utilizando la metodología de árbol de regresiones, dividieron la muestra de países en cuatro subgrupos según su nivel inicial de ingreso y la tasa inicial de escolarización. Encontraron sustanciales diferencias en el coeficiente que acompaña a la tasa de escolarización secundaria: este es no significativo en los dos grupos de menores ingresos, y positivo y significativo para los dos restantes. Además, el efecto es tres veces más grande para los países de ingresos medios que para las economías de ingresos altos. Una lectura de esto podría ser, alcanzado cierto umbral, el capital humano comienza a ser relevante para explicar el crecimiento, aunque este efecto positivo se desacelera a mayores niveles de ingresos.

Liu y Stengos (1999) y Kalaitzidakis *et al.* (2001), cuyos resultados bajo modelos paramétricos habían sido no concluyentes, arrojaron evidencia a favor de la tesis de no linealidades mediante el uso de técnicas semiparamétricas para datos de panel utilizando las tasas de matriculación secundaria.

Masanjala y Papageorgiou (2004), Mamuneas, Savvides y Stengos (2006) y Maasoumi, Racine y Stengos (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 es una regresión paramétrica, no sería capaz de capturar la heterogeneidad que existe entre las economías y agregar todas las economías bajo un mismo comportamiento escondería los distintos impactos que tiene la inversión en capital humano en el crecimiento.

Henderson, Papageorgiou y Parmeter (2011) utilizan técnicas no paramétricas. Los autores muestran que la inclusión de no linealidades es necesaria para la determinación de las variables empíricamente relevantes que explican el crecimiento. Sin embargo, encuentran que son las tasas de fertilidad y la recíproca de la esperanza de vida las variables que entran en el modelo de una forma no lineal, mientras que la variable representativa de la educación no se muestra como relevante en el estudio.

Delgado, Henderson y Parmeter (2014), utilizando años de educación promedio de cinco fuentes de datos diferentes, construyen estimadores lineales locales y test de variables relevantes, y encuentran que los años promedio de educación no

son una variable relevante para explicar el crecimiento. Sin embargo, este trabajo asume no linealidades para absolutamente todas las variables explicativas, cuando en realidad la relevancia de la inversión, el crecimiento poblacional y, en menor medida, el nivel inicial de PBI per cápita no reciben demasiada objeción en modelos lineales.

Sanso-Navarro y Vera-Cabello (2015) analizan los determinantes del crecimiento de las regiones que integran la Unión Europea (UE) mediante metodologías no paramétricas. Obtienen evidencia de relaciones no lineales, especialmente, para la productividad laboral inicial y la dotación del capital humano.

Peiró-Palomino (2016) analiza la relación entre el crecimiento y un conjunto de variables, entre ellas, los bienes intangibles (principalmente capital humano y capital social). Mediante el uso de metodologías de kernels estocásticos no paramétricos condicionados y no condicionados arroja evidencia a favor de no linealidades en la relación para la UE en el periodo de 2000 a 2011.

En síntesis, la proliferación de trabajos econométricos a partir de los avances en las técnicas de análisis paramétricas y el mejoramiento de las fuentes de datos amplió la heterogeneidad de resultados en la evaluación de la relación capital humano-crecimiento. El análisis bajo técnicas semi- o no paramétricas sugiere la existencia de no linealidades en dicha relación, lo cual podría ser clave para explicar el estancamiento o continuo desarrollo de ciertas naciones.

METODOLOGÍA Y DATOS

El análisis empírico se efectuará bajo dos estrategias, a fin de corroborar o rebatir los resultados mostrados por los trabajos enumerados. En primer lugar, se utilizarán especificaciones paramétricas *à la Barro*. En segundo lugar, se utilizará una especificación semiparamétrica para testear la posible existencia de relaciones no lineales. De acuerdo con la disponibilidad de datos, se construyó un panel de 86 países con observaciones quinquenales para el periodo de 1960 a 2010.¹ Las estimaciones se realizaron mediante la utilización del paquete Stata/MP 13.

En las últimas dos décadas, ha existido una proliferación de aportes respecto de cuáles son las variables que permiten explicar la tasa de crecimiento económico. En el presente trabajo, se eligieron variables de control siguiendo las contribuciones de Levine y Renelt (1992), Barro (1996) y Laumann y Dabús (2006). A su vez, la variable endógena fue definida como la variación del logaritmo del PBI per cápita entre dos momentos del tiempo. Las variables de control son el nivel de inversión y el nivel de gasto público (ambas expresadas como porcentaje 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 periodos) y el PBI per cápita al inicio de cada periodo, el cual permite captar las características dinámicas del proceso de convergencia. Las

¹ En el Anexo se adjunta el listado completo de las economías consideradas.

variables de interés vienen determinadas por indicadores representativos del capital humano, específicamente de las dimensiones de educación y salud. Para la educación, se tomó como *proxy* los años promedio de educación secundaria de la población mayor de 15 años (expresados en logaritmos), mientras que el estatus de salud fue aproximado por un indicador calculado como la diferencia entre el máximo valor alcanzado de la tasa de mortalidad infantil para toda la muestra y cada uno de los valores observados. Intuitivamente, es de esperar que tanto la variable educativa como de salud se relacionen positivamente con el crecimiento económico.

Además, se consideraron los indicadores esperanza de vida al nacer y años promedio de educación de la población total. Los resultados de las estimaciones no difieren en gran medida si se toman estos indicadores en lugar de los especificados, lo cual robustece los resultados que se mostrarán a continuación.²

La elección final de los indicadores tuvo que ver con un mejor ajuste de las regresiones paramétricas, una menor correlación entre el indicador de salud y el de educación y la realización de test de raíz unitaria para panel (test de Harris-Tzavalis y test de Im-Pesaran-Shin).

La elección de la tasa de mortalidad infantil expresada en forma inversa se vincula con facilitar la interpretación, de modo que un mayor valor del indicador estaría revelando un mejor estatus de salud, dado que el país se aleja más de la peor tasa de mortalidad infantil exhibida. Diversos autores han realizado este ajuste también para el caso de la esperanza de vida (Knowles y Owen, 1995; McDonald y Roberts, 2002).

Todos los valores monetarios están expresados en dólares constantes de 2005. Los datos correspondientes a producto, inversión, gasto público, apertura y población fueron obtenidos de la Penn World Table (PWT) (Feenstra, Inklaar y Timmer, 2015). Los datos referidos a educación fueron obtenidos de Barro y Lee (2015) y los referentes a salud de la base de Naciones Unidas (s. f.).

Estimaciones paramétricas

El modelo paramétrico en su forma general se define como:

$$D_{yit} = X_{it}\beta + \mu_{it} \quad (1)$$

² Delgado *et al.* (2014) mencionan que el análisis del efecto de la educación sobre el crecimiento en los trabajos empíricos podría verse opacado al no considerar cuestiones de *calidad*. Sin embargo, la discusión respecto de cómo medir la calidad educativa es aún más profunda que la referida a cómo medir la educación. Los propios autores reconocen que la calidad de estos datos (como las pruebas estandarizadas de calidad) para países no OCDE deja mucho que desear, además de que su utilización reduciría la muestra considerablemente. A su vez, las técnicas semiparamétricas requieren series temporales amplias para producir buenos resultados. Sunde y Vischer (2015) mencionan que utilizar pruebas estandarizadas como indicadores de calidad es impracticable en casos en los que lo que se busca es el análisis temporal de largo plazo, por lo que en este trabajo se optó por utilizar las medias objetivas que más frecuentemente utiliza la literatura.

Con $i = 1, \dots, N$ y $t = 1, \dots, T, N < T, N < T$ donde D_{yit} representa la tasa de crecimiento del producto per cápita entre los momentos $t - 1$ y t para la economía i ; X_{it} representa la matriz de dimensión $q \times t$ de variables explicativas, β representa el vector $q \times 1$ de los parámetros por estimar y μ_{it} es la variable estocástica de dimensión q . De este modo, a partir de la especificación dada en (1), y considerando las variables seleccionadas, el modelo por estimar queda establecido de la siguiente manera:

$$D_{yit} = \alpha + \beta_1 \text{Inversión}_{it} + \beta_2 \text{Gasto Público}_{it} + \beta_3 \text{Apertura}_{it} + \beta_4 \text{Crecim.Poblac.}_{it} + \beta_5 \text{PIB inicial}_{it} + \beta_6 \text{Educación}_{it} + \beta_7 \text{Salud}_{it} + \mu_{it} \quad (2)$$

Donde: α es una constante. Bajo este modelo, se realizaron estimaciones paramétricas mediante dos metodologías a fin de testear la robustez de los resultados. Por un lado, se utilizó la metodología de efectos fijos. Las pruebas de Hausman y el test F de efectos individuales arrojaron evidencia a favor del uso de esta técnica, descartando efectos aleatorios. Por otro, se empleó un modelo Panel-Corrected Standard Errors (PCSE), el cual corrige los errores por la posible presencia de heterocedasticidad.

Un inconveniente frecuente en los modelos de este tipo es la existencia de endogeneidad (Barro, 2001). En tal sentido, se introdujeron variables instrumentales, es decir, una variable que cumpla con el requisito de estar correlacionada con la variable que presenta la doble causalidad sin estar correlacionada con el término de error. Las variables instrumentales se trataron mediante 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 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 estos no difieren, lo que indica que el problema de endogeneidad carece de relevancia.

Estimaciones semiparamétricas

Los modelos semiparamétricos combinan componentes de modelos paramétricos y no paramétricos, manteniendo la fácil interpretación de los primeros y conservando parte de la flexibilidad de los últimos. Según Härdle, Müller, Sperlich y Werwatz (2012), el uso de técnicas puramente no paramétricas en modelos multivariados hace que los modelos sean tan flexibles que muchas veces dificultan la inferencia e interpretación gráfica para todos los regresores. Considerar de a una variable por vez en la relación no paramétrica puede dar una visión clara de su curso de acción, evitando el problema de la dimensionalidad (Härdle *et al.*, 2012; Tayebi y Ohadi Esfahani, 2014).

Sin embargo, la desventaja de esta metodología es, precisamente, asumir que todos los demás regresores tendrán una relación funcional paramétrica con la variable dependiente cuando, en realidad, pudiera haber otros factores que presenten una

relación no paramétrica con la variable explicada. Aunque la estructura semiparamétrica relaja el supuesto de la forma funcional para algún regresor y disminuye la dimensionalidad del problema, su consistencia aún depende de supuestos restrictivos (Henderson et al., 2011). Alternativamente, existen otras técnicas no paramétricas, como las regresiones kernel (Henderson et al., 2011; Li y Racine, 2004), las cuales son completamente flexibles y no asumen ninguna forma funcional para ninguno de los regresores.

La metodología implementada en este trabajo utiliza el estimador de regresión semiparamétrica de efectos fijos desarrollado por Baltagi y Li (2002). Un modelo parcialmente lineal o semiparamétrico de este tipo se define como

$$D_{\gamma it} = X_{it}\gamma + g(Z_{it}) + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Donde: g es una función desconocida, la cual se asume suavizada y continua, y que asocia el regresor Z_{it} a la variable dependiente $D_{\gamma it}$ de forma no lineal. X_{it} es ahora una matriz de dimensión $q-1 \times t$, y define la parte paramétrica del modelo, la cual se estima bajo los supuestos de efectos fijos. Esta técnica utiliza la noción de vecinos más cercanos a cada observación, ponderando las distancias de las observaciones a la media del grupo y permitiendo la construcción de una función condicional a dicha media, sin hacer supuestos *a priori* del comportamiento de la función entre los distintos nodos. La curva suavizada se calcula por el método de kernel de Epanechnikov. Para determinar el grado de suavización del polinomio graficado, se utilizó el valor de amplitud de banda definido por *default* mediante regla general ROT (*rule-of-thumb bandwidth estimator*).³ A continuación, se muestran los principales resultados de las estimaciones realizadas.

RESULTADOS

Estadísticas descriptivas

La Tabla 2 muestra los principales estadísticos de las variables bajo consideración. Se observa claramente una gran dispersión en el valor de las variables, lo cual es lógico, dada la amplitud de tiempo, así como la diversidad de países que incluye la media. Un dato interesante es que la tasa de crecimiento del PBI per cápita toma un valor promedio del 2,78 % anual (13,91 % en 5 años), lo cual marca una tendencia creciente del producto en el mundo a lo largo del tiempo.

Al mismo tiempo, puede resultar interesante considerar gráficamente la relación entre las variables de capital humano y el crecimiento. Las Figuras 1 y 2 presentan gráficos de dispersión de la relación capital humano-crecimiento. A simple vista, es difícil realizar una conjetura de la relación entre las variables presentadas, lo que refuerza la necesidad del análisis que se realiza a continuación.

³ Para mayor información, véanse Baltagi y Li (2002) y Libois y Verardi (2013).

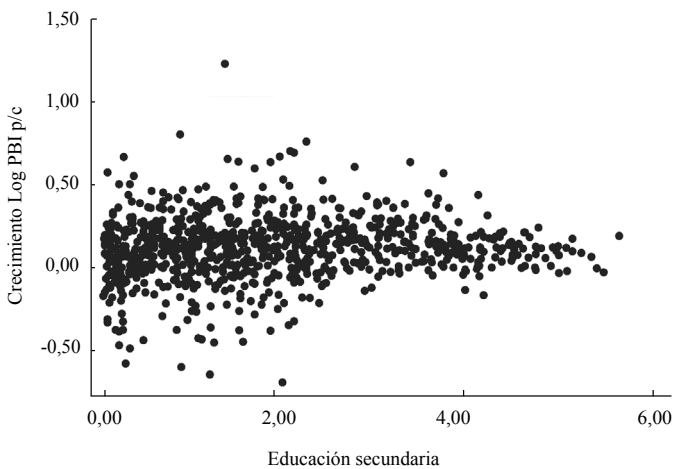
Tabla 2.
Estadísticas descriptivas

Variable	Media	Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<i>Crecimiento PBI per cápita</i>	13.919	21.852	-48.699	228.98
<i>Inversión</i>	0.212	0.116	0.013	0.751
<i>Gasto público</i>	0.180	0.090	0.012	0.797
<i>Apertura</i>	0.465	0.482	0.000	5.506
<i>Crecimiento de la población</i>	9.804	6.003	-21.651	45.386
<i>PBI per cápita inicial</i>	8994.208	10513	368.333	78802.13
<i>Educación (secundaria)</i>	1.792	1.362	0.020	5.780
<i>Educación (total)</i>	5.887	3.135	0.130	13.180
<i>Salud (EV)</i>	62.793	12.019	23.100	82.700
<i>Salud (inversa TMI)</i>	227.441	50.861	0	287

EV: esperanza de vida al nacer; TMI: tasa de mortalidad infantil.

Fuente: elaboración propia.

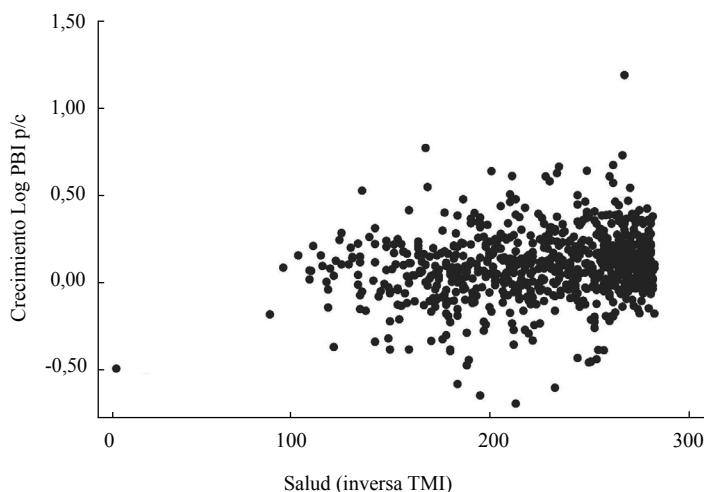
Figura 1.
Relación educación (secundaria)-crecimiento



Fuente: elaboración propia.

Figura 2.

Relación salud (inversa TMI)-crecimiento



Fuente: elaboración propia.

Regresiones paramétricas

Las Tablas 3 y 4 muestran los resultados de las estimaciones bajo las metodologías de efectos fijos y modelo de errores estándar corregidos para panel.

Los coeficientes que acompañan a las variables inversión, gasto público y PBI inicial son significativos. Como es de esperar, la inversión se muestra como un factor favorable al crecimiento, mientras que el gasto público parece desempeñar un papel negativo. El comportamiento exhibido por el nivel de PBI inicial arroja evidencia a favor de la convergencia condicional.

Tabla 3.

Estimaciones bajo metodología de panel con efectos fijos. Variable dependiente: tasa de crecimiento del PBI per cápita

Regresores	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>Inversión</i>	0.514*** (0.097)	0.522*** (0.096)	0.524*** (0.095)	0.58*** (0.095)
<i>Gasto público</i>	-0.218** (0.091)	-0.223** (0.09)	-0.222** (0.09)	-0.239*** (0.091)
<i>Apertura</i>	0.015 (0.031)			
<i>Crecimiento de la población</i>	-0.002 (0.001)			

(Continúa)

Tabla 3.

Estimaciones bajo metodología de panel con efectos fijos. Variable dependiente: tasa de crecimiento del PBI per cápita (*continuación*)

Regresores	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>Crecimiento de la población</i>	-0.002 (0.001)			
<i>PBI per cápita inicial</i>	-0.157*** (0.017)	-0.151*** (0.016)	-0.152*** (0.016)	-0.143*** (0.016)
<i>Educación</i>	-0.005 (0.017)	-0.003 (0.017)		0.042*** (0.011)
<i>Salud</i>	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	
<i>Constante</i>	1.039*** (0.157)	0.978*** (0.15)	0.997*** (0.11)	1.218*** (0.137)
<i>Within R²</i>	0.16	0.16	0.16	0.15
<i>Est. F (p-value)</i>	21.53 (0.000)	29.69 (0.000)	37.15 (0.000)	33.05 (0.000)
<i>Est. Hausman (p-value)</i>	77.61 (0.000)	72.65 (0.000)	70.87 (0.000)	74.03 (0.000)

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

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4.

Estimaciones bajo metodología PCSE. Variable dependiente: tasa de crecimiento del PBI per cápita

Regresores	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>Inversión</i>	0.339*** (0.074)	0.371*** (0.074)	0.37*** (0.073)	0.434*** (0.073)
<i>Gasto público</i>	-0.193** (0.085)	-0.194** (0.086)	-0.196** (0.086)	-0.184** (0.087)
<i>Apertura</i>	0.037*** (0.013)			
<i>Crecimiento de la población</i>	-0.272* (0.146)			
<i>PBI per cápita inicial</i>	-0.063*** (0.017)	-0.05*** (0.011)	-0.049*** (0.010)	-0.033*** (0.009)

(*Continúa*)

Tabla 4.

Estimaciones bajo metodología PCSE. Variable dependiente: tasa de crecimiento del PBI per cápita (*continuación*)

Regresores	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>Educación</i>	0.008 (0.012)	0.004 (0.012)		0.031*** (0.011)
<i>Salud</i>	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	
<i>Constante</i>	0.363*** (0.093)	0.222*** (0.076)	0.201*** (0.047)	0.323*** (0.076)
R^2	0.12	0.11	0.11	0.10
<i>Est. test Wald</i> (<i>p-value</i>)	97.01 (0.000)	71.45 (0.000)	71.28 (0.000)	53.38 (0.000)

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

Fuente: elaboración propia.

A su vez, el grado de apertura y la tasa de crecimiento poblacional no son variables significativas bajo la metodología de efectos fijos, aunque sí bajo la metodología PCSE. En este caso, el grado de apertura se muestra como favorable al crecimiento económico, mientras que el incremento poblacional exhibe una relación negativa.

En el componente de salud, el coeficiente resulta significativo y muestra el signo esperado: cuanto mejor es el estatus de salud de la población, mayor es el crecimiento. El valor del coeficiente, sin embargo, es reducido. Por su parte, el comportamiento de la variable educación pocas veces muestra significatividad en las regresiones bajo las dos metodologías paramétricas analizadas.

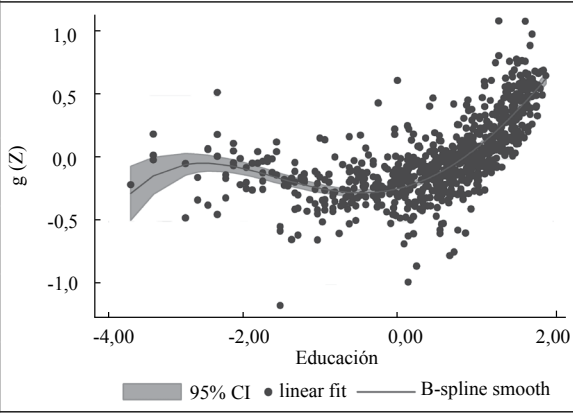
Regresiones semiparamétricas

A continuación, las Tablas 5.A. a 6.C. muestran los resultados de diferentes estimaciones semiparamétricas, en que se han considerado alternativamente los dos indicadores correspondientes al capital humano incorporándose en la estimación de forma no lineal.⁴

⁴ El eje de abscisas en las figuras de las regresiones semiparamétricas corresponde a las variables explicativas tal como fueron tomadas en la regresión: logaritmo de los años promedio de educación secundaria de la población mayor de 15 años y el indicador de salud calculado como la diferencia entre el máximo valor alcanzado de la tasa de mortalidad infantil para toda la muestra y cada uno de los valores observados.

Tabla 5.A.

Estimaciones metodología semiparamétrica. Variable no paramétrica: educación

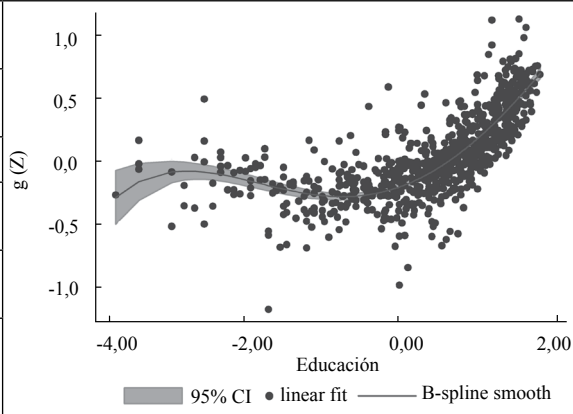
Regresores	Parte lineal	Parte no paramétrica
Inversión	0.777*** (0.107)	
Gasto público	0.036 (0.128)	
Apertura	-0.066* (0.036)	
Crecimiento de la población	-0.004** (0.002)	
PBI per cápita inicial	-0.732*** (0.034)	
Salud	0.004*** (0.001)	
Within R ²	0.43	

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

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5.B.

Estimaciones metodología semiparamétrica. Variable no paramétrica: educación

Regresores	Parte lineal	Parte no paramétrica
Inversión	0.716*** (0.103)	
Gasto público	0.276 (0.129)	
Apertura		
Crecimiento de la población		
PBI per cápita inicial	-0.736*** (0.034)	
Salud	0.003*** (0.001)	
Within R ²	0.42	

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

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5.C.

Estimaciones metodología semiparamétrica. Variable no paramétrica: educación

Regresores	Parte lineal	Parte no paramétrica
Inversión	0.774*** (0.106)	
Gasto público		
Apertura	-0.066* (0.036)	
Crecimiento de la población	-0.004** (0.012)	
PBI per cápita inicial	-0.731*** (0.033)	
Salud	0.004*** (0.001)	
Within R ²	0.43	

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

Fuente: elaboración propia.

Para el caso de la variable educación, las funciones $g(Z)$ estimadas mediante métodos de suavización muestran una clara relación no lineal (lado derecho de las Tablas 5.A, 5.B y 5.C). En el lado paramétrico de la estimación, las variables referidas a inversión y PBI inicial siguen mostrando el mismo comportamiento y significatividad que en los modelos paramétricos a la hora de explicar el crecimiento económico, aunque sus efectos sobre el crecimiento se incrementan. Las demás variables muestran algunas alteraciones relevantes al considerar la no linealidad del componente educativo. En primer lugar, los coeficientes asociados al gasto público pierden significatividad, mostrando la sensibilidad de esta variable a la especificación. En segundo lugar, el coeficiente de apertura y el crecimiento poblacional ganan significatividad ante la consideración no lineal de la educación. Sin embargo, el grado de apertura muestra el signo contrario en referencia a las regresiones anteriores: un mayor grado de apertura se relacionaría con un menor nivel de crecimiento económico. En tercer lugar, se incrementa el efecto de la variable de salud sobre el crecimiento.

Tabla 6.A.

Estimaciones metodología semiparamétrica. Variable no paramétrica: salud

Regresores	Parte lineal	Parte no paramétrica
Inversión	0.768*** (0.106)	
Gasto público	-0.005 (0.127)	
Apertura	-0.093** (0.036)	
Crecimiento de la población	-0.002 (0.002)	
PBI per cápita inicial	-0.731*** (0.034)	
Educación	0.047 (0.036)	
Within R ²	0.43	

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

Fuente: elaboración propia.

Tabla 6.B.

Estimaciones bajo metodología semiparamétrica. Variable no paramétrica: salud

Regresores	Parte lineal	Parte no paramétrica
Inversión	0.683*** (0.101)	
Gasto público	-0.026 (0.127)	
Apertura		
Crecimiento de la población		
PBI per cápita inicial	-0.758*** (0.034)	
Educación	0.051 (0.036)	
Within R ²	0.43	

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

Fuente: elaboración propia.

Tabla 6.C.

Estimaciones bajo metodología semiparamétrica. Variable no paramétrica: salud

Regresores	Parte lineal	Parte no paramétrica
Inversión	0.768*** (0.106)	
Gasto público		
Apertura	-0.093** (0.036)	
Crecimiento de la población	-0.002 (0.002)	
PBI per cápita inicial	-0.749*** (0.034)	
Educación	0.047 (0.036)	
Within R ²	0.44	

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

Fuente: elaboración propia.

Al considerar la variable salud como no lineal (Tablas 6.A, 6.B y 6.C), el comportamiento de la función $g(Z)$ se muestra más suavizado, aunque las conclusiones para el lado paramétrico de las estimaciones son similares al caso anterior, con dos excepciones: las variables crecimiento poblacional y, principalmente, educación no se muestran significativas. Esto refuerza la idea de presencia de no linealidades en el componente de educación del capital humano. En todos los casos, los valores de los R cuadrados reportados muestran una mejora notable en el ajuste de las estimaciones semiparamétricas respecto de las regresiones paramétricas. Asimismo, en las regresiones semiparamétricas, hay variaciones respecto de las regresiones paramétricas en la significatividad de otras variables, tales como gasto público y apertura.⁵

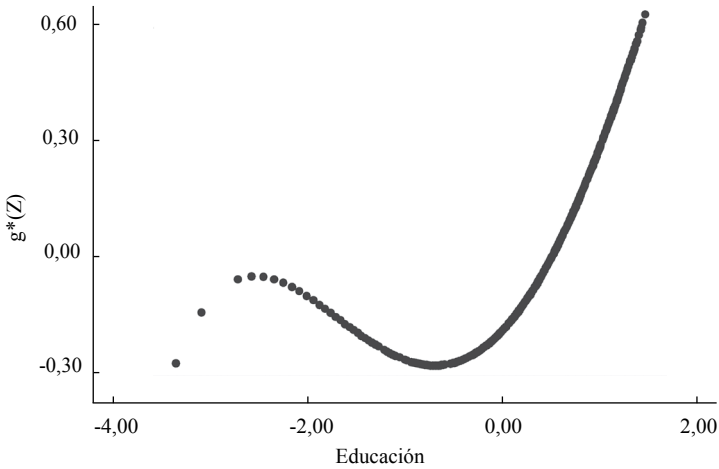
A continuación, las Figuras 3 y 4 muestran los valores estimados de la función $g(Z)$, donde Z es, alternativamente, educación y salud. Nuevamente, se observa una clara relación no lineal en la educación y hay indicios más moderados de una relación no lineal en el componente salud, dado que se trata de una función más suavizada. A su vez, en la educación pueden observarse importantes puntos de

⁵ Una referencia adicional al comportamiento de la variable apertura es que la explicación a dicho comportamiento podría también buscarse en su relación con el capital humano, el crecimiento y las transformaciones productivas. Algunos trabajos analizan la no linealidad de variables como la IED (Kottaridi y Stengos, 2010), tras lo cual concluyen que la relación será diferente según se trate de economías desarrolladas con alto nivel de capital humano e inversión más enfocada en industrias de alto nivel tecnológico o países en desarrollo con menores niveles de productividad. Algo similar podría suceder con la variable apertura. Podría tratarse de procesos de apertura dirigidos por industrias de alto valor agregado, y por tanto alto nivel de conocimientos, o basados en productos primarios, y bajo nivel de calificación. En estos casos, la relación con el crecimiento económico probablemente diferirá. Esta y otras discusiones se ampliarán en trabajos futuros.

inflexión en la curva graficada. Existe un rango de valores de la variable educación para el cual la función $g^*(Z)$ decrece, por lo que podría suponerse que permanecer en niveles medios de educación jugaría desfavorablemente sobre el crecimiento. Si bien la variable salud también muestra un comportamiento no lineal, la Figura 4 no exhibe reversiones tan significativas en la pendiente de la función estimada, como sí sucede en la Figura 3.

Figura 3.

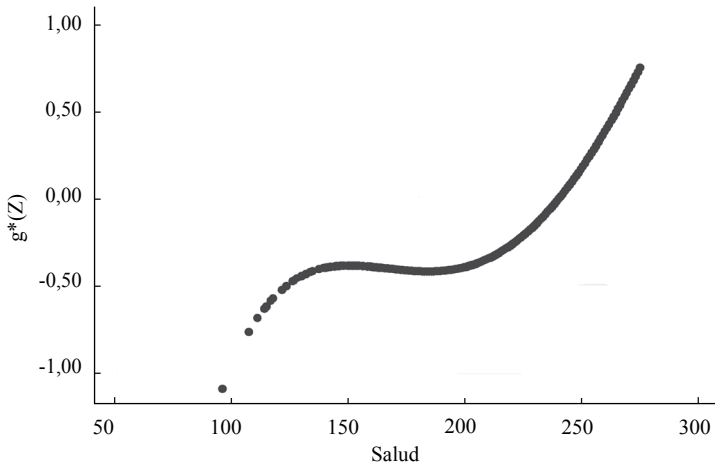
Función estimada $g^*(Z)$. Variable Z no paramétrica: educación



Fuente: elaboración propia según la estimación presentada en la Tabla 5.A.

Figura 4.

Función estimada $g^*(Z)$, de modo que la variable no paramétrica es Z : salud



Fuente: elaboración propia según la estimación presentada en la Tabla 6.A.

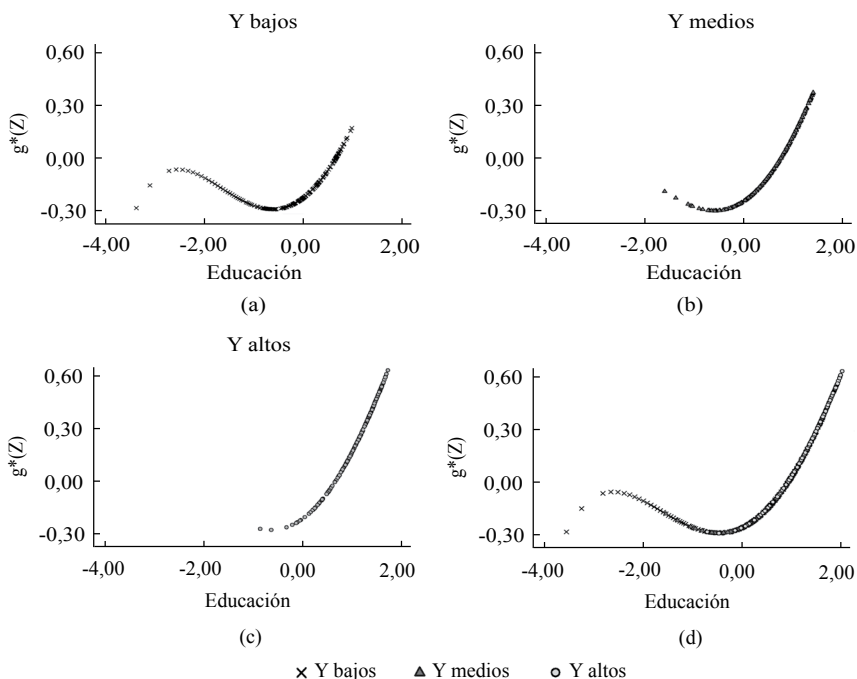
Dado que la presencia de no linealidades se asocia a los efectos disímiles del capital humano según sea el nivel de ingreso de la economía, en las Figuras 5 y 6 se desagregó $g^*(Z)$ según el nivel de ingreso de los países.⁶

Los ocho paneles que componen las Figuras 5 y 6 muestran algunas cuestiones interesantes. En primer lugar, como es de suponer, las economías que poseen un menor producto per cápita muestran una mayor frecuencia de observaciones estimadas hacia la izquierda, en la zona representativa de menores niveles educativos y de salud. Al pasar a economías de ingresos medios (paneles b) y altos (paneles c), las frecuencias de las estimaciones se incrementan hacia los niveles medios y altos de capital humano, tanto para salud como para educación.

En segundo lugar, las economías con mayores niveles de PBI per cápita muestran una relación positiva entre el capital humano y el crecimiento durante todo el periodo de observaciones. Nótese que las funciones $g^*(Z)$ se vuelven convexas en ambos paneles c, donde $g^*(Z)$ crece continuamente tanto con la salud como con la educación, con lo que afecta de manera positiva (y creciente) al crecimiento económico.

Figura 5.

Función estimada $g^*(Z)$ con Z: educación, economías por nivel de ingresos

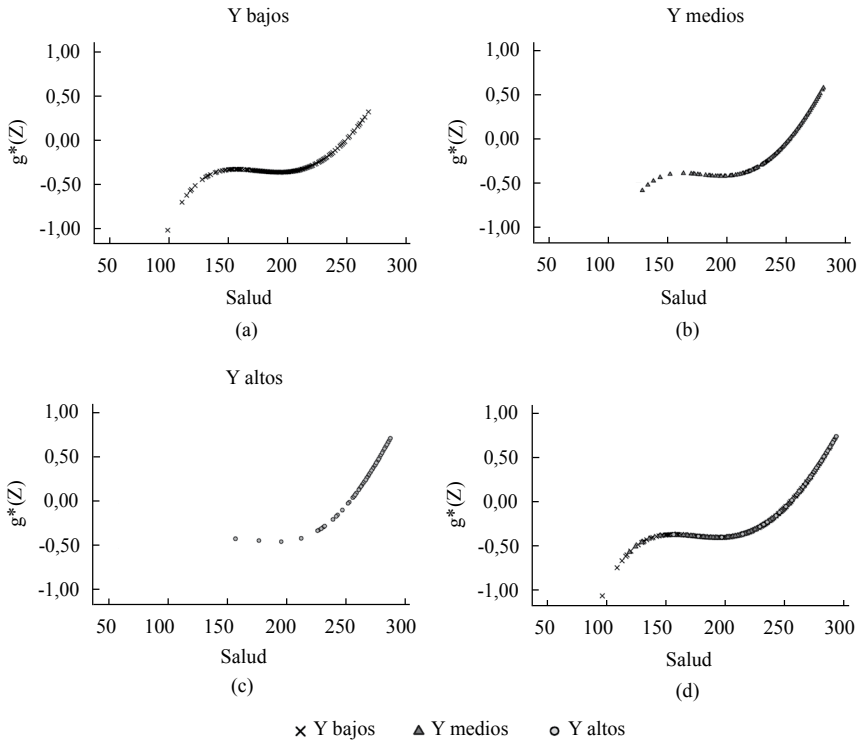


Fuente: elaboración propia según la estimación presentada en la Tabla 5.A.

⁶ La clasificación de las economías se realizó de manera *ad hoc* en función de la muestra utilizada, de forma de poseer una frecuencia homogénea en cada grupo, y del estatus observado en 2010. Aquellos países que en 2010 contaban con un PBI per cápita igual o superior a USD 15.261 fueron considerados de ingresos altos, aquellos con un PBI per cápita entre USD 4391 y USD 15.260 se clasificaron como economías de ingresos medios, y aquellos con un PBI per cápita igual o inferior a USD 4.390 se consideraron economías de ingresos bajos.

Figura 6.

Función estimada $g^*(Z)$ con Z : salud, economías por nivel de ingresos.



Fuente: elaboración propia según la estimación presentada en la Tabla 6.A.

En tercer lugar, las economías que en 2010 eran relativamente más pobres, se ubican a lo largo de todo el periodo considerado en la parte más irregular de la función estimada. Y esto es particularmente notorio en la educación (panel *a* de la Figura 5), de modo que, para un rango dado de la variable, la función decrece ante aumentos sucesivos en los años de educación secundaria. Esto estaría evidenciando la idea de que es necesario superar cierto umbral crítico a fin de que el capital humano tenga un efecto positivo sobre el crecimiento. El razonamiento expuesto se corresponde con la idea inicial de Durlauf y Johnson (1995), según la cual la educación, en particular la de nivel secundario, comenzaría a ser relevante para explicar el crecimiento económico solo a partir de cierto umbral. La intuición económica detrás de este resultado es que los procesos de crecimiento y desarrollo de las naciones suelen ir acompañados de cambios estructurales. Las instituciones y las estructuras productivas se modifican, pasando las economías de baja productividad a estar sustentadas en sectores de alta productividad debido a aumentos en la relación capital por unidad de trabajo efectivo, en el nivel de conocimientos, y las mejoras y mayor difusión de la tecnología.

Asimismo, el aprovechamiento de las complementariedades entre estos factores es crucial (Rojas, 2012; Ross, 2003). A partir de una economía de bajos ingresos, los aumentos iniciales en la educación probablemente se relacionen con los incrementos en el producto. Cualquier monto de inversión puede ser medianamente aprovechado por el mercado interno, inicialmente deprimido. Los incrementos en el capital humano producirán los aumentos en la productividad del trabajo, con lo que impulsarán el nivel salarial y el ingreso de la economía. Pero si el desarrollo de sectores de alta productividad se ve frenado o reducido, el aumento en el nivel educativo de la población no será complementario al sector productivo, sino que, por el contrario, se producirán fallos de coordinación en los que sucesivas inversiones en educación redunden en mano de obra sobrecalificada y un nivel de capital por unidad de trabajo efectivo menor. Los mayores niveles de educación no acompañados debidamente por el desarrollo de sectores productivos afines que requieran inversión en capital físico y tecnología podrían ir acompañados de reducciones en el crecimiento a niveles medios o medios-bajos de renta. Las economías que logren aprovechar dichas complementariedades superarán cierto umbral de ingresos en que sucesivas inversiones en educación se corresponden con un crecimiento económico continuo.

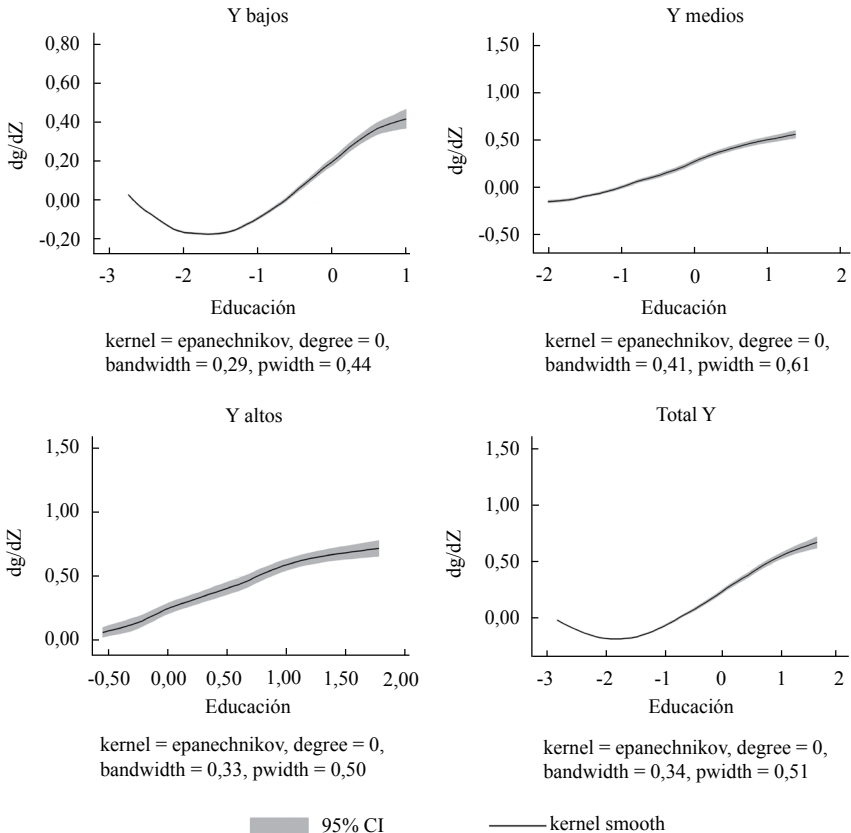
En cuarto lugar, $g^*(Z)$ muestra una relación cuasi lineal respecto del indicador salud para las economías de menores ingresos (panel *a* de la Figura 6) en un amplio rango de observaciones. Por tanto, existe un rango de valores para los cuales los incrementos del estatus de salud no parecen repercutir mayormente en el crecimiento económico.

A fin de profundizar en el análisis, se tomaron en cuenta los efectos marginales de las variables que entran en el modelo de forma no lineal sobre la función no paramétrica estimada. En tal sentido, se estimaron los valores de las primeras derivadas de la función $g(Z)$ (para Z : educación y salud) y se representaron gráficamente las aproximaciones mediante kernels, para el conjunto de las economías y por grupo de ingresos (Figuras 7 y 8).

Como se observa en el panel *d* de la Figura 7, los sucesivos incrementos de los años de educación secundaria disminuyen inicialmente el valor de dg/dZ . Luego, la curva de los cambios marginales muestra un punto de inflexión en que los posteriores incrementos del nivel educativo aumentan ahora el efecto marginal. Además, existe un rango de años de educación para los cuales los cambios marginales se ubican en la zona de valores negativos para dg/dZ , en coincidencia con la zona de relación inversa entre educación y crecimiento de la Figura 3. Esto corrobora, una vez más, los efectos no lineales de la educación sobre el crecimiento económico.

La dispersión de los cambios marginales al incrementarse los años de educación secundaria se aumenta con el nivel de ingreso de las economías, lo que muestra un ensanchamiento del intervalo de confianza graficado. Esto podría sugerir comportamientos más dispares entre las economías que han alcanzado altos niveles de ingresos en la relación educación-crecimiento económico.

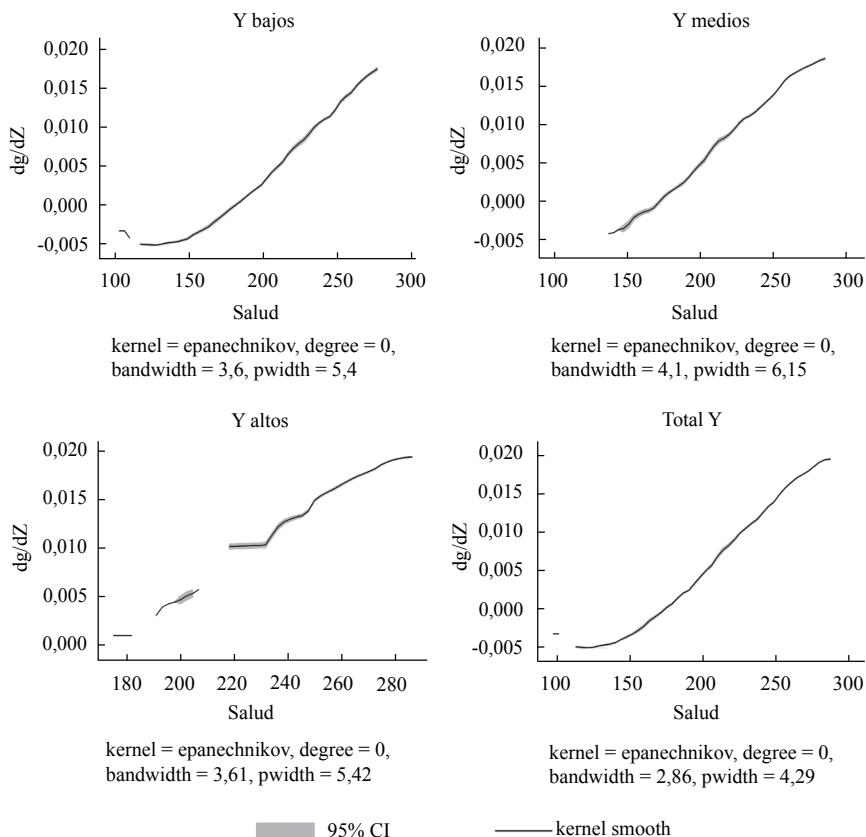
Figura 7.
Kernel primera derivada $g'(Z)$ con Z : educación



Fuente: elaboración propia según la estimación presentada en la Tabla 5.A.

El comportamiento de los efectos marginales del componente salud se muestra relativamente más homogéneo entre las economías consideradas. El efecto marginal es creciente respecto de Z a lo largo de casi todo el espacio muestral. También aquí puede observarse que, a muy bajos niveles de renta, es posible que mejoras en el estatus de salud no se relacionen positivamente con el crecimiento económico, dado que, durante un intervalo de valores bajos de niveles de salud y de crecimiento económico, las variaciones marginales son negativas. Luego, continuas mejoras en el estatus de salud producen variaciones marginales positivas. Inicialmente, el incremento en dg/dZ se produce a ritmo creciente y luego decreciente. Por tanto, podría afirmarse que el indicador del estatus de salud muestra inicialmente rendimientos marginales crecientes y luego decrecientes en su contribución sobre el crecimiento económico.

Figura 8.
Kernel primera derivada $g^*(Z)$ con Z : salud



Fuente: elaboración propia según la estimación presentada en la Tabla 6.A.

CONCLUSIONES

En este trabajo, se analizó la relación entre capital humano y crecimiento para una muestra de 86 países desarrollados y en desarrollo durante el periodo de 1960 a 2010 a partir de dos enfoques: el paramétrico y el semiparamétrico. Bajo el primer enfoque, los resultados indican que las variables inversión/PBI, gasto público y PBI inicial son significativas y arrojan el comportamiento esperado para explicar el crecimiento, observándose, además, evidencia a favor de la convergencia condicional. Las variables apertura y crecimiento poblacional no son significativas, mientras que los componentes del capital humano no son concluyentes como variables explicativas del crecimiento. Aun así, el estatus de salud se muestra como una variable de mayor significatividad como promotora del crecimiento que el nivel educativo.

Las estimaciones semiparamétricas muestran que el estatus de salud y el nivel de educación exhiben una relación no lineal con el crecimiento. A su vez, la significatividad conjunta de las estimaciones semiparamétricas aumenta respecto de las regresiones paramétricas. Para el caso de la variable educación, la función $g^*(Z)$ muestra un tramo medio en que los años de educación secundaria desempeñan un papel negativo sobre el crecimiento económico.

Los resultados presentados se encuentran en coincidencia con los hallazgos de Masanjala y Papageorgiou (2004), Mamuneas *et al.* (2006) y Maasoumi *et al.* (2007), y arrojan evidencia a favor de los efectos umbral y no linealidades en las trayectorias de desarrollo postuladas por Azariadis y Drazen (1990) y explicadas en los párrafos anteriores.

La evidencia encontrada en este trabajo indica que los efectos marginales del capital humano sobre la estimación de $g^*(Z)$, y por tanto sobre el crecimiento, muestra 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. A su vez, el efecto positivo del estatus de salud sobre el crecimiento sugiere que la reducción de la mortalidad infantil es un objetivo prioritario de política económica, y, de hecho, prácticamente todas las economías han logrado importantes avances al respecto. En tal sentido, los resultados aquí obtenidos sugieren que las reducciones en la mortalidad infantil tienen una relación positiva con una mejor *performance* económica, aunque los beneficios de adicionales puntos en el estatus de salud se desacelerarían para niveles altos de ingresos.

Los resultados en referencia a la variable educación también llama la atención respecto de ciertas recomendaciones de política habitualmente dadas por los organismos internacionales en cuanto a la importancia de las metas educativas. Siendo relevante la superación de cierto umbral de años de educación para lograr una relación positiva con el crecimiento, en una economía con muy baja calificación un incremento en la tasa de inversión o en la importación de bienes de capital podría no ser aprovechada en la expansión de sectores de alta productividad. Pero, asimismo, la educación sin aceleración, en la tasa de inversión y complementariedades entre ambos capitales (humano y físico), tampoco sería beneficiosa a largo plazo.

En futuras extensiones del análisis, se pretende profundizar en el estudio de los comportamientos no lineales por países según grupos de ingresos, así como introducir otros indicadores de las dimensiones de salud y educación, y variables explicativas adicionales (principalmente factores institucionales y de inestabilidades macroeconómicas) y de interacción. Estudiar las relaciones entre los mismos regresores (por ejemplo, educación y apertura, o incluso PBI inicial, lo cual estaría determinando el “umbral” referido más arriba) también brindaría un aporte para un mayor entendimiento de la relación capital humano-crecimiento y los canales a través de los cuales se refuerzan mutuamente estas dos cuestiones.

REFERENCIAS

1. Alaali, F., Roberts, J., & Taylor, K. (2015). The effect of energy consumption and human capital on economic growth: An exploration of oil exporting and developed countries. *Sheffield Economics Research Papers Series*, 15.
2. Amiri, A., & Gerdtham, U. G. (2013). *Impact of maternal and child health on economic growth: New evidence based granger causality and DEA analysis*. Recuperado de https://www.who.int/pmnch/topics/part_publications/201303_Econ_benefits_econometric_study.pdf
3. Astorga, P. (2010). A century of economic growth in Latin America. *Journal of Development Economics*, 92(2), 232-243.
4. Azam, M., & Ahmed, A. M. (2015). Role of human capital and foreign direct investment in promoting economic growth: Evidence from Commonwealth of Independent States. *International Journal of Social Economics*, 42(2), 98-111.
5. Azariadis, C., & Drazen, A. (1990). Threshold externalities in economic development. *The Quarterly Journal of Economics*, 105(2), 501-526.
6. Baltagi, B. H., & Li, D. (2002). Series estimation of partially linear panel data models with fixed effects. *Annals of Economics and Finance*, 3(1), 103-116.
7. Barro, R. J. (1991). A cross-country study of growth, saving, and government. En B. D. Bernheim & J. B. Shoven (Eds.), *National saving and economic performance* (pp. 271-304). Chicago, EE. UU.: University of Chicago Press.
8. Barro, R. J. (1996). Determinants of economic growth: A cross-country empirical study. *NBER Working Paper*, 5698.
9. Barro, R. J. (2001). Human capital and growth. *American Economic Review*, 91(2), 12-17.
10. Barro, R. J., & Lee, J. W. (1994). Sources of economic growth. En *Carnegie-Rochester conference series on public policy* (vol. 40, pp. 1-46). North-Holland.
11. Barro, R. J., & Lee, J. W. (2015). Educational attainment dataset.
12. Bhargava, A., Jamison, D. T., Lau, L. J., & Murray, C. J. (2001). Modeling the effects of health on economic growth. *Journal of Health Economics*, 20(3), 423-440.
13. Čadil, J., Petkovová, L., & Blatná, D. (2014). Human capital, economic structure and growth. *Procedia Economics and Finance*, 12, 85-92.
14. Caselli, F., Esquivel, G., & Lefort, F. (1996). Reopening the convergence debate: A new look at cross-country growth empirics. *Journal of Economic Growth*, 1(3), 363-389.
15. Ciccone, A., & Papaioannou, E. (2009). Human capital, the structure of production, and growth. *The Review of Economics and Statistics*, 91(1), 66-82.

16. Cooray, A. (2013). Does health capital have differential effects on economic growth? *Applied Economics Letters*, 20(3), 244-249.
17. Delgado, M. S., Henderson, D. J., & Parmeter, C. F. (2014). Does education matter for economic growth? *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 76(3), 334-359.
18. Denison, E. F. (1974). *Accounting for United States economic growth*. Washington, D. C.: The Brookings Institution.
19. Denison, E. F. (2011). *Trends in American economic growth*. Washington D. C., EE. UU.: Brookings Institution Press.
20. Dias, J., & Tebaldi, E. (2012). Institutions, human capital, and growth: The institutional mechanism. *Structural Change and Economic Dynamics*, 23(3), 300-312.
21. Dowrick, S., & Rogers, M. (2002). Classical and technological convergence: Beyond the Solow-Swan growth model. *Oxford Economic Papers*, 54(3), 369-385.
22. Duraisamy, P., & Mahal, A. (2005). Health, poverty and economic growth in India. *Financing and Delivery of Health Care Services in India*, 25, 3-17.
23. Durlauf, S. N., & Johnson, P. A. (1995). Multiple regimes and cross-country growth behaviour. *Journal of Applied Econometrics*, 10(4), 365-384.
24. Feenstra, R. C., Inklaar, R., & Timmer, M. P. (2015). The next generation of the Penn World Table. *American Economic Review*, 105(10), 3150-3182.
25. Griliches, Z., & Jorgenson, D. W. (1967). The explanation of productivity change. *Review of Economic Studies*, 34(3), 249-283.
26. Gupta, I., & Mitra, A. (2004). Economic growth, health and poverty: An exploratory study for India. *Development Policy Review*, 22(2), 193-206.
27. Gyimah-Brempong, K., & Wilson, M. (2004). Health human capital and economic growth in Sub-Saharan African and OECD countries. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 44(2), 296-320.
28. Hanushek, E. A. (2013). Economic growth in developing countries: The role of human capital. *Economics of Education Review*, 37, 204-212.
29. Härdle, W. K., Müller, M., Sperlich, S., & Werwatz, A. (2012). *Nonparametric and semiparametric models*. Berlín, Alemania: Springer.
30. Henderson, D. J., Papageorgiou, C., & Parmeter, C. F. (2011). Growth empirics without parameters. *The Economic Journal*, 122(559), 125-154.
31. Jamison, D. T., Lau, L. J., & Wang, J. (2005). Health's contribution to economic growth in an environment of partially endogenous technical progress. En G. López-Casasnovas, B. Rivera & L. Currais (Eds.), *Health and economic growth: Findings and policy implications* (pp. 67-91). Cambridge, EE. UU.: The MIT Press.
32. Kalaitzidakis, P., Mamuneas, T. P., Savvides, A., & Stengos, T. (2001). Measures of human capital and nonlinearities in economic growth. *Journal of Economic Growth*, 6(3), 229-254.

33. Knowles, S., & Owen, P. D. (1995). Health capital and cross-country variation in income per capita in the Mankiw-Romer-Weil model. *Economics Letters*, 48(1), 99-106.
34. Kottaridi, C., & Stengos, T. (2010). Foreign direct investment, human capital and non-linearities in economic growth. *Journal of Macroeconomics*, 32(3), 858-871.
35. Laumann, Y., & Dabús, C. (2006). Determinantes del crecimiento: evidencia comparada de países con diferente nivel de desarrollo. *Estudios de Economía Aplicada*, 24(1), 165-220.
36. Levine, R., & Renelt, D. (1992). A sensitivity analysis of cross-country growth regressions. *American Economic Review*, 82(4), 942-963.
37. Li, Q., & Racine, J. (2004). Cross-validated local linear nonparametric regression. *Statistica Sinica*, 14(2), 485-512.
38. Libois, F., & Verardi, V. (2013). Semiparametric fixed-effects estimator. *The Stata Journal*, 13(2), 329-336.
39. Liu, Z., & Stengos, T. (1999). Non-linearities in cross-country growth regressions: A semiparametric approach. *Journal of Applied Econometrics*, 14(5), 527-538.
40. Maasoumi, E., Racine, J., & Stengos, T. (2007). Growth and convergence: A profile of distribution dynamics and mobility. *Journal of Econometrics*, 136(2), 483-508.
41. Mamuneas, T. P., Savvides, A., & Stengos, T. (2006). Economic development and the return to human capital: A smooth coefficient semiparametric approach. *Journal of Applied Econometrics*, 21(1), 111-132.
42. Masanjala, W. H., & Papageorgiou, C. (2004). The Solow model with CES technology: Nonlinearities and parameter heterogeneity. *Journal of Applied Econometrics*, 19(2), 171-201.
43. Mayer, D. (2001). The long-term impact of health on economic growth in Latin America. *World Development*, 29(6), 1025-1033.
44. McDonald, S., & Roberts, J. (2002). Growth and multiple forms of human capital in an augmented Solow model: A panel data investigation. *Economics Letters*, 74(2), 271-276.
45. Mehrara, M., & Musai, M. (2013). The relationship between economic growth and human capital in developing countries. *International Letters of Social and Humanistic Sciences*, 5(55), 55-62.
46. Monterubbianesi, P. D. (2014). El rol de la salud en el proceso de crecimiento económico: una revisión de la literatura. *Cuadernos de Economía*, 33(62), 91-121.
47. Murphy, R. H., & O'Reilly, C. (2018). Applying panel vector autoregression to institutions, human capital, and output. *Empirical Economics*, 1-20.
48. Naciones Unidas. (s. f.). *Bases de datos*. Recuperado de <http://www.un.org/es/databases/>

49. Peiró-Palomino, J. (2016). European regional convergence revisited: The role of intangible assets. *The Annals of Regional Science*, 57(1), 165-194.
50. Radvansky, M., Radvansky, M., & Tiruneh, M. W. (2011). The contribution of human capital and technology to European economic growth: An empirical exploration from a panel data. *EcoMod*, 3264.
51. Rojas, M. (2012). Capital humano y cambios en la estructura productiva: análisis teórico en un modelo de crecimiento. *Papeles de Población*, 18(71), 187-212.
52. Rojas, M. L. (2015). *Planificación educativa para el desarrollo: influencia de variables económicas y sociales sobre la formación del capital humano* (tesis de doctorado), Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina.
53. Ross, J. (2003). *Development theory and the economics growth* (2nd ed.). Michigan, EE. UU.: The University of Michigan Press.
54. Sanso-Navarro, M., & Vera-Cabello, M. (2015). Non-linearities in regional growth: A non-parametric approach. *Papers in Regional Science*, 94, S19-S38.
55. Schultz, T. W. (1961). Investment in human capital. *The American Economic Review*, 51(1), 1-1.
56. Sunde, U., & Vischer, T. (2015). Human capital and growth: Specification matters. *Economica*, 82(326), 368-390.
57. Tayebi, S. K., & Ohadi Esfahani, S. (2014). *A nonparametric analysis of technological distance effect on bilateral trade flows in Asia*. Trabajo presentado en The International Conference of the Association of Korean Economic Studies (AKES) on Korea and the World Economy XIII: New Challenges for Trans-Regionalism in the Asia-Pacific, organizado por Sungkyunkwan University. Seoul, Korea.
58. Teixeira, A. A., & Queirós, A. S. (2016). Economic growth, human capital and structural change: A dynamic panel data analysis. *Research Policy*, 45(8), 1636-1648.

ANEXO

Tabla A1.

Listado de países utilizados

Argentina	Estados Unidos	Luxemburgo	República Dominicana
Australia	Fiyi	Malasia Malauí	Ruanda
Austria	Filipinas	Mali	Rumania
Bangladés	Finlandia	Marruecos	Senegal
Bélgica	Francia	Mauricio	Singapur
Benín	Gabón	Mauritania	Siria
Bolivia	Ghana	México	Sri Lanka
Botsuana	Grecia	Mozambique	Sudáfrica
Brasil	Guatemala	Nepal	Suecia
Burundi	Holanda	Níger	Suiza
Camerún	Honduras	Noruega	Tailandia
Canadá	India	Nueva Zelanda	Tanzania
Chile	Indonesia	Pakistán	Togo
China	Irán	Panamá	Trinidad y Tobago
Chipre	Irlanda	Paraguay	Turquía
Colombia	Islandia	Perú	Uganda
Costa de Marfil	Israel	Portugal	Uruguay
Costa Rica	Italia	Reino Unido	Venezuela
Dinamarca	Jamaica	República Central Africana	Zambia
Ecuador	Japón	República del Congo	Zimbabue
Egipto	Jordania	República de Corea	
España	Kenia		

Fuente: elaboración propia.