



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Calidad de Educación y Convergencia Económica Regional en Colombia

Diana Paola Vargas Mojocó

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas, Maestría en Ciencias Económicas
Bogotá D.C., Colombia
2017

Calidad de Educación y Convergencia Económica Regional en Colombia

Diana Paola Vargas Mojocó

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
Magíster en Ciencias Económicas

Director: Hernando Bayona Rodríguez
Ph.D. en Economía, Profesor Universidad Nacional de Colombia

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas, Maestría en Ciencias Económicas
Bogotá D.C., Colombia
2017

A mis padres, que han sido mi ejemplo y son mi vida; a mi niña, mi María Paula, que llega como un regalo del cielo; y a Camilo, que me ha acompañado desde el principio de esta travesía por las Ciencias Económicas y ahora en esta travesía de la vida.

Agradecimientos

Agradezco a Dios en primer lugar, porque desde siempre ha sido mi sustento, mi guía, mi fuerza. A mis padres por su apoyo y su oración constante, a mi hermano porque es mi ángel terrenal. A toda mi familia, que ha sido incondicional. También agradezco a Camilo por su amor, su paciencia, sus comentarios y reflexiones académicas, que contribuyeron para darle forma a esta investigación.

A la Universidad Nacional que me ha formado como economista y en especial al profesor Hernando Bayona, por su asesoría y su disposición constante para enseñar.

Y a mi querida comunidad, Magnificat, porque sé que cuento siempre con su amistad, su oración y compañía.

Calidad de Educación y Convergencia Económica Regional en Colombia

Resumen

En este trabajo se realiza un análisis de la convergencia económica entre los municipios de Colombia para el periodo de 1996 a 2015. El objetivo es evaluar la existencia de convergencia de acuerdo con el impacto de la calidad de educación medida en términos de los resultados promedio de las pruebas Saber 11. Con base en la función de producción neoclásica se evalúan la convergencia σ y la convergencia β absoluta y se estima la convergencia condicional a partir de un modelo de datos panel dinámico con el Método Generalizado de Momentos (MGM). Se encuentra evidencia a favor de cada uno de los tipos de convergencia y un efecto positivo y significativo de la calidad de la educación, aunque menos importante que el de la cobertura de la educación.

Palabras clave: Crecimiento económico; Convergencia; Calidad de educación; MGM.

Quality of Education and Regional Economic Convergence in Colombia

Abstract

This paper presents an analysis of the economic convergence between the municipalities of Colombia using data from 1996 to 2015. The main goal is to evaluate the existence of convergence according to the impact of the quality of education in terms of the results of the *Saber 11* tests. Based on the neoclassical production function, this paper evaluates the sigma convergence and the absolute beta convergence and estimates the conditional convergence with a dynamic panel data model with the Generalized Method of Moments (GMM). The results show evidence for each of the types of convergence and a positive and significant effect of the quality of education, although less important than the effect of the education coverage.

Keywords: Economic growth; Convergence; Quality of education; GMM.

Contenido

RESUMEN.....	V
INTRODUCCIÓN.....	7
REVISIÓN DE LA LITERATURA	9
<i>Crecimiento y Convergencia.....</i>	9
<i>Crecimiento y Capital Humano</i>	12
MARCO TEÓRICO.....	15
<i>Ecuación de Convergencia.....</i>	15
<i>Métodos de Estimación</i>	17
<i>Medición del Capital Humano.....</i>	20
METODOLOGÍA.....	21
<i>Convergencia σ</i>	21
<i>Convergencia β absoluta.....</i>	21
<i>Convergencia β condicional.....</i>	21
DATOS.....	23
RESULTADOS.....	24
<i>Convergencia σ</i>	24
<i>Convergencia β absoluta.....</i>	25
<i>Convergencia β condicional.....</i>	26
CONCLUSIONES.....	32
BIBLIOGRAFÍA.....	33

Calidad de Educación y Convergencia Económica Regional en Colombia

La educación de calidad es quizás el vehículo más importante para lograr el tránsito hacia las mejores condiciones socioeconómicas, una mayor movilidad y una mejor distribución del ingreso en la sociedad.
(García et al, 2015)

Introducción

El fenómeno de la desigualdad económica ha permeado por años a Colombia y se manifiesta en distintos indicadores como el coeficiente de Gini, que para el año 2015 fue de 0,522 según cifras del DANE y de 0,535 según cifras del Banco Mundial (el cual ubicó a Colombia como el segundo país más desigual de América Latina). Del mismo modo, la participación del PIB departamental en el PIB nacional permite observar un claro desequilibrio regional para el año 2015: Bogotá, Antioquia, Valle, Santander y Cundinamarca concentraban el 62,3% del PIB total, mientras que los demás departamentos apenas alcanzaban como máximo el 4% cada uno. De hecho, sólo en Bogotá se concentraba el 26% de la producción. Este fenómeno en particular motiva la realización de estudios que den respuesta a las disparidades económicas y que, por consiguiente, permitan identificar los posibles procesos de convergencia en las regiones.

Por otro lado, en cuanto a la educación en Colombia, un estudio realizado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico OCDE (2016) señala que medidas como la gratuidad de la educación pública, así como grandes inversiones en infraestructura y recursos educativos, han incrementado la cobertura de la educación secundaria, de manera que las tasas de matriculados aumentaron del 59% al 70% en básica secundaria y del 30% al 41% en educación media entre 2000 y 2012-2013. Así mismo, según cifras del Banco Mundial, los recursos destinados a educación en términos de gasto público como porcentaje del PIB han pasado de un 3.9% en 1998 a un 4.9% en 2013. Lo anterior permite inferir que el país ha avanzado en términos de cobertura educativa; sin embargo, en cuanto a calidad, según las pruebas PISA aplicadas en 2015, cuyos resultados fueron publicados en 2016 por la OCDE, si bien Colombia tuvo mejoras en los indicadores

de ciencia, lectura y matemáticas, aún continúa por debajo del promedio de los países de la OCDE y de América Latina. Al respecto, vale señalar que también se han observado diferencias en los indicadores de calidad de educación en las regiones colombianas, de tal manera que hay una relación importante entre las zonas de alta pobreza con la baja calidad de la educación (Hincapié Vélez & Loaiza Quintero, 2015).

Entender estas disparidades regionales es parte de la preocupación por encontrar mecanismos a través de los cuales las economías menos avanzadas puedan alcanzar a las más ricas o condenarse a permanecer en una pobreza relativa tal como afirma Serrano L. (1998). De la misma manera, estudiar el fenómeno de la desigualdad económica a partir de la calidad de educación parte de entender esta herramienta como el *“vehículo más importante para lograr el tránsito hacia las mejores condiciones socioeconómicas, una mayor movilidad y una mejor distribución del ingreso en la sociedad”*, así como lo entienden García, Rodríguez, Sánchez, & Bedoya (2015, p. 1). Estos últimos construyeron un índice de vulnerabilidad educativa (IVE) a partir de indicadores como la proporción de profesores profesionales, el nivel de pobreza (medido por el NBI), la tasa de homicidios y de desplazamiento forzado (entre otros), a partir del cual se evidencian diferencias importantes en las regiones del país: la mayor vulnerabilidad se encuentra en las costas y el suroriente del país, mientras que la más baja se concentra en las cordilleras.

De acuerdo con lo anterior, en este trabajo se busca determinar el impacto de la calidad de educación de los municipios colombianos sobre el crecimiento económico y por tanto sobre las dinámicas de convergencia regional que puedan existir en los mismos. Se evalúan las medidas de convergencia σ y β absoluta y se estima la convergencia β condicional a partir de la metodología de datos panel dinámico con base en el Método Generalizado de Momentos (GMM¹) teniendo en cuenta trabajos como el de Coulombe, Tremblay, & Marchand (2004), quienes evalúan como variable de capital humano el promedio de los resultados en la Encuesta Internacional sobre Alfabetización de Adultos (IALS por su sigla en inglés), el de Fukase (2010), en el que se analiza el impacto de la educación en el crecimiento económico de 106 países desde 1969 a 2004 de acuerdo con la metodología System GMM o el de Chapsa, Tsanana, & Katrakilidis (2015), que también evalúa la

¹ GMM por su nombre en inglés: Generalized Method of Moments.

convergencia en 15 países europeos para el periodo de 1995 a 2013 con el método System GMM.

El presente estudio toma los resultados promedio de las pruebas Saber 11 de cada una de las entidades territoriales del país como *proxy* de capital humano, siendo éste el principal aporte a la literatura en cuanto al análisis empírico de la convergencia económica regional en Colombia a partir de una variable de capital humano que expresa la calidad y no la cobertura de la educación. Así mismo, se estima el PIB per cápita municipal con base en las participaciones porcentuales de cada entidad en los valores totales por departamento de las ejecuciones presupuestales municipales de acuerdo con la metodología empleada por Galvis & Hahn (2016), para los años comprendidos entre 1996 y 2015.

En el segundo capítulo del documento se realiza una revisión de la literatura con una conceptualización sobre el crecimiento y la convergencia económica, así como una revisión de la relación entre calidad de educación y crecimiento económico; el tercero describe el modelo teórico y el cuarto la metodología o el modelo empírico; en el quinto se presentan los datos y en el sexto los resultados. Al final se presentan las conclusiones y recomendaciones de política.

Revisión de la literatura

Crecimiento y Convergencia

La desigualdad económica y los interrogantes a su alrededor han dado lugar a distintos estudios que buscan encontrar los determinantes del crecimiento económico y, de manera específica, analizar y desarrollar el concepto de convergencia económica. Los primeros análisis formales para el desarrollo de dichos estudios inician con el modelo neoclásico de crecimiento económico según los planteamientos de Solow (1956) y Swam (1956), en el cual se establecen las bases teóricas para el análisis de la convergencia y el crecimiento económico (Weil, 2006); dichos estudios cuentan con importantes aportes posteriores de parte de autores como Barro y Sala-i-Martin (1991), quienes introducen el supuesto de

rendimientos decrecientes de los factores productivos². Generalmente el objetivo de esos modelos se concentra en explicar las diferencias de las tasas de crecimiento económico entre o al interior de los países. Esto último resulta útil especialmente al observar economías como la colombiana, cuyas disparidades entre sus diferentes regiones son bastante notorias.

Con el concepto de convergencia económica se busca precisamente caracterizar los contrastes de crecimiento a través del tiempo y el espacio. Es decir, se observa el crecimiento económico para determinar cuándo (tiempo) los países o las regiones (espacio) pueden llegar a igualar sus niveles de producción per cápita (Vergara, Mejía, & Martínez, 2010).

Estos modelos permiten concluir que los países convergen al mismo equilibrio de largo plazo (Cass, 1965; Koopmans, 1965), independientemente de las condiciones iniciales y con diferencias en la velocidad de convergencia al estado estacionario, según la dotación inicial de capital per cápita (Fuentes S. & Vatter G., 1991).

Desde Sala-i-Martin (1990) se contemplan dos tipos de convergencia que parten de considerar dicho concepto, o como una medida de tendencia central, para lo cual se habla de convergencia β , o como una medida de dispersión, conocida como convergencia σ (Gómez, 2006). En cuanto a la primera, consiste en que las economías más pobres, entendidas como aquellas más alejadas de su producción de largo plazo o estado estacionario, alcancen el mismo nivel de producto que las economías más ricas como resultado de un crecimiento mayor. Por su parte, la convergencia σ , ocurre cuando la dispersión del ingreso per cápita se hace cada vez más pequeña a través del tiempo. En el caso de la convergencia β se distinguen dos tipos: convergencia β absoluta y convergencia β condicional. La primera se refiere a que los países o regiones convergen al mismo estado estacionario y la segunda a que convergen a distintos equilibrios de largo plazo.

Al respecto se tienen resultados a escala internacional con Sala-i-Martin (1994), quien realizó un análisis de la convergencia de 114 países para los años comprendidos entre 1960 y 1985 y encontró prueba de divergencia σ , no convergencia β absoluta y convergencia condicional al incluir variables como nivel de educación, consumo del sector

² Otros estudios que sobresalen al respecto se tienen con Baumol (1986), Quah (1996a, 1996b) y Bianchi (1997) entre otros.

público y otras variables sociales. Dichos resultados cambian de acuerdo con la muestra de países o regiones que se tiene en cuenta; por ejemplo, hay evidencia de convergencia absoluta cuando el análisis se centra en los países de la OCDE, los estados de EE.UU o las prefecturas japonesas, pero no cuando se considera una muestra grande de países; no obstante, en ninguno de los casos se rechaza la convergencia condicional (Serrano, 1998).

Para América Latina, según un estudio realizado por Álvarez, Lucas, y Delgado (2009), los resultados en cuanto a convergencia absoluta no permiten tener una conclusión definitiva, dado que, si bien algunos países con menor renta per cápita inicial lograron una mayor tasa de crecimiento que otros con mayor renta per cápita inicial, hubo otros que tuvieron la trayectoria contraria. En cuanto a la convergencia σ , se encontró que para el periodo de 1970 a 1987 hubo reducción de la desviación estándar de los logaritmos naturales del PIB per cápita, pero a partir de 1987 hasta 2005 cambió la tendencia, con lo cual tampoco puede concluirse la existencia de convergencia σ . Finalmente, en cuanto a la convergencia condicional, dicho estudio estima el efecto de la globalización y concluye que existe convergencia entre los países de América Latina dado el impacto de la integración económica y social de estas economías a nivel mundial.

A su vez, para el caso colombiano existen distintos estudios entre los cuales se cuenta uno del Banco de la República que encontró evidencia empírica de convergencia a nivel departamental tanto absoluta como condicional con un panel de efectos fijos y datos agrupados por periodos de 5 años (controlando por información de las exportaciones y la profundización del ahorro financiero regional – M2) para los años comprendidos entre 1960 y 2000 (Gómez, 2006); también uno de la universidad EAFIT que analiza la convergencia a nivel departamental entre los años de 1975 a 2005 y concluye que el país sufrió un proceso de polarización en la producción, de manera que no hay evidencia de convergencia β absoluta ni σ , pero sí de una formación de clubes de convergencia a nivel departamental que permiten predecir convergencia condicional entre grupos de departamentos a partir de un modelo de efectos fijos (Franco Vasquez & Raymond Bara, 2009).

Otras investigaciones para el caso colombiano que se resumen en el trabajo de Gómez (2006), tales como las de Cárdenas, Pontón, & Trujillo (1993), encuentran prueba de convergencia β y σ entre los años 1950 y 1989; Birchenall & Murcia (1997) concluyen persistencia en la distribución del ingreso entre regiones para el periodo de 1960 a 1994;

Bonet & Meisel (2001) hallan convergencia β absoluta y convergencia σ entre 1926 y 1960, pero divergencia entre 1960 y 1995; y Barón (2003) encuentra convergencia β y σ entre 1980 y 1990, y divergencia entre 1990 y 2000.

Por otro lado, Galvis & Hahn (2016) realizan un análisis de convergencia para los municipios del país entre los años 1993 y 2012 teniendo en cuenta las externalidades espaciales del capital físico y el capital humano, con modelos de tipo Durbin espacial (SDM), de efectos espaciales en el término de error (SEM) y un método bayesiano de Monte Carlo por cadenas de Markov, a partir de los cuales hacen dos hallazgos: i). Los municipios más pobres tienden a crecer más que los más ricos y ii). Los municipios en vecindarios más pobres crecen menos que sus contrapartes mejor ubicadas. Vale señalar que este último hallazgo se asemeja al de Franco Vasquez & Raymond Bara (2009), quienes analizaron el periodo de 1975 a 2005. Como resultado final concluyen que en Colombia en los últimos 20 años no ha habido un proceso de convergencia económica debido, entre otros aspectos, a la distribución desigual de la riqueza. Así mismo, sugieren que en la literatura económica falta desarrollar el estudio de las externalidades generadas por la calidad de la educación en el caso colombiano, a lo cual se espera contribuir con este trabajo.

Crecimiento y Capital Humano

Ahora bien, en respuesta o en contraste con la teoría neoclásica, existen autores que rechazan la existencia de rendimientos decrecientes, resaltan el carácter endógeno del progreso técnico e incorporan en sus modelos de crecimiento económico distintos tipos de innovación o de generación de conocimiento tales como el “aprender haciendo” (learning by doing) y la Investigación y el Desarrollo propuestos por Romer (1986) o las externalidades derivadas de la acumulación del Capital Humano que introdujo Lucas (1988). Con estos modelos la definición del capital toma un sentido más amplio y se encuentra determinado por factores como la acumulación de capital humano a través de la educación, la capacitación o entrenamiento y el fomento de la investigación y el desarrollo (Briceño, Cercone, & Cardoza, 2003).

Como se pudo ver en la sección anterior los modelos neoclásicos predicen la existencia de convergencia y encuentran evidencia para algunos periodos, especialmente cuando se

estima la convergencia condicional que permite captar las características heterogéneas entre los países y regiones que se analizan. Sin embargo, dados los factores condicionantes que se aplican se han encontrado conclusiones contradictorias en cuanto a los periodos para los cuales se halla convergencia, como se evidencia en el resumen de Gómez (2006) para el caso de Colombia, en cuanto Cárdenas, Pontón y Trujillo (1993) encuentran evidencia a favor de convergencia para el periodo de 1950 a 1989, pero Bonet y Meisel (2001) hallan divergencia entre los años 1960 y 1995.

Con este trabajo en particular se espera profundizar el análisis incluyendo la *calidad de educación* como posible determinante de la convergencia económica regional en el país, dada la importancia del capital humano en el crecimiento económico y su relación con las desigualdades regionales, siendo este el principal aporte de la investigación a la literatura, no obstante sin prescindir de las variables que usualmente se evalúan en este tipo de trabajos, tales como la acumulación de capital físico y el crecimiento de la población.

Se considera pertinente emplear la variable *calidad de educación* en el análisis de convergencia económica en Colombia medida a partir de los resultados de las pruebas Saber 11, teniendo presentes estudios internacionales en los que se concluye que la calidad de educación, expresada en términos de los resultados en pruebas estandarizadas, es importante en cuanto a su impacto en el crecimiento económico (Barro R. , 2002), de hecho con mayor impacto que el número de años promedio de educación (Hanushek & Woessman, 2009).

Esto es importante, en primer lugar, porque profundiza el análisis de convergencia incluyendo una variable con información sobre comportamiento a nivel regional, sin dejar a un lado las disparidades regionales que se han observado en otros estudios en cuanto a los indicadores de calidad de educación, como el de Hincapié & Loaiza (2015), en el que se encuentra una relación importante entre las zonas de alta pobreza y la baja calidad de la educación. Por lo expresado anteriormente, determinar si la calidad de la educación es un factor asociado con la convergencia regional en Colombia resulta pertinente dada la existencia de una relación relativamente estrecha entre estas variables (se esperaría que en la medida en que las diferencias regionales en la calidad de educación se reduzcan, se genere convergencia regional), lo cual no se ha analizado de manera directa en los trabajos realizados para las regiones colombianas.

Este enfoque está en línea con distintos trabajos que han considerado el modelo neoclásico introduciendo en sus análisis efectos individuales de cada economía para captar las diferencias permanentes que existen entre los estados estacionarios. Serrano (1998) menciona, en particular, los realizados por Islam (1995), Evans & Karras (1996), Gorostiaga (1999), Raymond & García (1996), Boscá (1996) y Canova & Marcet (1995), en los que se encuentran resultados similares a los de los modelos habituales en cuanto a la existencia de convergencia condicionada, aunque con distintas velocidades de convergencia y sin una evidencia de convergencia absoluta.

En segundo lugar, estudiar la convergencia regional a partir de la calidad de educación es relevante porque toma como precedente que la acumulación de capital humano está ligada al cambio tecnológico, en tanto la educación propicia una mayor adaptación de los individuos a las nuevas tecnologías, de manera que mientras se cuente con más trabajadores educados se podrá generar cambio tecnológico y crecimiento económico con la Investigación y Desarrollo como principales factores. Al respecto, Gaviria Ríos (2007) afirma que:

“(...) el nivel de educación de la población define, en gran medida, el ritmo al cual una economía puede explotar las posibilidades del avance tecnológico. Igualmente, el progreso técnico afecta la demanda por educación y la contribución de ésta sobre el crecimiento económico.” (p. 61)

En tercer lugar, otra razón por la que la calidad de educación es un factor importante en el análisis de convergencia es la injerencia de la intervención estatal en la provisión de la educación formal, pues este es uno de los principales mecanismos por los cuales se genera capital humano y su provisión está sujeta a la capacidad que tenga el estado de garantizar el acceso gratuito, en especial a la enseñanza primaria y secundaria (Serrano, 1998). Dada su naturalidad, esta intervención se da al interior de los países y no entre países, por lo que incluir la calidad de educación en el análisis de convergencia económica regional resulta apropiado. Al respecto, se esperaría que en la medida en que la intervención estatal procure cubrir y mejorar la calidad de la educación en las regiones más pobres, y esto contribuya a aumentar la productividad de su mano de obra, el crecimiento sea mayor.

En resumen, hay características del capital humano como su comportamiento diferenciado entre regiones, su utilidad en la adaptación de nuevas tecnologías y su relación con la

intervención estatal, que lo convierten en un factor importante para la explicación de la convergencia económica entre regiones. Esto dado que, por un lado, puede ser el origen de desigualdades entre regiones con lo cual se genera divergencia y, por el otro, dado que puede ser el mecanismo por el cual se acelere la convergencia.

Por consiguiente, a partir de este trabajo se espera determinar si las diferencias en calidad de educación de los municipios colombianos inciden sobre las dinámicas de convergencia regional que puedan existir en los mismos.

Marco teórico

Ecuación de Convergencia

Como se mencionó anteriormente, el análisis de convergencia inició con el modelo de crecimiento económico de Solow (1956), el cual parte de dos supuestos principales que garantizan la convergencia a un equilibrio de largo plazo: la existencia de rendimientos marginales decrecientes del capital y el carácter exógeno de la tecnología. A partir de este modelo se desarrolló el concepto de *convergencia β absoluta* que fue definido en el capítulo anterior y cuya evaluación empírica inició con los trabajos de Barro & Sala-i-Martin (1991), quienes establecieron que la hipótesis de convergencia podía validarse con una regresión como la siguiente, a partir de datos de corte transversal:

$$\Delta Y_{i,t} = \alpha - \beta y_{i,0} + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

donde el crecimiento del ingreso per cápita ($\Delta Y_{i,t}$) se define como función del nivel de ingreso per cápita inicial ($y_{i,0}$), tal que se comprueba un proceso de convergencia absoluta cuando la relación entre estos resulta negativa, es decir cuando se obtiene un β negativo, lo cual indica que los países con peores condiciones iniciales crecen más rápido que aquellos con mejores condiciones iniciales.

Ahora bien, a partir del análisis de modelos de crecimiento endógeno bajo el supuesto de ausencia de rendimientos decrecientes, dada la producción a escala y la acumulación de capital (Romer 1986, Lucas 1988) y Grossman & Helpman (1991a, 1991b y 1994), se evidenció que las economías con mejores condiciones iniciales habían crecido más. No

obstante, Sala-i-Martin (1990), Barro & Sala-i-Martin (1991, 1992a y 1992b) y Mankiw, Romer, & Weil (1992), encontraron que si bien con el modelo de Solow no se podía predecir convergencia absoluta para todos los países, sí se encontraba para aquellos con características similares en cuanto a tasas de inversión en capital físico y humano, de lo cual surgió el concepto de *convergencia β condicional* (Martín Mayoral, 2010).

Al respecto, MRW (1992) realiza un análisis de corte transversal partiendo del modelo de Solow con una función de producción de tipo Cobb-Douglas, rendimientos constantes a escala, rendimientos decrecientes del capital, nivel exógeno de progreso tecnológico y stock de capital humano, dada por:

$$\ln y_{t_1} = \lambda' \beta_1 \ln s_k + \lambda' \beta_2 \ln s_h - \lambda' \beta_3 \ln [n + g + \delta] + e^{-\lambda t} \ln y_{t_0} + \lambda' \ln A(0) + g(t_1 - e^{-\lambda t} t_0) \quad (2)$$

donde y_{t_1} e y_{t_0} son los niveles corriente e inicial de ingreso per cápita, respectivamente; $A(0)$ es el nivel inicial de tecnología inobservable; n , g y δ son, respectivamente, la tasa de crecimiento de la población y de crecimiento tecnológico y la tasa de depreciación del capital de estado estacionario; s_k y s_h son la fracción de ingreso invertida en capital físico y humano; $\lambda' = (1 - e^{-\lambda t})$ donde $\lambda = (n + g + \delta)(1 - \alpha - \eta)$ es la velocidad de convergencia; $\beta_1 = \alpha/(1 - \alpha - \eta)$, $\beta_2 = \eta/(1 - \alpha - \eta)$ y $\beta_3 = (\alpha + \eta)(1 - \alpha - \eta)$, donde α y η representan la participación del capital humano y el capital físico en el ingreso (Coulombe, Tremblay, & Marchand, 2004).

MRW suponen que la tasa de progreso tecnológico es igual para todos los países y que el nivel de tecnología es una constante que varía entre estos. Para efectos de contrastación empírica incluyen el nivel de tecnología en el término de error y asumen que es independiente de las variables explicativas, lo cual permite la estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) sin el uso de variables instrumentales. De acuerdo con lo anterior, la ecuación de crecimiento que estiman es la siguiente:

$$\ln y_{t_1} - \ln y_{t_0} = \lambda' \beta_1 \ln s_k + \lambda' \beta_2 \ln s_h - \lambda' \beta_3 \ln [n + g + \delta] - \lambda' \ln y_{t_0} + \varepsilon \quad (3)$$

donde ε incluye los efectos específicos de cada país. Sin embargo, con esta especificación del modelo es probable que efectivamente el nivel inicial de tecnología $A(0)$ esté correlacionado con el nivel inicial de ingreso per cápita y las otras variables explicativas y por lo tanto se genere sesgo por variable omitida en la estimación de los parámetros del modelo (Coulombe, Tremblay, & Marchand, 2004). En respuesta a lo anterior, Islam (1995) planteó una regresión a partir del análisis de datos panel, incluyendo el capital humano medido a partir de los años promedio de escolaridad y los datos agrupados por sub-periodos de 5 años, para reducir la influencia de las fluctuaciones del ciclo económico y la correlación serial que puede darse en los datos anuales, con una ecuación como la siguiente:

$$\ln y_{t_1} - \ln y_{t_0} = \lambda' \beta_1 \ln s_k + \lambda' \beta_2 \ln h^* - \lambda' \beta_3 \ln[n + g + \delta] - \lambda' \ln y_{t_0} + \lambda' \ln A(0) + g(t_1 - e^{-\lambda t} t_0) + \varepsilon \quad (4)$$

donde la tasa de acumulación del capital humano (s_h) es reemplazada por el stock de capital humano (h^*) y los coeficientes son definidos como: $\beta_1 = \beta_3 = \alpha/(1 - \alpha)$ y $\beta_2 = \eta/(1 - \alpha)$. En términos generales, teniendo en cuenta datos agrupados la ecuación se puede definir así:

$$\ln y_{it} - \ln y_{i(t-1)} = \beta y_{i(t-1)} + x'_{it} \gamma + \xi_t + \eta_i + v_{it} \quad (5)$$

donde x es un vector de variables explicativas para cada país i en el año t , ξ_t captura los efectos específicos de tiempo, η_i los efectos específicos de cada país, los cuales en la ecuación (4) estaban expresados como el nivel inicial de tecnología inobservable $A(0)$ y v_{it} es el término de error.

Métodos de Estimación

En un principio el análisis de convergencia, con base en las ecuaciones (1) y (3), se realizó a partir del método de MCO, aunque con numerosas críticas por el hecho de ignorar los factores inobservables que pueden afectar el modelo, como la tecnología, los cuales quedan reducidos en el término de error, de manera que se viola el supuesto de independencia entre los errores y las variables explicativas impidiendo la obtención de

estimadores eficientes e insesgados (Martín, 2010). Como respuesta a dicho problema, se buscaron métodos alternativos para medir la convergencia β y se encontró que la metodología de datos panel resultaba útil para controlar por los efectos individuales no observables asociados a la tecnología y para medir su impacto en el proceso de convergencia.

Sin embargo, el método de datos panel también recibió críticas que se pueden resumir en tres aspectos relacionados con la presencia de sesgo en los estimadores del modelo, tal como lo explica Martín (2010): el primero consiste en que el modelo empleado comprende un proceso autorregresivo de primer orden dada la inclusión de T rezagos de la variable dependiente como un regresor, generando correlación con el término de error y por consiguiente sesgo en los estimadores; el segundo se refiere a la posibilidad de que las variables explicativas, como el capital físico y el crecimiento de la población, sean endógenas y por tanto estén correlacionadas con el término de error; finalmente, el tercero tiene que ver con la presencia de autocorrelación en los residuos, cuando sus retardos están correlacionados con las variables explicativas que resultan endógenas.

Dados los problemas de endogeneidad encontrados en la metodología de datos panel se introdujeron modelos con variables instrumentales para sustituir las variables endógenas por instrumentos que las explicaran pero que a la vez no estuvieran correlacionadas con el término de error. Al respecto, Barro (1997) empleó un modelo de Mínimos Cuadrados en 3 etapas con variables instrumentales y el nivel de escolaridad como variable de capital humano, la cual resultó significativa.

Otro tipo de modelos empleados con relativo éxito para corregir los problemas de endogeneidad, fue el de datos panel dinámico estimado con el *Método Generalizado de Momentos* en primeras diferencias (Difference GMM), propuesto por Arellano & Bond (1991), con el cual se toman primeras diferencias para eliminar los efectos fijos no observados y se incorporan rezagos como instrumentos de la variable dependiente y de las variables endógenas. Este modelo presentó limitaciones principalmente debido a que a partir de estudios de simulación efectuados por Blundell & Bond (1998) se encontró que los estimadores tenían sesgo por muestras finitas y por la presencia de series altamente persistentes o cercanas a un proceso de raíz unitaria. Como alternativa, Arellano & Bover (1995) y Blundell & Bond (1998) propusieron el estimador GMM de sistema (System GMM),

el cual además de incluir un sistema de ecuaciones en diferencias y como instrumentos los niveles rezagados de la variable dependiente y de las variables endógenas, como en el modelo Difference GMM, también incorpora un conjunto de ecuaciones en niveles y permite combinar condiciones de momentos en diferencias con condiciones de momentos en niveles. El modelo debe garantizar que estas nuevas condiciones no estén correlacionadas con los efectos individuales no observados, de manera que los estimadores resulten válidos aun cuando se tengan series persistentes.

Martín (2010) menciona que si bien con este tipo de modelos se han realizado varios estudios sobre crecimiento económico para un panel de países, tales como los de Levine, Loayza, & Beck (2000) y Bond, Hoeffler, & Temple (2001), autores como Bun & Windmeijer (2010) señalan que si se tienen series altamente persistentes y un número reducido de periodos e individuos, los estimadores System GMM pueden ser débiles, para lo cual se requerirá comprobar la validez de los instrumentos a través de test como los de Sargan³ y Hansen⁴.

Finalmente, es importante precisar que en general los modelos que buscan evaluar la convergencia β y σ han recibido críticas en cuanto a la veracidad de sus resultados. Entre otros, Quah (1996a) cuestiona el análisis de la convergencia β absoluta dado que obvia la heterogeneidad que puede existir en las estructuras económicas de distintos países; así mismo, cuestiona que el análisis de convergencia β no tiene en cuenta escenarios alternativos como la posibilidad de polarización, estratificación o la coalición entre grupos de regiones (Gómez, 2006). Al respecto Quah (1996a) propone un método de estimación no paramétrico de densidad consistente en la estimación de Kernels de densidad del PIB per cápita de unas economías en un momento determinado.

Por otro lado, hay autores (Anselin, 1988, Rey & Montouri, 1999, Battisti & Di Vaio, 2008) que señalan que los análisis de convergencia pueden tener sesgos ocasionados por las dependencias espaciales entre las economías o los también llamados *spillovers* geográficos que generan correlación espacial en los términos de error, dado que el

³ El cual reporta la cantidad de instrumentos que exceden a los necesarios. La hipótesis nula es que las restricciones de sobreidentificación son válidas y el criterio de rechazo es $\text{Prob}>\chi^2 \geq 0,05$ (5%) (Labra & Torrecillas, 2014).

⁴ Este test es similar al de Sargan y se espera que el valor de $\text{Prob}>\chi^2$ esté situado en el intervalo: $0,05 \leq \text{Prob}>\chi^2 < 0,8$, aunque según Roodman (2009b) sería óptimo encontrar la $\text{Prob}>\chi^2$ en: $0,1 \leq \text{Prob}>\chi^2 < 0,25$ (Labra & Torrecillas, 2014).

crecimiento de unas economías puede afectar el de otras vecinas (Martín Mayoral, 2010). Como se mencionó anteriormente, Galvis & Hahn (2016) realizaron un análisis de convergencia para los municipios de Colombia entre los años 1993 y 2012 teniendo presentes las externalidades espaciales del capital físico y el capital humano, con el cual concluyen que en Colombia en los últimos 20 años no ha habido un proceso de convergencia económica debido, entre otros aspectos, a la distribución desigual de la riqueza.

De acuerdo con lo expuesto, es importante señalar que el alcance de este trabajo más que estar enfocado a realizar aportes a los métodos de estimación de la convergencia, se centra en el análisis del impacto del capital humano medido en términos de la calidad de educación, lo cual no se ha realizado en Colombia de manera exhaustiva, no obstante procurando una especificación correcta de los modelos empleados y con la construcción de variables que den cuenta del comportamiento municipal de la calidad de educación.

Medición del Capital Humano

En cuanto a la estimación del modelo de Solow aumentado con capital humano, se encuentra que varios modelos de variables instrumentales fueron empleados para evaluar el crecimiento económico entre países y en particular el efecto del capital humano sobre este. Por ejemplo, Mauro (2000) y Bils & Klenow (2000) encontraron una relación significativa y positiva del capital humano sobre el crecimiento. Sin embargo, en este último se encontró que la escolaridad explicaba menos de un tercio de la relación encontrada por otros economistas entre el nivel de escolaridad y el crecimiento económico (Coulombe, Tremblay, & Marchand, 2004).

A partir de lo anterior y de diferentes trabajos realizados, la atención de los investigadores se dirigió a la definición y búsqueda de especificaciones alternativas de las *proxys* del capital humano. Entre otros, Hanushek & Kimko (2000) buscaron diferenciar los indicadores de *cantidad* como la cobertura o el nivel de escolaridad, de los indicadores de *calidad* como los resultados obtenidos en pruebas internacionales de ciencias y matemáticas. Con una regresión de corte transversal para 31 países entre 1960 y 1990, encontraron un efecto positivo de ambas variables, nivel de escolaridad y resultados de las pruebas

internacionales, no obstante con resultados significativos únicamente para la segunda. Otros autores que encontraron resultados similares en cuanto al efecto positivo y significativo del capital humano son citados por Coulombe, Tremblay, & Marchand (2004), tales como Barro (2001), de la Fuente & Doménech (2002), Coulombe & Tremblay (2001), Coulombe (2000, 2003), Bassanini & Scarpetta (2001).

Metodología

A partir de lo mencionado en los capítulos anteriores, en este trabajo se evaluarán los dos tipos de convergencia que tradicionalmente se han estimado, es decir, la convergencia σ y la convergencia β absoluta y condicional, de la siguiente manera:

Convergencia σ

Para evaluar la convergencia σ se revisará de manera gráfica el comportamiento anual de la desviación estándar del logaritmo natural del PIB real per cápita. Se espera que si la dispersión refleja un comportamiento decreciente entonces se concluirá que existe convergencia σ (Álvarez, Lucas, & Delgado, 2009).

Convergencia β absoluta

La convergencia β absoluta será evaluada a partir de una regresión con el método de MCO entre el promedio de las tasas de crecimiento del PIB para el periodo de 1996 a 2015 y el logaritmo natural del PIB inicial, es decir, el de 1996. Lo anterior con base en la ecuación (1). Así mismo, se realizará un análisis gráfico para observar la relación entre ambas variables. También se estimará un modelo de MCO agrupados con los datos del panel agregados por periodos de 4 años cada uno.

Convergencia β condicional

En cuanto a la convergencia condicional se realiza un análisis para 1.100 municipios de Colombia a partir de un panel de 20 años comprendidos entre 1996 y 2015. Con el fin de

reducir el efecto de los ciclos económicos a corto plazo y evitar problemas de autocorrelación serial, se agrupan los datos en 5 sub-periodos de 4 años cada uno. De acuerdo con las consideraciones desarrolladas en el marco teórico acerca de la metodología GMM, se parte de un modelo System GMM a fin de evaluar la convergencia condicional; para efectos comparativos, también se estiman los modelos de MCO agrupados, panel de Efectos Fijos y Difference GMM, no obstante, reconociendo sus limitaciones antes mencionadas.

Según lo anterior, tomando como referencia los modelos GMM con los cuales se aplican primeras diferencias para eliminar los efectos específicos de cada municipio, la ecuación (5) se transforma y se obtiene la función en diferencias de Arellano y Bond que se evaluará con cada uno de los métodos mencionados:

$$\Delta y_{it} = \beta \Delta y_{i(t-1)} + \Delta x'_{it} \gamma + \Delta \xi_t + \Delta v_{it} \quad (6)$$

donde y_{it} es el logaritmo del crecimiento del PIB real per cápita, x' es un vector conformado en primer lugar por las variables que usualmente emplea el modelo de Solow, a saber, el logaritmo del capital físico como porcentaje del PIB $\ln(s_{it})$ y el logaritmo de la tasa de crecimiento de la población $\ln(n_{it})$, así como medidas del capital humano tanto en términos de *calidad* como de *cobertura* y otras variables como las transferencias estatales hacia los municipios como porcentaje del PIB y un índice de ruralidad; ξ_t captura los efectos específicos de tiempo y v_{it} es el término de error.

La elección de esta metodología se apoya en la literatura que la considera como el mejor método en el análisis de panel dado el uso de un número importante de variables instrumentales, la reducción de colinealidad entre las variables, el estudio dinámico de los cambios, la posibilidad de estudiar modelos más complejos y el hecho de capturar la influencia de ciertos periodos de tiempo a partir de la inclusión de variables dummy (Chapsa, Tsanana, & Katrakilidis, 2015). Cabe señalar, que se evaluará la validez del modelo a partir del test de Sargan para verificar las restricciones de sobreidentificación o la validez de los instrumentos y el test de Arellano y Bond (1991) de autocorrelación serial de primer y segundo orden en los residuales diferenciados.

Datos

Este trabajo emplea datos de 1.100 municipios de Colombia para el periodo comprendido entre los años 1996 y 2013. En cuanto a la información del PIB, dado que el DANE no cuenta con una serie de datos municipal, se construyó una serie de PIB real por departamento a precios de 2005, partiendo de la información de las bases metodológicas de 1994 (que presenta datos desde el año 1990 hasta el 2005) y de 2005 (con datos desde el año 2000 al 2014) publicadas por del DANE, y se realizó un empalme de las series de acuerdo al método de la tasa de variación expuesto en DANE (2013). Por otro lado, se obtuvo el dato de las ejecuciones presupuestales de cada municipio reportadas al DNP, a partir del panel municipal construido por el Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico (CEDE) de la Universidad de los Andes. Con base en la metodología empleada por Galvis & Hahn (2016), se calculó la participación porcentual de cada municipio en el recaudo tributario total de su respectivo departamento y se multiplicó por el valor del PIB real departamental correspondiente, para hallar el valor del PIB real municipal. Finalmente, los valores del PIB real per cápita se obtuvieron al dividir por las proyecciones de población publicadas por el DANE, con las cuales a su vez se estimó la tasa de crecimiento de la población (n).

Los datos de capital humano provienen del Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (IFCES) en cuanto a los resultados anuales de la prueba Saber 11, que consiste en una evaluación del nivel de la educación media. A partir de estos datos se construyeron dos indicadores de capital humano como *proxys* de *calidad*; en primer lugar, el promedio por municipio y por año de los puntajes estandarizados de las pruebas Saber 11 (en adelante se denotará esta variable como *icfes*) y, en segundo lugar, el número de personas que se encuentra en los percentiles 50 (*P50*) y 75 (*P75*) del puntaje de la prueba Saber 11 a nivel nacional, por municipio y por año, con respecto al total de estudiantes por municipio que presentaron el examen. Por su parte, la variable de *cobertura* consiste en la relación entre el número de estudiantes de secundaria y media sobre el número de personas en edad de estudiar en secundaria o media, con información del panel municipal del CEDE.

La variable de capital físico se construyó a partir de la información de los valores de Formación Bruta de Capital Físico, disponibles en el panel municipal del CEDE, como porcentaje del PIB (*FBKF/PIB*). De esta fuente de información también se obtuvieron datos

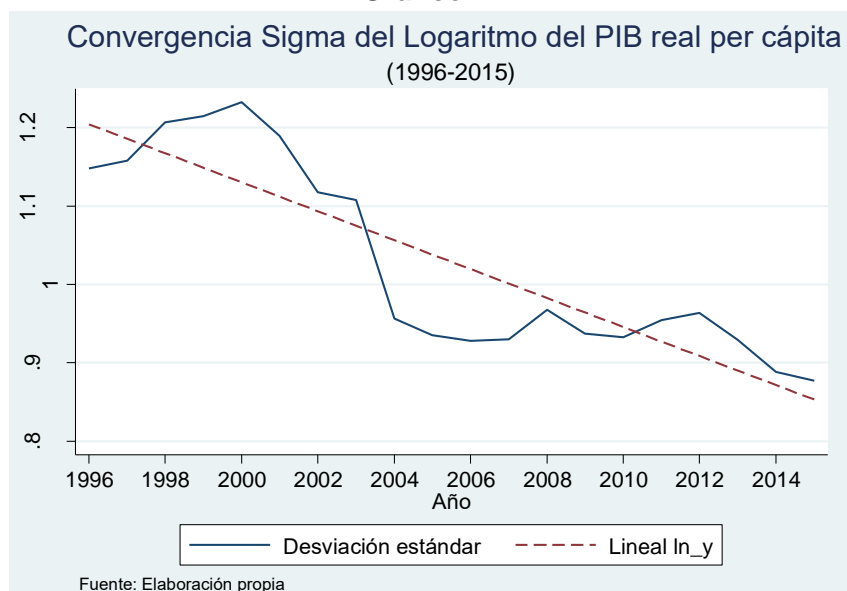
de las transferencias de SGP⁵, SGR⁶ y Otros hacia las entidades territoriales, como proporción del PIB (*transf/PIB*), y un índice de *ruralidad* equivalente a la relación entre la población rural y la población total de cada municipio.

Resultados

Convergencia σ

El gráfico 1 presenta la evolución de la dispersión del logaritmo del PIB real per cápita para el periodo comprendido entre 1996 y 2015. Como se puede ver entre los años 1996 y 2000 pareció incrementarse la dispersión del PIB, es decir, se tuvo un proceso de divergencia económica en cuanto las distancias entre municipios se incrementaron. A partir del año 2000 y hasta el 2004 la tendencia se revirtió dado que la dispersión del PIB se fue reduciendo; para los años siguientes, aunque entre 2004 y 2015 hubo una leve reducción, la dispersión pareció mantenerse relativamente constante. Ahora bien, en términos generales, el comportamiento de la dispersión se ajusta a una tendencia lineal negativa (*Lineal ln_y* en el gráfico 1), lo cual es un indicio de convergencia sigma en el logaritmo del PIB real per cápita entre 1996 y 2015.

Gráfico 1.



⁵ Sistema General de Participaciones.

⁶ Sistema General de Regalías.

Convergencia β absoluta

El análisis de la convergencia β absoluta se realizó inicialmente con una regresión de corte transversal entre la tasa de crecimiento promedio del PIB per cápita para 1996-2015 (\bar{y}_i) y el logaritmo natural del PIB per cápita del año 1996 ($\ln y_{(96)}$). Como resultado se obtuvo una relación negativa y significativa entre estas variables, lo cual evidencia la existencia de convergencia absoluta. Del mismo modo, se estimó la regresión de un pool de datos agregados por periodos de 4 años, según el cual el coeficiente del PIB inicial permanece negativo y significativo.

Tabla 1. Estimación de la Convergencia β Absoluta.

Variable dependiente: tasa de crecimiento promedio del PIB real per cápita (\bar{y}_i)

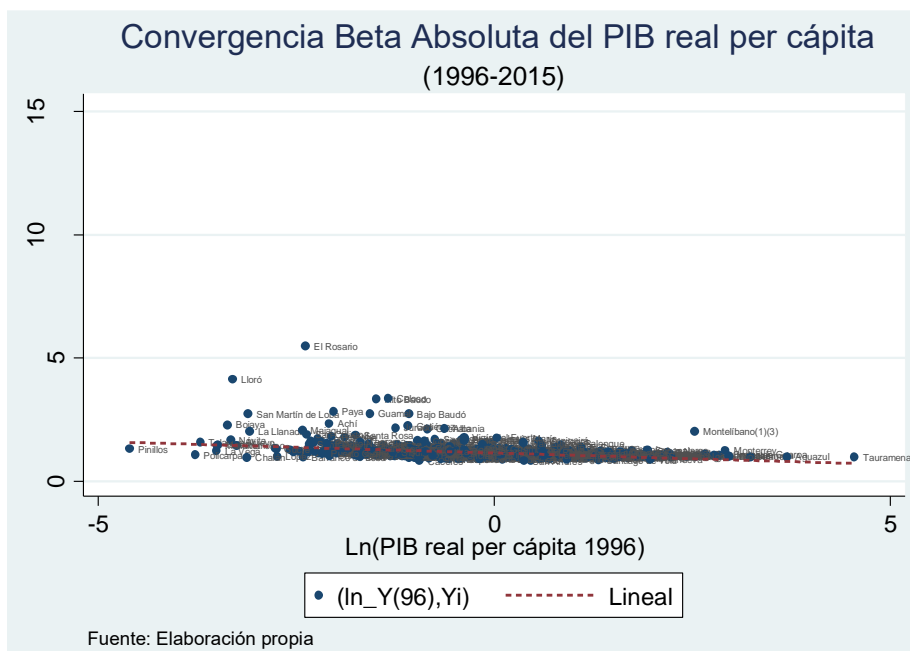
VARIABLES	MCO	Pool MCO
$\ln y_{(96)}$	-0.0932*** (0.014)	-0.0191*** (0.006)
Constante	1.1485*** (0.008)	0.0683*** (0.003)
Observaciones	905	5,193
R-cuadrado	0.134	0.007

Errores estándar robustos en paréntesis
 *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

En el gráfico 3 se presenta la relación entre las variables de la regresión de corte transversal y se observa nuevamente una tendencia negativa que confirma la existencia de convergencia β absoluta para el periodo evaluado.

Ahora bien, como se mencionó en los capítulos anteriores, tanto la metodología de MCO como el concepto mismo de convergencia β absoluta, han sido motivo de crítica en la literatura relacionada dadas las limitaciones del modelo ante los problemas de variable omitida, por lo que los anteriores resultados se presentaron de manera ilustrativa y para conocer la relación entre el crecimiento del PIB y su nivel inicial. Por otro lado, teniendo en cuenta que el principal objetivo de este trabajo es evaluar la existencia de convergencia económica en Colombia de acuerdo con el impacto de la calidad de educación medida en términos de los resultados promedio de las pruebas Saber 11, a continuación, se presentan los resultados para la estimación de la convergencia β condicional.

Gráfico 2.



Convergencia β condicional

La tabla 2 presenta los resultados obtenidos de acuerdo con los métodos MCO agregados en la columna (1), Efectos Fijos en la columna (2), Difference GMM con la variable *icfes* como *proxy* de calidad de educación en la columna (3), Difference GMM con el porcentaje de estudiantes con puntajes superiores al percentil 75 $Ln(P75)$ como *proxi* de calidad de educación en la columna (4), System GMM evaluando el impacto del *icfes* teniendo en cuenta la variable $Ln(FBKF/PIB)$ en la columna (5), y System GMM evaluando el impacto del *icfes* sin la variable $Ln(FBKF/PIB)$ en la columna (6).

En general, el coeficiente negativo y significativo del logaritmo de $y_{i(t-1)}$, que se encontró con cada una de las regresiones efectuadas, aporta evidencia de convergencia condicional en los municipios colombianos para el periodo comprendido entre 1996 y 2015, lo cual coincide con resultados de las estimaciones realizadas por Galvis & Hahn (2016) para el periodo 1993 a 2012 con base en los modelos tipo Solow (1956) y MRW (1992). Este hecho es importante por cuanto permite inferir que efectivamente en promedio los municipios con peores condiciones iniciales en el año 1996, para 2015 contaban con mejores condiciones

o por lo menos con un mayor crecimiento económico, lo cual podría contribuir a la reducción de las brechas regionales sobre las que se comentó en la introducción de este trabajo.

Tabla 2. Estimación de la Convergencia β Condicional.

Variable dependiente: logaritmo de la tasa de crecimiento del PIB real per cápita

VARIABLES	MCO	FE	Difference GMM		System GMM	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
$\ln(y_{i(t-1)})$	-0.1789*** (0.022)	-0.3024*** (0.025)	-0.1827*** (0.030)	-0.1622*** (0.034)	-0.1744*** (0.026)	-0.1774*** (0.025)
$\ln(icfes)$	0.0117 (0.009)	0.0200 (0.021)	0.1304 (0.188)		0.0543 (0.037)	0.0802* (0.041)
$\ln(P75)$				-1.4333 (1.432)		
$\ln(cobertura)$	0.0090 (0.034)	-0.0516 (0.091)	0.4921 (0.432)	2.5526*** (0.948)	0.3518*** (0.074)	0.3781*** (0.078)
$\ln(FBKF/PIB)$	0.2154*** (0.067)	0.1079 (0.103)	0.6401 (0.395)	1.0394*** (0.368)	-0.0685 (0.098)	
$\ln(n)$	-0.7507*** (0.244)	-1.1099 (0.703)	-1.7543** (0.793)	-0.3063 (1.143)	-1.1988*** (0.297)	-1.2270*** (0.304)
$\ln(transf/PIB)$	-0.1096** (0.051)	-0.3438*** (0.075)	0.0546 (0.299)	1.8550*** (0.591)	0.2343*** (0.072)	0.2059*** (0.051)
$\ln(ruralidad)$	0.0918*** (0.020)	0.1682 (0.453)	-0.0894 (1.024)	2.1927 (1.684)	-0.1542*** (0.059)	-0.1653*** (0.064)
Observaciones	3,901	3,901	2,665	3,108	3,901	3,901
R-cuadrado	0.092	0.205				
Test de Sargan			0.9002	0.5208		
Test de Hansen					0.372	0.451
AR (1)			0.000	0.000	0.000	0.000
AR (2)			0.3708	0.3239	0.158	0.180
Test de Wald			0.000	0.000	0.000	0.000
No. de instrumentos			19	21	26	24
No. de municipios	1,067	1,067	976	1,092	1,067	1,067

Errores estándar robustos entre paréntesis

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$. Las columnas 3 y 4 reportan resultados para el modelo Difference GMM de Arellano & Bond (1991) con la opción two step. Las columnas 5 y 6 presentan los resultados para un modelo System GMM estimado en Stata con la opción two step y el comando xtabond2 desarrollado por Roodman (2006).

En cuanto al impacto de las demás variables, con respecto a las que usualmente emplea el modelo de Solow como el capital $\ln(FBKF/PIB)$ y el crecimiento de la población $\ln(n)$, la primera resultó positiva y significativa en la estimación por MCO (1) y en el modelo GMM

en diferencias (2); sin embargo, con las demás estimaciones no se hallaron resultados significativos. En cuanto al crecimiento de la población, en general resultó significativo al 1% y 5% y con el signo esperado. Por su parte, un resultado importante es el efecto positivo y significativo de las transferencias de SGP, SGR y Otros hacia las entidades territoriales (como proporción del PIB $\ln(transf/PIB)$) encontrado en los modelos GMM y System GMM, lo cual ratifica la importancia de esta variable a nivel territorial, pues el SGP y el SGR constituyen dos de las principales fuentes de inversión en el presupuesto colombiano⁷. Este resultado también permite inferir que en el caso del análisis de crecimiento regional puede ser más pertinente utilizar las transferencias como *proxy* del capital y no la formación bruta de capital físico.

Otra variable evaluada fue el índice de *ruralidad* para el cual se hallaron resultados mixtos, aunque principalmente se encontró un efecto negativo y significativo sobre el crecimiento del PIB, lo cual podría asociarse en cierto modo a los análisis que tienen en cuenta el impacto de las características geográficas sobre el crecimiento, pues según estos resultados, una hipótesis que valdría la pena contrastar en futuros estudios, es que la población ubicada en zonas rurales probablemente tiene menos oportunidades de desarrollo laboral y profesional y por consiguiente contribuye en menor medida a la economía local. Sin embargo, esta hipótesis podría estar en contra de investigaciones como las de Meza & Romero (2016), quienes concluyen que en los últimos 43 años el sector rural ha realizado los mayores aportes a la riqueza nacional.

Con respecto a las variables de capital humano relacionadas con la calidad de educación (promedio puntajes Saber 11 – *icfes* y porcentaje de estudiantes con puntajes superiores al percentil 75 – *P75*) que constituyen el centro de esta investigación, no se encontraron resultados significativos con los modelos MCO, Efectos Fijos ni Difference GMM. Solo con el modelo System GMM (6), que excluye la variable $\ln(FBKF/PIB)$, se encontró un efecto positivo y significativo al 10% de la variable *icfes*. Por su parte, la variable de *cobertura* resultó positiva y significativa al 1% en los modelos (4), (5) y (6). Este resultado es contrario a lo encontrado por autores como Coulombe, Tremblay, & Marchand (2004) y Hanushek &

⁷ Según datos del Consolidador de Hacienda e Información Pública (CHIP) “En la vigencia 2014 el SGP y SGR sumados constituyeron 66% y 50% del total de fuentes de ingreso de departamentos y municipios, respectivamente.”

Woessman (2009) para muestras de países, en los que hallaron mayor impacto de la calidad de educación en el crecimiento en comparación con las medidas de cobertura.

Es preciso señalar que la validez de los modelos GMM, en sus dos tipos Difference y System, fue contrastada con las pruebas Sargan y Hansen respectivamente, y arrojaron probabilidades superiores a 5%, de manera que se comprueba la validez de los instrumentos. Así mismo, el test de autocorrelación de los errores de Arellano & Bond (1991) muestra presencia de autocorrelación de primer orden AR (1), lo cual es previsible según Labra & Torrecillas (2014), pero no de segundo orden AR (2), de manera que los errores no están serialmente correlacionados.

Con el fin de profundizar el análisis sobre las variables de capital humano, se estimaron las especificaciones alternativas del modelo System GMM que se presentan en las tablas 3 y 4. En la primera se realiza una comparación entre las variables *icfes* y *cobertura* y se encuentra que la significancia de la cobertura permanece inalterada cuando se excluye la variable *icfes*, aunque se reduce un poco su coeficiente. De igual forma sucede con la variable *icfes* al excluir la *cobertura*, aunque solo es significativa al 10%.

Por otro lado, la tabla 4 presenta los resultados de estimaciones del modelo System GMM comparando el impacto del porcentaje de estudiantes con puntajes superiores a los percentiles *P75* y *P50* contra la variable de *cobertura*. Se encuentran resultados similares a los de la tabla 3, con la diferencia que al excluir la variable de *cobertura*, las variables *P75* y *P50* pasan de ser negativas y no significativas a ser positivas y significativas al 5%.

Tabla 3. Estimación de la Convergencia β Condicional, *icfes* vs. *cobertura*.
Variable dependiente: logaritmo de la tasa de crecimiento del PIB real per cápita

VARIABLES	System GMM		
	<i>icfes y cobertura</i>	<i>icfes</i>	<i>cobertura</i>
$\ln (y_{i(t-1)})$	-0.1774*** (0.025)	-0.1785*** (0.025)	-0.1776*** (0.028)
$\ln (icfes)$	0.0802* (0.041)	0.0367* (0.020)	
$\ln (cobertura)$	0.3781*** (0.078)		0.2909*** (0.068)
$\ln (transf/PIB)$	0.2059*** (0.051)	0.1150*** (0.039)	0.1423*** (0.048)
$\ln (n)$	-1.2270*** (0.304)	-0.3726 (0.239)	-0.9719*** (0.296)
$\ln (ruralidad)$	-0.1653*** (0.064)	0.1371*** (0.026)	-0.1102* (0.066)
Observaciones	3,901	3,901	4,244
Test de Hansen	0.451	0.064	0.098
AR (1)	0.000	0.000	0.000
AR (2)	0.180	0.102	0.318
Test de Wald	0.000	0.000	0.000
No. de instrumentos	24	29	22
No. de municipios	1,067	1,067	1,100

Errores estándar robustos entre paréntesis

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$. Se presentan los resultados para un modelo System GMM estimado en Stata con la opción two step y el comando xtabond2 desarrollado por Roodman (2006).

Tabla 4. Estimación de la Convergencia β Condicional, P75 y P50 vs. cobertura.*Variable dependiente: logaritmo de la tasa de crecimiento del PIB real per cápita*

VARIABLES	System GMM						
	P75, s_k	P75	P75 sin cobertura	cobertura	P50, s_k	P50	P50 sin cobertura
$\ln (y_{i(t-1)})$	-0.1860*** (0.025)	-0.1861*** (0.026)	-0.1696*** (0.025)	-0.1694*** (0.028)	-0.1792*** (0.024)	-0.1796*** (0.025)	-0.1744*** (0.025)
$\ln (P75)$	-0.2374 (0.154)	-0.2391 (0.149)	0.2401** (0.100)				
$\ln (P50)$					-0.1062 (0.090)	-0.0966 (0.094)	0.2142*** (0.074)
$\ln (cobertura)$	0.2890*** (0.077)	0.3021*** (0.079)		0.3148*** (0.067)	0.2155*** (0.060)	0.2247*** (0.062)	
$\ln (FBKF/PIB)$	-0.1491 (0.119)				-0.1214 (0.116)		
$\ln (transf/PIB)$	0.2220*** (0.071)	0.1300*** (0.047)	0.1121** (0.048)	0.1467*** (0.045)	0.1967*** (0.067)	0.1271** (0.050)	0.1148** (0.050)
$\ln (n)$	-0.9656*** (0.279)	-0.9684*** (0.277)	0.1465 (0.490)	-0.1324 (0.613)	-0.9042*** (0.278)	-0.9261*** (0.272)	0.1078 (0.627)
$\ln (ruralidad)$	-0.0370 (0.054)	-0.0490 (0.056)	0.0488 (0.041)	-0.1357** (0.065)	0.0178 (0.050)	0.0006 (0.046)	-0.0100 (0.049)
Observaciones	4,203	4,203	4,203	4,244	4,203	4,203	4,203
Test de Hansen	0.169	0.125	0.12	0.261	0.202	0.142	0.084
AR (1)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AR (2)	0.353	0.392	0.213	0.261	0.268	0.291	0.296
Test de Wald	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
No. de instrumentos	26	24	35	37	26	24	35
No. de municipios	1,095	1,095	1,095	1,100	1,095	1,095	1,095

Errores estándar robustos entre paréntesis

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$. Se presentan los resultados para un modelo System GMM estimado en Stata con la opción two step y el comando xtabond2 desarrollado por Roodman (2006).

Conclusiones

Este trabajo realizó un análisis de la convergencia económica regional en Colombia con base en la teoría neoclásica de crecimiento económico. Se encontró evidencia de convergencia σ y convergencia β absoluta y condicional en el PIB real per cápita para un panel de 1.100 municipios durante el periodo de 1996 a 2015. De acuerdo con la investigación realizada sobre las metodologías de estimación, se estableció que el método System GMM era el más apropiado para solucionar los problemas de endogeneidad que normalmente se encuentran en este tipo de estimaciones.

A partir de los resultados para la estimación de la convergencia condicional se encontró que las transferencias de SGP, SGR y Otros hacia las entidades territoriales (como porcentaje del PIB) tienen un impacto positivo y significativo en el PIB y que el índice de ruralidad tiene un impacto negativo y significativo en el mismo. De acuerdo a lo anterior se sugirió la posibilidad de hacer investigaciones futuras que profundicen el análisis del impacto de la ruralidad, teniendo en cuenta que podría ser un factor importante en los modelos que estudian el efecto de las características geográficas en la convergencia.

Finalmente, se encontró que la calidad de la educación medida a partir de los resultados de las pruebas Saber 11, aunque tiene un impacto positivo en el crecimiento, parece afectar en menor medida y es menos significativa que la cobertura de la educación; contrario a estudios internacionales como los de Coulombe, Tremblay, & Marchand (2004) y Hanushek & Woessman (2009), en los que la calidad de la educación medida en términos de los resultados de pruebas estandarizadas fue más importante que la cobertura. No obstante, es importante continuar el análisis con este tipo de variables por tres razones principales: la primera es que estos resultados pueden sugerir que efectivamente mejorar la calidad de la educación no es tan importante como incrementar la cobertura, lo cual no parece muy razonable; la segunda es que se podría abrir la discusión acerca del tipo de información que se puede extraer de los puntajes de las pruebas de estado que se aplican en el país, es decir, abrir el interrogante de si estas pruebas efectivamente miden la calidad de la educación; y la tercera, como se mencionó en algunos apartados del trabajo, tiene que ver con que hay otras técnicas de estimación de la convergencia condicional y tal vez éstas podrían captar mejor el impacto de esta variable.

Bibliografía

- Álvarez, I., Lucas, S., & Delgado, M. (2009). Globalización y convergencia económica: Un análisis empírico para los países de América Latina. *Paradigma Económico*(1), 40-59.
- Anselin, L. (1988). *Spatial econometrics: methods and models*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Arellano, M., & Bond, S. (1991). Some test of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *The Review of Economic Studies*, 58(2), 277–297.
- Arellano, M., & Bover, O. (1995). Another look at the instrumental variable estimation of error-components models. *Journal of Econometrics*, 29-51.
- Barón, J. (2003). ¿Qué sucedió con las disparidades económicas regionales en Colombia entre 1980 y el 2000? *Documentos de trabajo sobre Economía Regional, Banco de la República*, 38.
- Barro, R. (1997). *Determinants of economic growth: A cross-country empirical study*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Barro, R. (2001). Education and economic growth. En J. Helliwell, *The Contribution of Human and Social Capital to Sustained Economic Growth and Well-Being* (págs. 14-41). OECD.
- Barro, R. (2002). Education as a Determinant of Economic Growth. *Lazear EP Education in the Twenty-First Century*. Hoover Institution Press, 9-24.
- Barro, R., & Sala-i-Martin, X. (1991). Convergence across States and Regions. *Brookings Papers on Economic Activity*, 22(1), 107-182.
- Barro, R., & Sala-i-Martin, X. (1992a). Convergence. *Journal of Political Economy*, 100(2), 407-443.
- Barro, R., & Sala-i-Martin, X. (1992b). Regional growth and migration: a Japan-United States comparison. *Journal of the Japanese y International Economies*, 6(4), 312-346.
- Bassanini, A., & Scarpetta, S. (2001). Does human capital matter for growth in OECD countries? Evidence from pooled mean-group estimates. *Economics Department Working Papers, OECD*, 282.
- Battisti, M., & Di Vaio, G. (2008). A spatially filtered mixture of β -convergence regressions for EU regions, 1980–2002. *Empirical Economics*, 34(1), 105-121.
- Baumol, W. (1986). Productivity Growth, Convergence and Welfare: What the Long Run Data Show. *The American Economic Review*, 76(5), 1072-1085.
- Bianchi, M. (1997). Testing for Convergence: Evidence from Non-Parametric Multimodality Tests. *Journal of Applied Econometrics*, 12(4), 393-409.

- Bils, M., & Klenow, P. (2000). Does schooling cause growth? *American Economic Review*, 90(5), 1160-1183.
- Birchenall, J., & Murcia, G. (1997). Convergencia regional: una revisión del caso colombiano. *Revista Desarrollo y Sociedad*, 40, 273-308.
- Blundell, R., & Bond, S. (1998). Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. *Journal of Econometrics*, 115–143.
- Bond, S., Hoeffler, A., & Temple, J. (2001). *GMM Estimation of Empirical Growth Models*. Londres: CEPR Discussion Paper, 3048.
- Bonet, J., & Meisel, A. (2001). La Convergencia Regional en Colombia: Una Visión de Largo Plazo, 1926-1995. *Coyuntura Económica*, 29(1), 69-106.
- Boscá, J. (1996). *Crecimiento económico y convergencia en la OCDE: 1960-1990*. Tesis doctoral no publicada: Universitat de València.
- Briceño, R., Cercone, J., & Cardoza, D. (2003). *¿Es la inversión en capital humano la vía para el fomento del crecimiento económico? El caso de Costa Rica*. Obtenido de Instituto Latinoamericano de Políticas Públicas: <http://www.caf.com/media/3201/DavidCardozaetal,Inversi%C3%B3nencapitalhumano.pdf>
- Bun, M., & Windmeijer, F. (2010). The weak instrument problem of the system GMM estimator in dynamic panel data models. *Econometrics Journal*, 13(1), 95-126.
- Canova, F., & Marcet, A. (1995). *The poor stay poor: non-convergence across countries and*. Centre for economic Policy Research: Discussion Paper, 1265.
- Cárdenas, M., Pontón, A., & Trujillo, J. (1993). Convergencia y Migraciones Interdepartamentales en Colombia: 1959-1989. *Coyuntura Económica*, 23(1), 111-137.
- Cass, D. (1965). Optimum growth in an aggregative model of capital accumulation. *Review of Economic Studies*, 32(3), 233-234.
- Chapsa, X., Tsanana, E., & Katrakilidis, C. (2015). Growth and Convergence in the EU-15: More Evidence from the Cohesion Countries. *Procedia Economics and Finance*, 33, 55-63.
- Coulombe, S. (2000). New evidence of convergence across Canadian provinces: The role of urbanization. *Regional Studies*, 34(8), 713-725.
- Coulombe, S. (2003). Human capital, urbanization and Canadian provincial growth. *Regional Studies*, 37(3), 239-250.
- Coulombe, S., & Tremblay, J. (2001). Human capital and regional convergence in Canada. *Journal of Economic Studies*, 28(3), 154-180.

- Coulombe, S., Tremblay, J.-F., & Marchand, S. (2004). *Literacy scores, human capital and growth across fourteen OECD countries*. Ottawa: Statistics Canada.
- DANE. (2013). *Documento metodológico y resultados de la retropolación 1975 - 2005. Base 2005*. Bogotá: DANE.
- de la Fuente, A., & Doménech, R. (2002). *Human capital in growth regressions: how much difference does data quality make? An update and further results*. CEPR: Discussion Paper, 3587.
- Dreher, A. (2006). The influence of globalization on taxes and social policy: An empirical análisis for OECD countries. *European Journal of Political Economy*, 22, 179-201.
- Evans, P., & Karras, G. (1996). Convergence revisited. *Journal of Monetary Economics*(37), 225-248.
- Franco Vasquez, L., & Raymond Bara, J. (2009). Convergencia económica regional: El caso de los Departamentos colombianos. *Ecos de Economía*, 28, 167-197.
- Fuentes S., R., & Vatter G., J. (1991). Los efectos de la inversión en capital humano e investigación y desarrollo en el crecimiento económico. *Estudios Públicos*. Obtenido de Cepchile.cl: http://www.cepchile.cl/dms/archivo_1365_1263/rev44_fuentes.pdf
- Fukase, E. (2010). Revisiting Linkages between Openness, Education and Economic Growth: System GMM Approach. *Journal of Economic Integration*, 25(1), 193-222.
- Galvis, L., & Hahn, L. (2016). Crecimiento municipal en Colombia: El papel de las externalidades espaciales, el capital humano y el capital físico. *Sociedad y economía*, 31, 149-174.
- García, S., Rodríguez, C., Sánchez, F., & Bedoya, J. G. (2015). *La lotería de la cuna: la movilidad social a través de la educación en los municipios de Colombia*. Notas de Política CEDE-EGOB. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Gaviria, A., & Barrientos, J. (2001). Determinantes de la calidad de la educación en Colombia. *Archivos de Economía*, 159.
- Gaviria Ríos, M. A. (2007). El crecimiento endógeno a partir de las externalidades del Capital Humano. *Cuadernos de economía*, 26(46), 51-73.
- Gómez, C. (2006). Convergencia Regional en Colombia: un enfoque en los Agregados Monetarios y en el Sector Exportador. *Ensayos sobre Economía Regional*, 43, 1-50.
- Gorostiaga, A. (1999). ¿Cómo afectan el capital público y el capital humano al crecimiento? Un análisis para las regiones españolas en el marco neoclásico. *Investigaciones Económicas*, 23(1), 95-114.
- Grossman, G., & Helpman, E. (1991a). *Innovation and Growth in the Global Economy*. Cambridge: MIT Press.

- Grossman, G., & Helpman, E. (1991b). Quality Ladders in the Theory of Growth. *Review of Economic Studies*, 58, 43-61.
- Grossman, G., & Helpman, E. (1994). Endogenous Innovation in the Theory of Growth. *Journal of Economic Perspectives*, 8, 23-44.
- Guisán, C. (2002). Causalidad y cointegración en modelos econométricos: Aplicaciones a los países de la OCDE y limitaciones de los test de cointegración. *Working Paper Series Economic Development. Universidad de Santiago de Compostela*, 61.
- Hanushek, E., & Kimko, D. (2000). Schooling, labor-force quality, and the growth of nations. *American Economic Review*, 90(5), 1184-1208.
- Hanushek, E., & Woessman, L. (2009). Schooling, cognitive skills, and the Latin American growth puzzle. *NBER working paper 15066*.
- Hincapié Vélez, G. D., & Loaiza Quintero, O. L. (2015). Regional Gaps on Municipal Educational Performance in Colombia, 2007-2012. *XII Seminario de la Revista Ensayos sobre Política Económica*.
- Iregui, A., Melo, L., & Ramos, J. (2006). Evaluación y análisis de eficiencia de la educación en Colombia. *Borradores de Economía, Banco de la República*, 381.
- Islam, N. (1995). Growth empirics: A panel data approach. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(4), 1127-1171.
- Koopmans, T. (1965). *On the concept of optimal economic growth*. New-Holland, Amsterdam: The Econometric Approach to Development Planning.
- Labra, R., & Torrecillas, C. (2014). Guía CERO para datos de panel. Un enfoque práctico. *UAM-Accenture Working Papers*, 2014/16.
- Levine, R., Loayza, N., & Beck, T. (2000). Financial intermediation and growth: Causality and causes. *Journal of Monetary Economics, Elsevier*, 46(1), 31-77.
- Lucas, R. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3-42.
- Mankiw, N., Romer, D., & Weil, D. (1992). A contribution to the empirics of economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 107(2), 407-437.
- Martín Mayoral, F. (2010). América Latina, ¿convergencia o divergencia? *Principios: estudios de economía política*, 16, 37-54.
- Mauro, L. (2000). Human capital and the regional Italian development: Does unemployment matter? *Department of Economics and Statistics, University of Trieste, Working Paper*, 61.
- Meza, C., & Romero, J. (2016). De la economía agrícola a la economía de la ruralidad. *Equidad y Desarrollo*, 25, 95-117.

- OCDE. (2016). *Revisión de políticas nacionales de educación. La educación en Colombia*. Ministerio de Educación Nacional (traducción).
- Quah, D. (1996a). Empirics for Economic Growth and Convergence. *European Economic Review*, 40(6), 1353-1375.
- Quah, D. (1996b). Twin Peaks: Growth and Convergence in Models of Distributions Dynamic. *The Economic Journal*, 106(437), 1045-1055.
- Raymond, J., & García, B. (1996). Distribución regional de la renta y movimientos migratorios. *Papeles de Economía Española*, 67, 185-201.
- Rey, S., & Montouri, B. (1999). US Regional Income Convergence: A Spatial Econometric perspective. *Regional Studies Association*, 33(3), 145-156.
- Romer, P. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002-1037.
- Roodman, D. (2006). How to do xtabond2: An introduction to difference and system GMM in Stata. *Center for Global Development working paper*, 103.
- Sala-i-Martin, X. (1990). *On Growth and State*. Tesis doctoral no publicada: Harvard University.
- Sala-i-Martin, X. (1994). *Apuntes de crecimiento económico*. Barcelona: Antoni Bosch Editor.
- Serrano, L. (1998). Capital Humano y Convergencia Regional. *WP-EC 98-12. Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas (IVIE)*.
- Solow, R. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.
- Swam, T. (1956). Economic growth and capital accumulation. *Economic Record*, 32(2), 344-361.
- Temple, J. (1999). The new growth evidence. *Journal of Economic Literature*, 37, 112-156.
- Vergara, R., Mejía, J., & Martínez, A. (2010). Crecimiento económico y convergencia regional en el Estado de México. *Paradigma económico*, 2(1), 53-88.
- Weil, D. (2006). *Crecimiento Económico*. España: Pearson Educación S.A.