

Capital humano, externalidades y crecimiento económico en Colombia¹

Mario Alberto Gaviria Ríos*

Resumen

En este trabajo se estima la contribución de la acumulación del capital humano al crecimiento económico colombiano en la última mitad del siglo XX. En procura de ello se parte del enfoque de crecimiento endógeno de Robert Lucas, que plantea la existencia de externalidades a partir de la acumulación de capital humano, las cuales refuerzan la productividad del capital físico y hacen crecer la economía en forma sostenida. El modelo de Lucas se complementa al asociar el progreso tecnológico con las interacciones que se producen entre la acumulación de capital humano y las variables de comercio exterior. Se hacen análisis de cointegración de las variables en dos etapas (Engle y Granger) y de esa forma se logran estimaciones de los impactos internos y

¹ Este trabajo constituye una parte de la tesis presentada por el autor para acceder al título de magister en ciencias económicas de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. El autor agradece las orientaciones del profesor Hernando Rendón y los comentarios de los profesores Remberto Rhenals, Jorge Lotero y Liliana Franco. Los errores que se presenten en el texto son responsabilidad del autor.

* Profesor Asociado Universidad Católica Popular del Risaralda.

Economista, Universidad de Antioquia

Maestría en ciencias económicas, Universidad Nacional sede Medellín

E-mail: mgavi@ucpr.edu.co

externos de la acumulación de capital humano sobre el crecimiento económico colombiano, en las cuales la elasticidad del producto al capital humano es bastante superior a la obtenida en otros estudios que no consideraron las externalidades del capital humano. En general, los resultados no permiten rechazar la hipótesis según la cual en Colombia la contribución de la educación y la acumulación de capital humano al crecimiento económico ha estado mediada en gran parte por las condiciones de su demanda.

Palabras claves: crecimiento económico, capital humano, externalidades, comercio exterior.

Clasificación JEL: 015, 030, 040

Abstract

It is estimated in this work, the contribution of the cumulative human capital to the Colombian Economical growth, at the end of the XX century. For this purpose, we start from the approach to endogenous growth, by Robert Lucas', which establishes the existence of external effects, beginning from of the cumulative human capital, which reinforce the productivity of the physical capital and cause the economy to grow in a sustainable way. The Lucas's model is complemented when the technological progress and the interactions that are produced between the cumulative human capital and the foreign trade variables are associated. A co-integration analysis of the variables is made, in two phases (Engle and Granger) so, estimations of the internal and external impacts of the cumulative human capital on the Colombian economics growth, are obtained, in which the product's elasticity over human capital is quite superior to the one obtained in other works that did not consider the external effect of human capital. In general, the results do not allow rejecting the hypothesis on which the contribution of the education and the cumulative human capital to the economic growth has been mediated in Colombia, by the conditions of its demand.

Key words: economic growth, human capital, external effect, foreign trade.

JEL Classification: 015, 030, 040

Introducción

La acumulación de capital humano surge de manera recurrente como una característica esencial del crecimiento y el desarrollo económico. En los estudios recientes en torno a los determinantes del crecimiento económico y de la productividad de la economía, se ha reconocido que las inversiones en capital humano contribuyen con un aporte sustancial que resulta complementario a los aportes provenientes de la inversión en capital fijo.

Una alternativa de medición del efecto de la educación, principal fuente de acumulación del capital humano, sobre el desarrollo económico ha sido el cálculo de la tasa interna de retorno de la inversión en capital humano², tomando esta última como aproximación de su contribución al crecimiento. Los modelos desarrollados en tal dirección parten del estudio pionero de Jacob Mincer, en el que se establece como metodología de cálculo la estimación de funciones de ingreso laboral.

En el concierto nacional, los hallazgos de estudios sobre el tema indican que las tasas de retorno de la educación han seguido una trayectoria decreciente. En el trabajo de Tenjo (1993), sobre la rentabilidad privada de la educación durante 1976–1989, se encuentra evidencia sobre un deterioro sostenido de las tasas de rendimiento durante el período analizado.

Núñez y Sánchez (1998) realizan un análisis sobre los determinantes y evolución de la educación y los salarios relativos en Colombia durante 1976 y 1995. A través de la estimación econométrica de ecuaciones salariales, obtienen los valores de la tasa interna de retorno de la educación y de los premios educativos para diferentes años de escolaridad. Encuentran evidencia empírica de un deterioro en la tasa de retorno de la educación desde comienzos de la década de los ochenta, al tiempo que se presenta un importante aumento del premio por educación superior y un deterioro del premio a la educación secundaria terminada.

² Este método requiere suponer que los salarios se igualan a las productividades marginales y que existe perfecta movilidad de la mano de obra (Chaves Castro y Arias Gómez, 2002).

Finalmente, el trabajo de Chaves Castro y Arias Gómez (2002) aporta estimaciones de la tasa de rendimiento de la educación en hombres y mujeres, para 1991, 1999 y 2000, en las que no son claros los resultados, pues si bien esa tasa mostró un deterioro sostenido en el caso de las mujeres, en los hombres el comportamiento fue contrario.

Aunque parte de la explicación se puede encontrar en las deficiencias del sistema educativo del país, se quiere destacar la dificultad generada por el hecho que algunas actividades complementarias a la acumulación de capital humano no se han desarrollado en forma suficiente. En concreto, el cambio técnico y la reestructuración productiva que ello supone no han sido suficientes, generándose por tanto una baja demanda de educación y capital humano y una limitada tasa interna de retorno a estos esfuerzos de acumulación.

En otro sentido, la evidencia empírica revela una correlación parcial poco robusta entre capital humano, medido a través de variables educativas, y crecimiento económico. En el trabajo de Posada (1993), se encuentra un efecto pequeño pero no despreciable de la tasa de aumento del capital humano, medido a través de la población matriculada en secundaria y universidad, sobre el ritmo de crecimiento del producto colombiano. Dado un coeficiente estimado de 0.2 y una tasa promedio de aumento del capital humano del 7.8% entre 1944 y 1988, se concluye que el aporte del capital humano al crecimiento del producto en ese período fue aproximadamente 1.6% por año.

Sin embargo, como lo advierte Posada (1993), la elasticidad estimada del producto al capital humano presentó una oscilación entre 0.12 y 0.2, según el subperíodo muestral seleccionado para el análisis, aunque siempre se mostró significativa, lo cual evidencia resultados poco robustos en el cálculo de la correlación parcial entre estas variables.

Por su parte Cárdenas (1994), aunque incorpora en su análisis diferentes medidas de educación y acumulación de capital humano (analfabetismo, cobertura de educación primaria y secundaria, número promedio de años de escolaridad de la población mayor de 5 años), encuentra una clara relación positiva entre las

variables de educación de la población y el crecimiento económico colombiano.

No obstante, esos resultados se muestran sensibles a pequeñas variaciones en la selección de los indicadores incluidos en las distintas ecuaciones estimadas. Para probar la sensibilidad de sus resultados, Cárdenas utiliza una variante del análisis de límite extremo de Leamer³ y encuentra que, si bien la razón de analfabetismo ofrece unos resultados sólidos, no ocurre lo mismo con las demás variables de capital humano, las cuales arrojan estimaciones no consistentes en las distintas corridas econométricas.

La situación anterior evidencia que la oferta de capital humano no es la historia completa de su contribución al crecimiento económico. Es decir, el capital humano de la población interactúa con otros factores de la producción, de manera que no es posible medir cuál es su verdadera contribución sin considerar dicha interacción. Atendiendo a esta sugerencia, y con base en la idea de las complementariedades factoriales, se estima esa contribución asumiendo que la acumulación de capital humano interactúa con el cambio técnico al momento de determinar la dinámica del crecimiento económico. Este supuesto es coherente con el planteamiento teórico del aprendizaje en el sitio de trabajo como una fuente fundamental de cambio técnico.

Ahora, como el cambio técnico no es directamente observable, se considera pertinente utilizar variables de comercio exterior para aproximarlo. Según Robert Lucas, para que se dé el aprendizaje sobre bases sostenidas es necesario que se realicen tareas nuevas en forma continua y, para que esto ocurra en gran escala, la economía debe ser una gran exportadora. Por lo anterior, lo que se quiere es establecer las relaciones de complementariedad entre la acumulación de capital humano, el comercio exterior y el

³ El test consiste en hacer un sin número de regresiones, manteniendo las variables que se consideran básicas pero incorporando cada vez diferentes variables que se suponen adicionales, hasta que el signo del coeficiente de la variable cuya robustez interesa evaluar cambie o hasta que dicho coeficiente pierda significancia. Cuando esto sucede se dice que la variable de interés no era robusta. Corbo (1996) presenta evidencia para América Latina que permite una aplicación de dicho test; a partir de lo cual se observa que las estimaciones del impacto de la tasa de escolaridad primaria sobre el crecimiento del PIB per cápita de los países de la región resultan robustas.

crecimiento económico en Colombia, durante 1950 – 2000, considerando para ello los efectos internos y externos que se producen con dicha acumulación.

Para de evitar posibles regresiones espurias, se verifica la condición de estacionariedad en cada una de las series temporales de las variables implicadas. Cuando los resultados de las pruebas evidencian la existencia de una raíz unitaria en las series consideradas, se realizan pruebas complementarias de cointegración por el método de dos etapas de Engle y Granger y mediante el método desarrollado por Johansen.

Para los propósitos señalados, este ensayo está estructurado en cuatro capítulos y una sección de anexos. En el primer capítulo se hace una revisión amplia de estudios previos relacionados con el actual problema de investigación, tratando de confrontar la congruencia de sus resultados y destacando aquellos aspectos en los cuales la evidencia no es contundente, lo que en últimas justifica nuevos ejercicios como el que acá se desarrolla.

En el segundo capítulo se explora la teoría del crecimiento endógeno y sus respuestas a la pregunta central de este estudio, sobre las relaciones de complementariedad entre la acumulación de capital humano, el comercio exterior y el crecimiento económico. En el tercer capítulo se presenta el análisis de los resultados del ejercicio econométrico propuesto. El cuarto capítulo está dedicado a conclusiones y al avance de algunas conjeturas y reflexiones sobre el significado de los resultados para el diseño de la política de desarrollo en Colombia.

1. Revisión de la literatura

Durante los últimos años los economistas han dedicado buena parte de su energía a estudiar, a nivel teórico y empírico, los determinantes del crecimiento económico de los países; dinámica que ha influido en los intereses académicos de los investigadores colombianos. En gran parte de los trabajos que se han realizado se ha considerado la acumulación de capital humano como un determinante clave del crecimiento económico, tanto en países desarrollados como en aquellos en vía de desarrollo. Algunos

estudios recientes en el ámbito internacional (Sacerdoti et. al, 1998; Kim y Kim, 1999; Fernández y Mauro, 2000) recogen evidencia de esta relación estableciendo claras diferencias sobre los factores que intervienen en ella.

Sacerdoti et. al (1998) analizan el impacto de la acumulación de capital humano en el crecimiento económico de África Occidental a través del enfoque de la contabilidad del crecimiento. Los autores consideran que la correlación positiva entre tasas de escolaridad y crecimiento, reportada por los estudios recientes, no puede ser interpretada como una evidencia de la contribución positiva del capital humano a dicho crecimiento, teniendo en cuenta que esa escolaridad ha estado pobremente correlacionada con la acumulación de capital humano.

Por lo anterior, consideran dos medidas alternativas de capital humano: el promedio de años de escolaridad de la fuerza de trabajo y el peso del salario como medida de la productividad laboral que resulta de una mayor educación. Encuentran un impacto poco significativo del capital humano así medido sobre el crecimiento, lo cual atribuyen a la inexistencia en esos países de lo que llaman "un ambiente favorable" para la aplicación productiva del talento desarrollado a través de la educación formal; es decir, en dichos países algunas actividades complementarias a la acumulación de capital humano no se han desarrollado en forma suficiente.

Por su parte Kim y Kim (1999) muestran que la educación, combinada con el comercio internacional, puede afectar positivamente y a largo plazo el crecimiento económico. La educación incrementa la habilidad de los trabajadores para adaptarse a nuevos trabajos; lo cual, sumado al comercio internacional, contribuye para que los trabajadores y la economía se especialicen en sectores con altas tasas de progreso tecnológico. Al respecto se cita como ejemplo el proceso vivido por las economías del Sudeste Asiático, las cuales experimentaron una orientación hacia afuera acompañada de fuertes aumentos de la escolaridad de su población, alta movilidad de la población trabajadora y un rápido crecimiento económico.

Para evaluar ese papel de la educación, Kim y Kim definen dos tipos de capital humano. Uno específico, que puede ser acumulado a través de la experiencia en el trabajo y con la ayuda de la educación escolar y sólo puede ser usado en una industria específica. El otro es general, puede ser acumulado a través de la educación escolar y es la base para la formación específica; es decir; es aquel que facilita la movilidad factorial.

Además de encontrar evidencia favorable a su hipótesis, Kim y Kim observan la posibilidad de equilibrios múltiples, incluyendo una situación de trampa de pobreza con baja educación y bajo crecimiento económico; especialmente cuando la liberalización del comercio se da en un contexto donde el capital humano general es sustancialmente bajo.

De otro lado, Fernández y Mauro (2000) estiman el impacto de la acumulación de capital humano en el crecimiento económico de España. Para ello recurren a una forma ampliada del modelo Solow-Swan alternativa a la propuesta por Mankiw, Romer y Weil (1992), en tanto el índice de capital humano utilizado en el estudio aparece como un factor multiplicado al número de trabajadores y, en consecuencia, la tasa de crecimiento de este capital es ponderada por la participación del trabajo en el producto de la economía española. De esta forma, a través de un análisis de contabilidad del crecimiento, se encuentra que entre 1978 y 1997 cerca de una tercera parte del crecimiento de esa economía puede ser atribuido a la acumulación de capital humano.

Entre los trabajos realizados en Colombia y orientados a la evaluación del capital humano como determinante del crecimiento económico se destaca el de Uribe (1993a), que profundiza en el análisis de la relación entre educación y crecimiento a partir de estudios de corte transversal para países. De manera específica, trata de encontrar explicaciones a los resultados de un estudio anterior (1993b) en el que observó, como hecho sorprendente, que la inversión en capital humano representada por los años de educación de la fuerza laboral, observa un efecto directo sobre el crecimiento de países con niveles de desarrollo superior o inferior

al colombiano, pero estadísticamente nulo para el grupo de países que en 1960 tenían un nivel de desarrollo similar al nuestro⁴.

Basado en la idea de complementariedades productivas, Uribe evalúa dos de las que parecen relevantes para entender el mecanismo a través del cuál la inversión en recursos humanos puede afectar al crecimiento. La primera es la complementariedad entre capital físico y capital humano; y la segunda es aquella existente entre la educación y el llamado cambio técnico, para el que se utiliza como una de las variables proxy a las exportaciones. El modelo estimado ofrece evidencia a favor de una sustituibilidad productiva entre la inversión en capital físico y la acumulación de capital humano.

De otro lado, los resultados econométricos sugieren que, efectivamente, la acumulación de capital humano interactúa con el cambio técnico y, en consecuencia, su contribución al crecimiento depende de un avance paralelo en la incorporación de tecnología. En concreto, esos resultados favorecen la hipótesis según la cuál, cuando los países alcanzan niveles de desarrollo similares al de Colombia, el sector exportador (que se supone es el mayor incorporador de cambio técnico) no puede ser más productivo que el resto de la economía sin utilizar trabajadores relativamente más educados.

Otros trabajos son los de Posada (1993), Cárdenas (1994) y González, Guzmán y Pachón (1999). En Posada (1993) se parte de un modelo con rendimientos crecientes y capital humano que considera la existencia de externalidades positivas de la acumulación de capital físico y humano, para estimar los determinantes del crecimiento económico colombiano con base en un modelo ARIMA (1,1,3)⁵. Según el mismo, el producto colombiano siguió durante 1944-1988 una evolución parcialmente determinada por su historia reciente y por los "shocks" exógenos

⁴ Uribe concluyó que las economías parecen moverse a través de regímenes de producción que responden a diferentes "masas críticas" de capital humano. Así; si bien en países de desarrollo medio - bajo la producción parecía estar restringida por el grado de educación de su fuerza laboral; en los países de desarrollo medio - alto (donde incluyó a Colombia) la educación evidenciaba estar generando una baja rentabilidad y lo que se requería era avanzar en otras áreas para crear nuevas necesidades de capital humano.

⁵ Esto debido a que se asumió un supuesto según el cuál el cambio técnico exógeno sigue un proceso estocástico autorregresivo de orden 1 y con error de media móvil de orden 3.

aleatorios, donde la cantidad y calidad de su fuerza de trabajo tuvieron alguna incidencia.

Al estimar el impacto directo del capital humano sobre el crecimiento, Posada encuentra un efecto pequeño pero no despreciable de su tasa de aumento, medido a través de la población matriculada en secundaria y universidad, sobre el ritmo de crecimiento del producto colombiano. Dada una elasticidad del producto al capital humano estimada de 0.2 y una tasa promedio de aumento de este capital del 7.8% entre 1944 y 1988, se concluye que el aporte del capital humano al crecimiento del producto en ese período fue aproximadamente 1.6% por año.

Sin embargo, como lo advierte Posada (1993), el coeficiente estimado de la tasa de crecimiento del capital humano presenta una oscilación entre 0.12 y 0.2, según el subperíodo muestral escogido, aunque siempre se muestra significativo; lo cual evidencia estimaciones poco robustas de la correlación parcial entre estas variables. Dichos resultados los relacionó en su momento con el hecho mencionado por Uribe, según lo cual la influencia de la educación en el crecimiento podría ser sensible a la presencia de otros factores de desarrollo que le son complementarios.

Por su parte Cárdenas (1994) realiza un trabajo econométrico con datos que comparan los departamentos del país (y no países, como en el caso de Uribe), con lo cual se reduce la incidencia que en los resultados de las estimaciones pueden tener la diversidad de factores culturales, étnicos y políticos, entre otros; prestando especial atención a la influencia del capital humano, la orientación del mercado y las condiciones políticas y sociales sobre el crecimiento.

Aunque incorpora en su análisis diferentes medidas de educación y acumulación de capital humano (analfabetismo, cobertura de educación primaria y secundaria, número promedio de años de escolaridad de la población mayor de 5 años), Cárdenas orienta su trabajo a la estimación del impacto directo del capital humano sobre el crecimiento y encuentra una clara relación positiva entre las variables de educación de la población y la dinámica del producto colombiano.

No obstante, esos resultados se muestran sensibles a pequeñas variaciones en la selección de los indicadores incluidos en las distintas ecuaciones estimadas. Para probar la sensibilidad de sus resultados, Cárdenas utiliza una variante del análisis de límite extremo de Leaner y encuentra que si bien la razón de analfabetismo ofrece unos resultados sólidos, no ocurre lo mismo con las demás variables de capital humano, las cuales arrojan estimaciones no consistentes en las distintas corridas econométricas.

González, Guzmán y Pachón (1999) realizan una medición para el caso colombiano de los retornos sociales del capital humano, entendidos como el "efecto externo" de que habla Lucas (1988). Los autores utilizan diferentes grados de calificación (capital humano) de la fuerza de trabajo y, en todos los casos, encuentran evidencia sobre la existencia de externalidades generadas por la acumulación de este capital, las cuales resultan mayores mientras más alto es el nivel de calificación considerado en la estimación.

En lo que tiene que ver con la relación entre el parámetro A de la función de producción y las variables de comercio exterior, el estudio reciente de GRECO (2002) ofrece evidencia empírica según la cual, utilizando pruebas de causalidad de Granger, se puede concluir que pudo haber causalidad tanto desde las exportaciones hacia el producto, explicada por sus efectos positivos sobre el parámetro A, como desde el producto hacia las exportaciones, en la medida en que eleva la oferta disponible o produce cambios en las ofertas relativas de factores que modifiquen las ventajas comparativas.

Por su parte Hallward-Driemeier et. al (2002), usando datos a nivel de firmas para cinco países del Este de Asia, encuentran que las firmas que exportan son más productivas. Los autores arguyen que los mercados de exportación conducen a las firmas a tomar decisiones orientadas al aumento de la productividad (inversión, entrenamiento, tecnología y selección de insumos) y no simplemente que las firmas más productivas son las que pueden exportar.

Sin embargo, un grupo importante de trabajos llega a conclusiones contrarias. Clerides et. al. (1996) evalúan el vínculo existente entre

exportaciones y productividad recurriendo a análisis de panel a nivel de firmas para las economías de Colombia, México y Marruecos. Encuentran que las firmas más eficientes son las que se inician en el proceso exportador y que sus costos unitarios no resultan afectados por su participación en los mercados externos; es decir, la evidencia no favorece la hipótesis del "aprendizaje exportador".⁶

Lo que si se observa es la presencia de un tipo especial de externalidades de las exportaciones. Los autores encuentran que la penetración de un mercado por parte de exportadores puede hacer más fácil que otras firmas de esa economía, antes orientadas al mercado doméstico, ingresen a ese mercado foráneo; esto vía un mejor conocimiento del mismo o la apertura hacia una política de promoción de exportaciones mejor orientada, más no a través de supuestas mejoras en la eficiencia.

Un ejercicio similar al anterior es desarrollado por Echavarría (2003) para Colombia. Inicialmente, en un análisis descriptivo que se realiza a partir de las tasas de crecimiento de las variables, se evalúa para los años ochenta y noventa si las firmas que exportaron al final del período fueron más dinámicas en los años anteriores, encontrándose evidencia de que aquellas que terminaron exportando en los ochenta innovaron más en el pasado, pero los resultados no fueron tan sólidos para el decenio de los noventa.

De igual forma, a través de ese análisis descriptivo se evaluó si existían diferencias en la dinámica de crecimiento entre las firmas que exportaban y las que no exportaban al comienzo del período. En este caso no se encontró evidencia de que las firmas innovaron más luego de exportar, ni en los ochenta ni en los noventa.

Posteriormente Echavarría recurre a un ejercicio más formal, similar al propuesto por Clerides et. al, en el que se plantea una firma exportadora que maximiza utilidades en un escenario de competencia monopolística y enfrenta costos hundidos en la actividad. El modelo propuesto argumenta que la probabilidad de exportar (variable dicótoma dependiente) es mayor cuando el

⁶ Bernard Y Jensen (1999) llegan a conclusiones similares en su estudio para la economía de los Estados Unidos.

exportador lo ha hecho en el pasado, esto dependiendo de ciertas variables de demanda (tasa de cambio real) y características específicas de la planta (tamaño, costos variables como proporción del producto).

A partir de este último tipo de análisis se encuentra evidencia según la cual las firmas exportaron porque innovaron en el pasado, y la innovación se dio tanto a nivel de los costos variables totales (materias primas y salarios) como de los costos de las materias primas consideradas aisladamente. De otro lado, al estimar una ecuación para evaluar los determinantes de la innovación, medida a través del comportamiento de los costos variables como proporción del producto, se concluye que no ha habido un proceso de aprendizaje a partir de las exportaciones, excepto para el caso de los sectores de químicos, los textiles y las confecciones.

De todos modos, en gran parte los trabajos orientados a explorar las relaciones entre la dinámica exportadora y el crecimiento económico (Clavijo, 1991 y 2003; Mesa, 1994) encuentran evidencia que favorece ésta relación. Entre estos se destaca el estudio de Mesa (1994) cuyo propósito central es confrontar, para la economía colombiana, la hipótesis que sugiere que el crecimiento de las exportaciones genera rendimientos crecientes de escala en los sectores relacionados y externalidades en los sectores no exportables. En este sentido Mesa aporta evidencia que favorece la hipótesis mencionada, encontrando que en su contribución al crecimiento económico los sectores exportables generan externalidad sobre los no exportables de 1.68%.

Finalmente, en lo que tiene que ver con el significado de la apertura para el crecimiento económico de los países, si bien Ades y Glaeser (1999) aportan evidencia según la cual esa liberalización solo ha aumentado la especialización de las economías en desarrollo en sectores de productos básicos, donde es limitado el aprendizaje, otros trabajos (Edwards, 1997; Weinhold y Rauch, 1997; Wacziarg y Welch, 2003; Berg y Krueger, 2003) llegan a conclusiones contrarias al encontrar que esa apertura ha favorecido la productividad y el crecimiento, tanto en países desarrollados como en desarrollo.

2. LA TEORÍA: el capital humano y el crecimiento

En sus versiones tradicionales los modelos neoclásicos parten en general de postular la existencia de una función de producción a dos factores -capital y trabajo- con rendimientos constantes a escala y rendimientos decrecientes de cada factor. Dichos modelos apuntan a demostrar que, en ausencia de progreso tecnológico, a largo plazo la tasa de crecimiento por habitante de una economía tenderá a cero.

Esta tendencia guarda relación con el carácter decreciente de la productividad marginal del capital. En efecto, tal supuesto implica que la acumulación de este factor traerá consigo la disminución de su rendimiento, desalentando la inversión real. A largo plazo, esta última alcanzará apenas para cubrir la depreciación del acervo de capital preexistente y para equipar a la nueva mano de obra que se vaya incorporando a la producción.

Se define así un estado de crecimiento estable (estado estacionario) en que el producto de la economía crece al ritmo de la población. Por contraste con este razonamiento básico, los modelos mencionados demuestran que para lograr un ritmo de crecimiento mayor, con el cual el producto por habitante aumente de forma sostenida, se requerirá un cambio tecnológico exógeno al sistema económico.

Tal exogeneidad supone que el cambio técnico se produce sin la intervención de los agentes económicos. Los nuevos modelos de crecimiento endógeno cuestionan dicha exogeneidad, al tiempo que el carácter decreciente de los rendimientos marginales de los factores acumulables, como el capital físico y el humano. Algunos de estos modelos postulan, por un lado, un marco de competencia imperfecta, que hace posible remunerar la innovación intencional de los agentes privados. Por otro lado, suponen que las externalidades provocadas por esas innovaciones evitan la convergencia de la tasa de crecimiento económico hacia la de la población.

Las motivaciones de la nueva teoría del crecimiento presentan entonces una doble faz. De un lado, pretenden romper con la versión tradicional de los modelos neoclásicos (Solow – Swan) en

la cual las tasas de crecimiento del producto y la población se ven forzadas a ser iguales en el estado estacionario. De otro lado, buscan endogenizar el cambio técnico, atando su evolución a una variable stock tal como el capital físico.

En el artículo seminal que dio inicio a la literatura del crecimiento endógeno⁷, Paul Romer (1986) eliminó la tendencia de los rendimientos decrecientes del capital mediante el supuesto de que el conocimiento era obtenido como un subproducto de la inversión en capital físico; fenómeno conocido como aprendizaje por la práctica (learning by doing) y fue planteado inicialmente por teóricos como Arrow y Levhari en los años sesenta del siglo XX, quienes afirmaron que el progreso técnico presentaba un comportamiento endógeno motivado por los efectos que genera sobre el mismo un mejor conocimiento de los hechos y el aprendizaje.

En coherencia con los planteamientos originales de Arrow, la idea de Romer es que cuando una empresa aumenta su stock de capital físico a través de la inversión, no solamente incrementa su propia producción sino que también lo hace con la producción de las empresas que la rodean, dado que los conocimientos adquiridos por la organización que realiza dicha inversión también pueden ser utilizados por las demás. Es decir, el rendimiento óptimo social del capital físico es mayor que su rendimiento privado, por lo cual el aumento en el stock de este factor genera las externalidades que hacen posible el crecimiento de la economía.

Sin embargo, la existencia de externalidades de capital físico como las que propone Romer pueden exigir condiciones que no son plenamente validadas por los datos (Sala – I – Martín, 1999). Para mostrar esto se parte de una función de producción que refleje las externalidades que se describieron (ecuación 1).

$$Y_t = A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha} \kappa_t^\eta \quad (1)$$

⁷ Cuyos desarrollos teóricos establecen una diferencia con la idea tradicional neoclásica al considerar que el crecimiento es un proceso endógeno al sistema económico. El cambio tecnológico y la actividad innovadora tienen lugar dentro del proceso de producción, como una respuesta propia de los agentes económicos a las señales de los precios.

Donde Y representa el producto de la economía, A es la tecnología, K es el stock de capital físico, L es el trabajo agregado y κ^η constituye la externalidad, siendo η un indicador de su importancia.

Romer considera a κ como el capital agregado de la economía, $\kappa = K$, dado que la inversión de cualquier empresa ayuda a mantener el stock de experiencia o conocimiento de todas las demás. Por su parte, Lucas (1988) asume que ésta es igual al

capital por persona, $\kappa = \frac{K}{L} = k$, en lugar del capital agregado.

Siguiendo a Lucas, la función de producción per cápita (y) y la tasa de crecimiento del stock de capital per cápita (k) quedarán expresadas en las ecuaciones 1a y 1b en forma respectiva⁸:

$$y = Ak^{\alpha + \eta} \quad (1a)$$

$$\frac{\dot{k}}{k} = sAk^{\alpha + \eta - 1} - (\delta_k + n) \quad (1b)$$

Con lo que el comportamiento de la economía estará dependiendo de si $\alpha + \eta$ es mayor, menor o igual que uno (1). Cuando esa suma es menor que uno, la economía se comporta igual que la del modelo Solow – Swan; cuando es mayor que uno el resultado es de escaso interés empírico, pues la economía tiende a presentar aumentos infinitos en su tasa de crecimiento o se aproxima a la extinción.

De otro lado, si esa suma es igual a uno, la función de producción de Romer se transforma en una función de tecnología AK. Sin embargo, para que esto ocurra, la externalidad debe tener un tamaño $\eta = 1 - \alpha$; es decir, debe ser igual a la participación del

⁸ Suponiendo una tasa de ahorro constante (s), una tasa de depreciación del capital (δ_k) y una tasa de crecimiento de la población (n).

trabajo en el producto de la economía, lo cual se considera poco razonable (Sala – I – Martin, 1999, 60).

Seguendo a Romer, la función de producción per cápita y la tasa de crecimiento del stock de capital per cápita serán:

$$y = Ak^{\alpha + \eta} L^{\eta} \quad (1c)$$

$$\frac{\dot{k}}{k} = sAk^{\alpha + \eta - 1} L^{\eta} - (\delta_k + n) \quad (1d)$$

Con lo que la tasa de crecimiento del capital per cápita y , en consecuencia, el crecimiento del producto per cápita estarán positivamente relacionadas con el tamaño de la población económicamente activa (predicción que se conoce como "*efecto de escala*"- Barro y Sala -I- Martin, 1995), lo cual no parece estar respaldado por los datos.

En general, el trabajo de los teóricos del crecimiento endógeno ha estado influido por el deseo de los economistas neoclásicos de retener la teoría de la distribución a partir de las productividades marginales en un contexto de competencia perfecta; lo cual exige suponer que los agentes se comportan como si existiesen rendimientos constantes de escala, pues de otra forma no se cumplirían las condiciones de segundo orden en la optimización dinámica y las reglas de distribución de la productividad marginal no tendrían sentido. Ello se ha reflejado en un trabajo empírico enfocado en la ampliación del modelo básico Solow – Swan incluyendo otro factor de producción, el capital humano, que podría explicar los cambios en la eficiencia y la tasa de progreso técnico (Mankiw, Romer y Weil, 1992).

Mankiw, Romer y Weil partieron del hecho según el cual la evidencia empírica sobre la hipótesis de convergencia indica que el modelo neoclásico es consistente con los datos estadísticos si la participación del capital en el producto se acerca a 0.7 o 0.8; por lo que vieron necesario considerar el capital en un sentido amplio que abarque otras formas no físicas, dado que las estimaciones empíricas sobre la participación del capital en los países industrializados muestran que ella está más próxima a 0.3.

El modelo que proponen estos autores incluye, entonces, tres factores de producción (Y): capital (K), trabajo en el sentido convencional (L) y capital humano (h), en una tecnología Cobb – Douglas (ecuación 2).

$$Y_t = B_t K_t^\varepsilon h_t^\eta L_t^{1-\varepsilon-\eta} \quad (2)$$

Donde ε , η y $1-\varepsilon-\eta$ corresponden en forma respectiva a las elasticidades del producto al capital físico, el capital humano y el trabajo. Siempre que $0 < \varepsilon, \eta < 1$, esa función cumple con las condiciones planteadas en el modelo de crecimiento neoclásico; es decir, presenta rendimientos constantes a escala y productividad marginal positiva pero decreciente en los factores.

Mankiw, Romer y Weil supusieron además que tanto el capital físico como el humano se pueden acumular destinando una parte del producto para ello. Al igual que en el modelo Solow – Swan, esa fracción de producto que se ahorra (s) y se invierte en este tipo de capitales se determina de manera exógena. Entonces, el capital en sentido amplio crece de la manera expresada en la ecuación 2a.

$$\dot{K} + \dot{h} = sY - \delta_K K - \delta_h h$$

$$\dot{K} + \dot{h} = s(BK^\varepsilon h^\eta L^{1-\varepsilon-\eta}) - \delta_K K - \delta_h h \quad (2a)$$

En esta ecuación δ_K y δ_h son las tasas de depreciación del capital físico y el humano, en forma respectiva. Se debe tener en cuenta que, como las empresas maximizan, van a competir por el capital físico y el capital humano hasta que el producto marginal de ambos se iguale; de esta forma,

$$\frac{\partial Y}{\partial K} = \frac{\partial Y}{\partial h}$$

Por lo que,

$$\varepsilon \frac{1}{K} = \eta \frac{1}{h}$$

Que equivale a,

$$h = \frac{\eta}{\varepsilon} K \quad (2b)$$

La ecuación 2b indica que en todo momento la cantidad de capital humano tiende a ser proporcional a la del capital físico. Si se sustituye la ecuación 2b en la 2 se obtendrá una función de producción similar al modelo neoclásico básico (ecuación 2c). Es decir, se encuentra que el modelo Solow – Swan ampliado para incorporar el capital humano es solo una forma de argumentar que la participación del capital relevante ($\alpha = \varepsilon + \eta$) es mucho mayor que la del capital físico. En otros términos, el procedimiento utilizado por Mankiw y sus colegas es una forma de sustentar que la participación del capital relevante está más próxima a 0.8 que a 0.3.

$$Y_t = A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha} \quad (2c)$$

Con:

$$A = B \left(\frac{\eta}{\varepsilon} \right)^\eta$$

En contraste con lo anterior, y a partir del trabajo pionero de Paul Romer, es posible identificar distintos enfoques de investigación en la línea de crecimiento endógeno que abandonan la perspectiva de los rendimientos constantes de escala, los cuáles no resultan excluyentes. De un lado, unos fundamentan la presencia de un sector de Investigación y Desarrollo que constituye la fuente del proceso de innovación y, por tanto, del incremento en la productividad total (Romer, 1991; Grossman y Helpman, 1995). De otro lado, otros hacen eje en la acumulación de factores que,

al generar efectos derrame en la producción, compensa los rendimientos marginales decrecientes en el capital físico (Romer, 1986; Lucas, 1988; Young, 1991).

En los modelos que destacan las externalidades por acumulación de factores, el cambio en la productividad total de los factores no se produce por efecto de la innovación en sentido estricto⁹. En ellos la experiencia y el aprendizaje, la transferencia de conocimientos por la incorporación de capital físico y/o la educación formal son motivos suficientes para generar derrames que desencadenen en un proceso de crecimiento sostenido en la economía.

Entre estos resulta interesante el trabajo de Lucas (1988) donde plantea la existencia de externalidades a partir de la acumulación de capital humano, que refuerzan la productividad del capital físico y hacen crecer la economía en forma sostenida. Una acumulación que se da en dos formas posibles, como resultado de un proceso de aprendizaje en la firma o "learning by doing" ó como el producto de la educación formal de la persona.

Lucas comienza por considerar un motor de crecimiento alternativo, o al menos complementario, al cambio tecnológico, como es el capital humano, y desarrolla dos modelos; uno que hace énfasis en la acumulación de capital humano a través de la escuela y otro que se centra en la especialización que se adquiere a través del aprendizaje. Para fines de este estudio se recurre al primero de ellos.

Se asume que el capital humano de una persona equivale a su nivel de calificación¹⁰ y se representa como h . Si se define el

⁹ De hecho estos modelos asumen como dado el nivel de tecnología, dado que ello resulta una condición necesaria para conservar las condiciones de competencia perfecta. En modelos como el de Romer (1991), donde el crecimiento autosostenido es el resultado de actividades deliberadas de Investigación y Desarrollo, es necesario suponer competencia monopólica.

¹⁰ En los años cincuenta del siglo XX, los economistas de la escuela de Chicago introdujeron el concepto de capital humano, para describir el hecho de que el cuerpo humano podía aumentar su capacidad productiva a base de realizar inversiones. Se ha considerado que, para niveles bajos de ingreso, la mejor inversión que se puede hacer para mejorar la productividad de las personas es la inversión en salud y nutrición; y que, a medida que el ingreso per cápita crece, la inversión más importante es la educación. En cualquier caso, acá se hará énfasis en la educación como forma de acumulación de capital humano.

número total de trabajadores como L y $L(h)$ los trabajadores con nivel de calificación h , donde h varía en un rango de de cero (0) a infinito (∞), entonces:

$$L = \int_0^{\infty} L(h) dh$$

Si los trabajadores con nivel de calificación h dedican la fracción $u(h)$ de su tiempo de no ocio a la producción de bienes y servicios y el resto ($1 - u(h)$) a la acumulación de capital humano, la fuerza de trabajo efectivamente utilizada en la producción de bienes y servicios (L^e) se define como:

$$L^e = \int_0^{\infty} u(h) L(h) h dh$$

Lucas considera dos efectos del capital humano. Un efecto interno, que corresponde al impacto que su acumulación tiene sobre la productividad de la persona; y un efecto externo, relacionado con la contribución que tiene sobre la productividad de los demás factores de la producción. Ese efecto externo se define como el nivel promedio de calificación de la fuerza de trabajo (h_a) o capital humano:

$$h_a = \frac{\int_0^{\infty} h L(h) dh}{\int_0^{\infty} L(h) dh}$$

Ahora, si todos los trabajadores poseen el mismo nivel de calificación h y asignan una proporción igual de su tiempo " u " a la producción de bienes y servicios, entonces la fuerza de trabajo efectivamente utilizada es $L^e = u h L$ y el nivel promedio de calificación h_a es igual a h . Sin embargo, y siguiendo a Lucas, se mantiene la notación h_a para enfatizar en la distinción entre los efectos internos y externos. De este modo, teniendo en cuenta esas externalidades del capital humano, se puede plantear la siguiente función de producción con rendimientos crecientes para

el conjunto de factores rivales y no rivales, pero constantes respecto a los factores rivales K , L y el efecto interno de la acumulación de capital humano¹¹ (ecuación 3).

$$Y_t = A_t K_t^\alpha [u_t h_t L_t]^{1-\alpha} h_{at}^\Psi \quad (3)$$

Con, $0 < \alpha, \Psi < 1$

En esa función el término h_{at}^Ψ intenta capturar los efectos externos del capital humano y el cambio técnico se supone neutral en el sentido de Hicks¹².

Muchos economistas han asociado el origen del factor A con el efecto del avance en el conocimiento. Otros ven en ese factor la representación de las mejoras en la productividad debido a: la presencia de externalidades productivas, la explotación de economías de escala, el aprendizaje por la práctica y el desbordamiento del conocimiento (Uribe, 1993). A partir de ese concepto amplio de cambio técnico es posible asociar dicho factor

¹¹ La noción de externalidad es una innovación teórica que permite considerar la presencia de retornos crecientes en la industria o en la economía, más no en la firma (Romer, 1989b). A su vez, la existencia de externalidades hace que la solución de competencia no sea generalmente un óptimo de Pareto (ver anexo A); por lo que en estos modelos tiende a ser necesario el rol del gobierno, básicamente subsidiando las actividades en donde se originan esas externalidades (Barro y Sala-i-Martin, 1995). Esto pues, en condiciones de competencia perfecta, sólo es posible remunerar a los factores rivales. En general, si $G(Z, X)$ representa un proceso de producción que depende de factores rivales X y factores no rivales Z , por un argumento de reproducción se puede establecer que $G(Z, EX) = EG(Z, X)$, siendo G homogénea de grado uno. Pero si Z es también productivo (si dedicando recursos adicionales a acumular Z se logra mayor producción con el mismo nivel de X), entonces G no es una función de producción cóncava porque $G(EZ, EX) > EG(Z, X)$ y las firmas no podrían pagar a todos los factores el valor de su producto marginal: dado que $G(Z, X) = X(\partial G/\partial X)$, entonces $G(Z, X) < Z(\partial G/\partial Z) + X(\partial G/\partial X)$.

¹² Una condición necesaria para la existencia del estado estacionario en una economía con progreso técnico neutral es que este lo sea en el sentido de Harrod, es decir, potenciador de trabajo (Barro y Sala-i-Martin, 1995). Sin embargo, en funciones de producción tipo Cobb-Douglas, las dos formas de cambio técnico son equivalentes (Sala-i-Martin, 1999):

$$\begin{aligned} Y(K, AL) &= K^\alpha (AL)^{1-\alpha} = K^\alpha e^{\chi_t(1-\alpha)t} L^{1-\alpha} \\ &= e^{\chi_t(1-\alpha)t} K^\alpha L^{1-\alpha} = BK^\alpha L^{1-\alpha} \end{aligned}$$

Donde $B = e^{\chi_t(1-\alpha)t}$ y, por tanto, $\chi_B = (1-\alpha)\chi_A$

con las relaciones de complementariedad entre el capital humano y el cambio técnico. Como lo proponen las teorías del capital humano y el crecimiento endógeno, el nivel de educación de la población define en gran medida el ritmo al cual una economía puede explotar las posibilidades del avance tecnológico. Igual, el progreso técnico afecta la demanda por educación y la contribución que esta última hace al crecimiento económico.

De otro lado, existen razones teóricas para asociar ese concepto amplio de cambio técnico con las variables de comercio exterior (Uribe, 1993 y Mesa, 1994). De un lado, el comercio exterior propicia la explotación de economías de escala; de otro lado, el intercambio comercial con el resto del mundo genera presiones hacia la innovación; y, finalmente, las economías abiertas pueden llegar a mejorar su eficiencia en el proceso de asignación de recursos, a medida que generan ventajas competitivas en algunos sectores productivos y se acomodan a las ventajas comparativas estáticas en otros.

A partir de lo anterior se puede descomponer el factor tecnológico (A) en dos partes, una exógena (A_0) cuyo nivel se asume dado y otra endógena, esta última dependiendo de las interacciones que se presentan entre el capital humano y el cambio técnico¹³. Si para el caso, y como se ha venido señalando, se mide el cambio técnico a través de las variables de comercio exterior (X), se puede definir al factor A como:

$$A = A_0 [X_t h_t]^\lambda \quad (4)$$

Si se reemplaza 4 en 3, se obtiene:

$$Y_t = A_0 [X_t h_t]^\lambda K_t^\alpha [u_t h_t L_t]^{1-\alpha} h_{a,t}^\psi$$

¹³ De ésta forma se establece una diferencia con el modelo original de Lucas, al combinarse acumulación de capital humano como fruto de un proceso de aprendizaje y como producto de la educación formal de la persona. Sin embargo, el modelo propuesto se comporta, en el largo plazo, de manera similar a como lo hace el planteado originalmente por Lucas (ver anexo A).

$$Y_t = A_0 X_t^\lambda K_t^\alpha [u_t L_t]^{1-\alpha} h_t^{1-\alpha+\lambda} h_{at}^\Psi \quad (5)$$

Al igual que en el modelo AK propuesto inicialmente por Sergio Rebelo en la nueva literatura sobre el crecimiento endógeno, en el modelo de Lucas se considera que el capital humano es susceptible de ser acumulado; sin embargo, la diferencia está en observar que el capital físico y el humano son bienes distintos, producidos con tecnologías distintas. De esta forma, la función de producción anterior está sustentada en un modelo de dos sectores con crecimiento endógeno. En uno de los sectores, la producción final se obtiene combinando una serie de factores entre los que se cuentan el capital físico y humano. Ese producto final puede ser consumido (C) o transformado en capital físico, por lo que se puede representar la función de acumulación de la economía como aparece en la ecuación 6.

$$\dot{K}_t = A_0 X_t^\lambda K_t^\alpha [u_t L_t]^{1-\alpha} h_t^{1-\alpha+\lambda} h_{at}^\Psi - C_t - \delta_k K_t \quad (6)$$

En el otro sector, la producción y acumulación de capital humano de la economía ($H = h$. L , dado que se supone que todos los trabajadores tienen el mismo nivel de calificación) se hace a partir de capital humano¹⁴ (ecuación 7):

$$\dot{H}_t = \phi H_t (1 - u_t) - \delta_h H_t \quad (7)$$

Donde $\phi > 0$ es un parámetro tecnológico.

Las ecuaciones en términos per cápita del producto (y) y la tasa de crecimiento del stock de capital físico (k) se presentan en las ecuaciones 8 y 9 respectivamente.

$$y_t = A_0 X_t^\lambda k_t^\alpha u_t^{1-\alpha} h_t^{1-\alpha+\lambda} h_{at}^\Psi \quad (8)$$

¹⁴ En la economía laboral se supone que la educación es más intensiva en capital humano. Lucas lleva esta condición al extremo y supone que en el proceso educativo únicamente se utiliza capital humano como insumo.

$$\frac{\dot{k}}{k} = A_0 X_t^\lambda k_t^{\alpha-1} u_t^{1-\alpha} h_t^{1-\alpha+\lambda} h_{at}^\Psi - \frac{c}{k} - (\delta_k + n) \quad (9)$$

Donde c es el consumo per -cápita y n la tasa de crecimiento de la población.

De esta forma, la tasa de crecimiento del capital per cápita y, con ello, la tasa de crecimiento del producto per cápita de la economía, estarán relacionadas de manera positiva con la acumulación de capital humano, lo cual es coherente con la evidencia aportada en diferentes estudios a nivel nacional e internacional.

Entonces, la función de producción propuesta permite estimar los impactos directos (internos) e indirectos (externos) del capital humano sobre el crecimiento económico colombiano. Con ella se espera obtener un resultado más robusto y un impacto más significativo de la acumulación del capital humano sobre el crecimiento de la economía colombiana; además, una aproximación a la incidencia de la apertura y la mayor internacionalización de la economía sobre el rendimiento de la educación.

Como hipótesis de trabajo se plantea que en Colombia la contribución de la educación y la acumulación de capital humano al crecimiento económico, ha estado mediada en gran parte por las condiciones de su demanda; es decir, por el desarrollo de sectores productivos que, como el exportador, incorporan el cambio técnico que propicia una interacción creciente con los trabajadores calificados.

De manera tradicional, se espera que esa mediación se haya visto fortalecida con el proceso de apertura económica de los noventa. Al respecto, en los modelos de crecimiento endógeno un proceso

de apertura económica puede producir tanto efectos de nivel, cambios en las asignaciones sectoriales y en la especialización de la economía, como de crecimiento, ligados a su incidencia sobre la innovación o la acumulación de factores. En general, se reconoce que los efectos pueden variar según la situación de cada país, previa a la apertura, y los supuestos que se adopten sobre grados de difusión tecnológica a nivel internacional.

En el caso del comercio entre países tecnológicamente similares, la apertura generará efectos de crecimiento en la medida que exista libre circulación de ideas, lo cual evitará efectos redundantes en materia de investigación y desarrollo a nivel local. Si no existe libre flujo de ideas, el comercio no afectará la tasa de crecimiento si los nuevos bienes importados no permiten incorporar el conocimiento corporizado en ellos.

Cuando la apertura tiene lugar entre países con tecnologías diferentes, los efectos estarán ligados a la fuerza directriz del progreso tecnológico y la importancia relativa de los derrames de conocimiento a nivel internacional y doméstico (Grossman y Helpman, 1995). Si se asume un proceso *learning by doing* en que las empresas aprenden a través de la experiencia de otros productores domésticos, más que de las firmas localizadas en el exterior, el conocimiento de un país se desarrollará en función de su actividad productiva local. En este caso una ventaja comparativa se irá auto reforzando y generando mayores tasas de crecimiento.

Si se consideran rendimientos decrecientes en los procesos *learning by doing*, de la forma señalada por Young (1991), que hacen que los mismos lleguen a agotarse en los distintos sectores después de un tiempo, entonces algunos de esos sectores podrán presentar mayores niveles de progreso tecnológico respecto a los otros. Por tanto ante un proceso de apertura, el país que ha adquirido una ventaja comparativa en sectores tecnológicamente más dinámicos (en los que el proceso de aprendizaje se mantiene) tenderá a especializarse en dicho sectores y a reforzar su tasa de crecimiento, que será mayor que la de los países más atrasados

tecnológicamente. Entonces no hay ninguna seguridad de que éstos últimos alcancen ganancias a partir de la apertura.

En relación con lo anterior Ades y Glaeser (1999) consideran que la apertura puede causar una especialización en sectores de productos básicos, donde es limitado el aprendizaje, en los países menos desarrollados; mientras que una especialización en productos avanzados, en los que tiene lugar un mayor aprendizaje, en los países desarrollados. En su trabajo los autores citados presentan evidencia empírica que favorece su hipótesis; específicamente encuentran que la apertura sólo aumenta la especialización de las economías en desarrollo, en tanto las economías desarrolladas tienden a aumentar el rango de productos exportados.

En general, la teoría del crecimiento endógeno reconoce que, en un mundo de diferencias tecnológicas entre países, los efectos de la apertura económica sobre el crecimiento pueden ser asimétricos. De esta forma la dirección de la relación apertura - crecimiento es una pregunta abierta para la investigación empírica más que una teoría dada; y uno de los puntos clave es observar cuáles son los factores que pueden contribuir a generar derrames tecnológicos a favor de los países menos desarrollados. Lucas (1988) y Grossman y Helpman (1995) consideran fundamental la capacidad doméstica de absorción de esos derrames, a través de la disponibilidad de capital humano.

3. El crecimiento económico colombiano en la segunda mitad el siglo xx.

En esta parte se procede a estimar un modelo como el de la ecuación 5. Después de realizar un examen de las diferentes especificaciones probables de dicho modelo se optó por una transformación logarítmica de todas las variables; con lo que LPIB, LEXMN, LCOME, LKF, LKH y LPEA, representan el logaritmo de las series originales del PIB, las exportaciones menores, la suma de exportaciones e importaciones como proporción del PIB, el stock de capital físico medido a través de la formación bruta de capital fijo, el capital humano medido a través de los años promedio de educación de la población y la población económicamente activa.

Esta transformación no solamente resulta la mejor sino que también permite controlar la varianza de las variables y obtener directamente las elasticidades.

Cuadro 1. Ecuaciones de cointegración*.

Variable	Ecuación 1	Ecuación 2	Ecuación 3	Ecuación 4
Constante	14.85797 (5.975488)	12.77621 (18.37663)	3.794744 (4.065475)	12.79720 (18.62945)
LEXMN	0.058712 (5.337257)	0.063450 (6.650640)		0.064401 (6.817233)
LCOME			-0.035255 (-0.499560)	
LKF	0.675910 (3.127107)	0.495767 (7.800096)	0.537373 (6.178676)	0.495842 (7.897368)
LKH	0.965555 (4.940417)	0.847415 (6.030384)	1.166114 (6.89114)	0.815747 (5.806343)
LPEA	-0.292648 (-0.872205)			
Apertura				0.023416 (1.462890)
R ² ajustado	0.996195	0.996215	0.993741	0.996306
Durbin-Watson	0.943488	0.995373	0.142256	1.061621

*Los valores entre paréntesis corresponden a los estadísticos t.

Se utilizó la prueba Dickey – Fuller aumentada (ADF) para explorar la existencia de raíces unitarias en las series de las variables en logaritmos y se constató que todas eran integradas de orden uno. Por lo anterior se recurrió al método de dos etapas de Engle y Granger: primero se estima la ecuación de cointegración por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) y, una vez se encuentra evidencia de cointegración, se estima un modelo de corrección de errores (MCE), en el que se incluyen los residuos de la ecuación de cointegración en lugar de los términos en niveles de las variables que entran en ella. En esta forma la imposición de la restricción dada por la ecuación de cointegración sobre el modelo de corrección de errores expresa la introducción del impacto de la relación teórica de equilibrio de largo plazo sobre el modelo dinámico de corto plazo.

Inicialmente se estimó la ecuación de cointegración 1 que aparece en el cuadro 1. En este caso no se encontraron evidencias de cointegración, dado que en la prueba ADF para los residuales de esa regresión se comprobó la existencia de una raíz unitaria en las mismas, y el coeficiente de LPEA resultó estadísticamente poco significativo y con un signo diferente al esperado desde la teoría¹⁵. Algo similar se presentó al recurrir a LCOME como variable alternativa de comercio exterior.

Ante ello se optó por estimar las ecuaciones de cointegración 2 y 3 en las que se excluye la variable LPEA. En la ecuación 3 el coeficiente estimado de LCOME es poco significativo y su signo es diferente al esperado; adicionalmente no se encuentran evidencias de cointegración entre las variables incluidas, dada la presencia de raíz unitaria en los residuales y el valor del Durbin-Watson comparado con el coeficiente de determinación, lo cual sugiere la existencia una relación de carácter espurio.

Por el contrario, en la ecuación 2 los coeficientes estimados son significativos y su signo corresponde a lo esperado desde la teoría. Además, existe evidencia de cointegración entre las variables implicadas. De un lado, el estadístico ADF de sus residuales resultó mayor al valor crítico calculado a partir de las tablas de Mackinnon para un nivel de significancia de 0.10; de otro lado, el Durbin-Watson de esta regresión de cointegración (CRDW=0.995) es superior a los valores críticos 0.511 (al 1%), 0.386 (al 5%) y 0.322 (al 10%) suministrados por Sargan y Bhargava¹⁶. Finalmente, la prueba de cointegración de Johansen suma evidencia para concluir que entre las series LPIB LEXMN LKF LKH hay una ecuación de cointegración con un nivel de significancia del 5% (Anexo A).

A partir de estos resultados, la elasticidad del producto al capital fijo estimada ($\alpha = 0.49$) resulta mayor que el de otros estudios en los ámbitos nacional e internacional. En Greco (2002) se partió del

¹⁵ Gonzalez et. al. (1999) estiman igualmente una elasticidad negativa del producto a la fuerza laboral que tiene menos de seis (6) años de educación.

¹⁶ Otro síntoma de cointegración es la presencia de un R^2 alto acompañado de valores no muy bajos (de acuerdo con la prueba de Sargan y Bhargava) del estadístico Durbin-Watson.

modelo Solow - Swan para realizar distintos ejercicios de cointegración buscando establecer las relaciones de largo plazo y, cuando no se encontró cointegración en ciertos períodos, se realizaron ejercicios por mínimos cuadrados restringidos entre las primeras diferencias de las variables. Entre 1925 y 1981 se observó cointegración y la elasticidad estimada del producto al capital fue 0.4202. De otro lado, para el período 1950-1994 se estimó una elasticidad de 0.4080 a través de mínimos cuadrados restringidos.

Por su parte González et. al. (1999) estimaron elasticidades del producto al capital que fluctúan entre 0.25 y 0.37, dependiendo de la medida utilizada de calificación de la mano de obra en la estimación de su modelo y siendo ésta más alta mientras mayor el número de años de estudio considerados como criterio de calificación. Finalmente, Sánchez et. al. (1996) estimaron un α de 0.42 entre 1950-1970 y de 0.30 entre 1970-1994.

De otro lado, algunas estimaciones internacionales de esta sensibilidad del producto al capital son referenciadas por Greco (2002), las cuales se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2: Algunas estimaciones de la elasticidad del producto al capital físico

<i>América Latina</i>	<i>Mundial</i>	<i>Mundial</i>	<i>Asia</i>
Rincón (1998)	Mankiw et. al. (1991)	Crafs (1999)	
1960 - 1990	1960 - 1989	1950 - 1996	
Panel 18 países (incluye a Colombia)	95 países no petroleros (incluye a Colombia)	Enfoque de contabilidad del crecimiento	
$\alpha=0.246$	$\alpha=0.31$	$\alpha=0.35$	$\alpha=0.35$

Fuente: GRECO (2002)

Como se esperaba, la elasticidad del producto al capital humano estimada (0.85) es mucho más elevada que la obtenida en otros

estudios como el de Posada (1993), en donde se calculó una elasticidad de 0.2, pero bastante cercana a las estimaciones de González et. al. (1996). A diferencia de Posada y en correspondencia con la propuesta de este estudio, el trabajo de González et. al. tiene en cuenta los efectos interno y externo del capital humano; de esta forma se registra una elasticidad del producto respecto a la mano de obra calificada que fluctúa entre 0.77 y 0.84 dependiendo de las diferentes medidas de calificación que se consideren, opciones que van desde más de seis años de estudio hasta más de 16 años.

Se recurrió a la prueba de Wald para confrontar la hipótesis nula de suma igual a uno (1) en los coeficientes asociados a las variables incluidas en la ecuación de cointegración 2 y, a través de ella, se obtuvo una Chi – cuadrado ($\chi^2 = 25.23691$) y una probabilidad (0.000001) que permiten rechazar dicha hipótesis; por lo cual resulta plausible considerar que la función de producción base de la estimación presenta rendimientos crecientes para el conjunto de factores de producción rivales y no rivales.

A partir de la elasticidades estimadas se obtiene un valor del efecto externo del capital humano $\psi = 0.28^{17}$, el cual coincide con el calculado por González et. al. cuando el criterio de calificación de la mano de obra es más de 16 años de estudio, caso en el que el efecto externo encontrado en dicho trabajo es mayor.

Para establecer las relaciones de corto plazo y la dinámica hacia el equilibrio, se estimó un primer modelo de corrección de errores (MCE) en el que se incluyeron como regresores los residuos de la ecuación de cointegración 2 rezagados un período. El coeficiente de estos residuos resultó negativo y estadísticamente significativo, lo cual es una nueva evidencia en favor de la hipótesis de cointegración, y las únicas variables que presentaron efectos de corto plazo en la evolución del producto de la economía colombiana fueron el capital humano y el PIB del período anterior; sin embargo, este modelo no cumplió los supuestos de normalidad y presentó correlación serial.

Se estimó una segunda versión del MCE (cuadro 3) que, además de observar un coeficiente negativo y estadísticamente

¹⁷ Para el cálculo se tuvo en cuenta que la elasticidad del producto al capital humano, el coeficiente de LKH, es $\beta_h = 1 - \alpha + \lambda + \psi$

significativo asociado a los residuos de la ecuación de cointegración, presenta un mayor ajuste, un buen nivel de significancia en lo demás coeficientes estimados, cumple los supuestos de normalidad y homocedasticidad y no presenta correlación serial. Sin embargo, arroja un coeficiente negativo asociado al impacto de corto plazo del stock de capital físico rezagado un período.

Cuadro 3. Modelo de corrección de errores, ecuación de cointegración 2

Variable*	Coeficiente	Error estándar	t-estadístico	Probabilidad
DLKF	1.262029	0.335793	3.758350	0.0005
DLKF(-1)	-1.011712	0.305526	-3.311382	0.0019
DLKH(-1)	0.563881	0.210631	2.677100	0.0105
DLPIB(-1)	0.478976	0.140205	3.416242	0.0014
RES2(-1)	-0.153319	0.069128	-2.217907	0.0319
R ²	0.428045			
R ² ajustado	0.374839			
Error estándar	0.016306			
Durbin-Watson	1.858644			

*D indica que las variables están en primera diferencia.

Según este MCE la dinámica del ajuste hacia el equilibrio es moderada y cercana al 15%. Es decir, que 0.1533 de la desviación del PIB respecto a su nivel de equilibrio de largo plazo tiende a ser corregido cada año. Así mismo, el stock de capital físico, el capital humano y el mismo PIB rezagado están teniendo efectos de corto plazo sobre la evolución del producto.

En general, un análisis impulso – respuesta (gráfico 1) refleja estos resultados en términos de relaciones de corto y largo plazo. Si bien una innovación en las exportaciones no tradicionales no

parece tener efectos de corto plazo, pues LPIB tiende a reaccionar después de dos períodos, su impacto es duradero en el tiempo y solo comienza a debilitarse a partir del período 14. Al contrario, el impacto de una innovación en el stock de capital, si bien provoca una reacción inmediata y significativa de LPIB, se estabiliza en forma rápida. De otro lado, las innovaciones en el capital humano tienen efectos rápidos y duraderos sobre el PIB.

Lo anterior se constata igualmente a través del análisis de descomposición de varianza (gráfico 2). Según este la incidencia del stock de capital físico en la varianza de LPIB es muy fuerte en los primeros períodos, pero se diluye de manera precipitada. Por su parte, la incidencia del capital humano, que es al inicio reducida, se fortalece rápidamente y luego se estabiliza. A su vez, la importancia de las exportaciones menores en la varianza de LPIB es creciente en el tiempo.

Gráfico 1: análisis impulso-respuesta para el crecimiento económico colombiano.

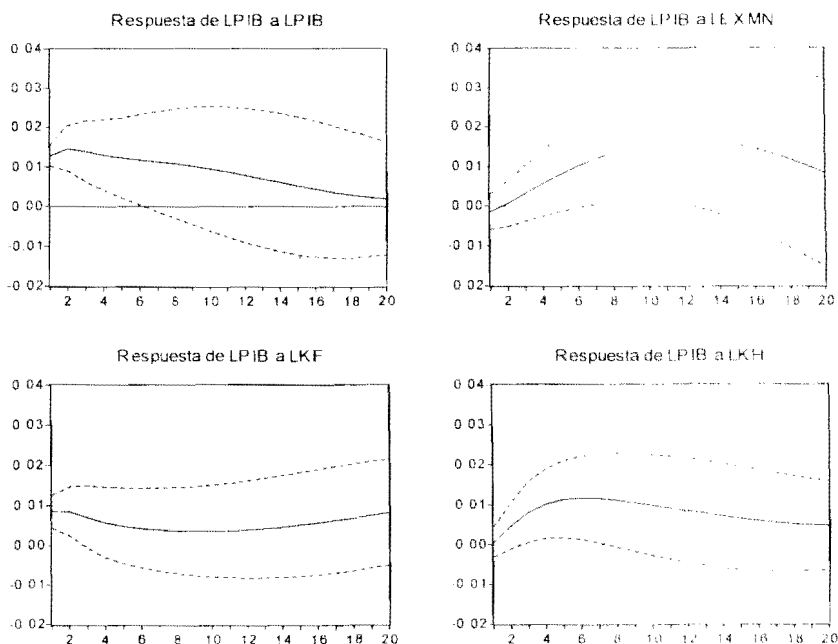
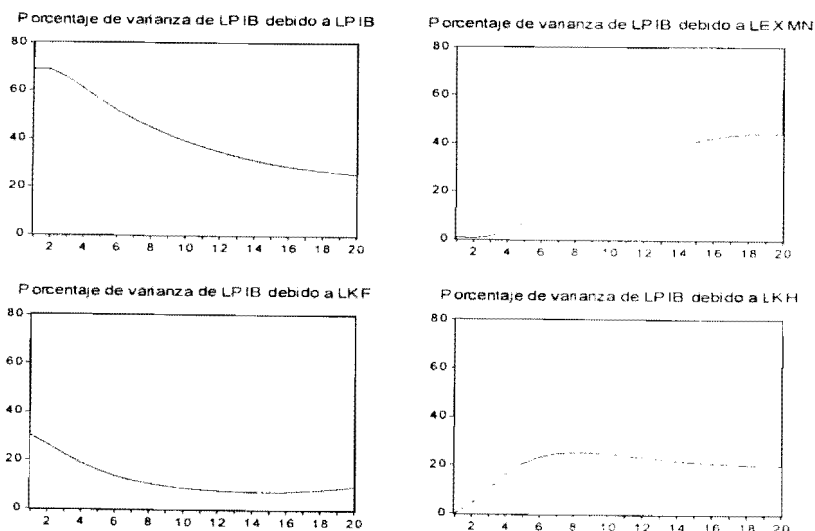


Gráfico 2: análisis de descomposición de la varianza del logaritmo del PIB.



Finalmente, las pruebas de causalidad de Granger¹⁸ (Anexo B) plantean algunas situaciones interesantes. En primer lugar, se evidencia causalidad tipo Granger desde el logaritmo de las exportaciones hacia el logaritmo del PIB y del capital humano y desde este último hacia el capital físico. En segundo lugar, se observa causalidad en ambos sentidos entre los logaritmos del capital humano y el PIB y, finalmente, los logaritmos del capital físico y el PIB parecen ser dos procesos contemporáneos. Al respecto cabe resaltar que el estudio de GRECO (2002) concluyó que pudo haber causalidad tipo Granger en ambas direcciones entre el logaritmo de las exportaciones colombianas totales y el logaritmo de su producto.

Buscando evidencias sobre el significado que ha tenido el proceso de apertura y el proceso de reformas complementarias en el crecimiento económico colombiano y tratando de evaluar el nivel de sensibilidad de los coeficientes estimados en la regresión de cointegración, se incluyó una variable categórica de apertura que tomó el valor de uno a partir de 1990 (cuadro 1, ecuación de

¹⁸ Estas pruebas hacen referencia al sentido limitado de "precedencia", es decir, determinar si A precede a B, B precede a A o bien son contemporáneos; y se basan en la premisa de que el futuro no puede provocar el presente ni mucho menos el pasado (Maddala, 1996).

cointegración 4). Aunque el valor absoluto del estadístico ADF (-4.309706) de sus residuales resultó ligeramente menor al valor crítico (4.35195) calculado a partir de las tablas de Mackinnon para un nivel de significancia de 0.10, el Durbin-Watson de esta regresión de cointegración (CRDW=1.061621) es superior a los valores críticos suministrados por Sargan y Bhargava, y el R^2 es bastante alto. De manera complementaria, al estimar el MCE con los residuales rezagados como un regresor, el coeficiente asociado a estos últimos es negativo y significativo. Por lo anterior, se puede rechazar la hipótesis de no cointegración.

A pesar de que el coeficiente de la variable apertura no resultó estadísticamente significativo, lo cual impide concluir sobre los alcances de la apertura en el crecimiento económico colombiano a través del fortalecimiento de la interacción entre capital humano y cambio técnico, el ejercicio sirve para constatar estabilidad en los demás coeficientes estimados, pues ninguno de ellos cambió en forma importante y todos conservaron su signo y significancia estadística. De igual forma, el efecto externo estimado del capital humano ($\psi = 0.25$) no sufrió una variación notable.

Algo similar se puede decir de los efectos de corto plazo estimados a partir de MCE. Dicho modelo (Anexo C) cumple con los supuestos de normalidad y homocedasticidad y no presenta correlación serial. Las variables que tienen impactos de corto plazo y los coeficientes asociados a las mismas no presentan variaciones significativas y, quizás el cambio más notable, en la dinámica de ajuste hacia el equilibrio se observa un leve aumento acercándose al 22%.

4. Conclusiones, conjeturas y reflexiones finales

El hilo conductor de este trabajo es la relación entre acumulación de capital humano y crecimiento económico en Colombia. Aunque la teoría reconoce la importancia de la acumulación de capital humano en la explicación del crecimiento económico, la evidencia empírica nacional e internacional resulta poco robusta. Ello se puede explicar a partir de la idea de las complementariedades

factoriales, que supone una interacción entre la acumulación de capital humano y el cambio técnico al momento de determinar la dinámica del crecimiento económico, de manera que no es posible medir cuál es su verdadera contribución sin considerar dicha interacción.

Según el enfoque de las complementariedades factoriales, para evaluar la incidencia del capital humano sobre el crecimiento económico es necesario considerar la dinámica de su acumulación tanto como sus condiciones de demanda; es decir, su interacción con el cambio técnico. Un cambio técnico que nos es directamente observable, pero puede ser aproximado a partir de variables de comercio exterior.

Aunque algunas versiones ampliadas del modelo básico neoclásico incluyen el capital humano como otro factor de producción que puede ayudar a explicar los cambios en la eficiencia y la tasa de progreso técnico, es a partir de los modelos de crecimiento endógeno que se pueden incorporar las interacciones señaladas. En concreto, el modelo de Lucas (1998) permite considerar, además de esas interacciones entre capital humano y comercio exterior, la existencia de externalidades a partir de la acumulación de capital.

Siguiendo a Lucas, en el trabajo se utiliza un modelo que considera dos efectos de la acumulación de capital humano. Un efecto interno que corresponde al impacto sobre la productividad de cada persona, y un efecto externo relacionado con su contribución sobre la productividad de los demás factores de la producción. Para los propósitos del estudio, esta propuesta se complementa con la descomposición del factor tecnológico "A" en un componente exógeno y otro endógeno, este último dependiendo de las interacciones entre el capital humano y las variables de comercio exterior.

El modelo propuesto se comporta, en el largo plazo, de manera similar a como lo hace el planteado originalmente por Lucas. En el estado estacionario las variables per cápita crecen a una tasa constante, pero diferente de cero, y la solución de competencia no es un óptimo de Pareto, dado que las personas no internalizan las externalidades generadas por el capital humano y terminan

invirtiendo menos del óptimo en educación, con lo cual el crecimiento per cápita de todas las variables resulta menor. De igual forma, al existir externalidades del capital humano y las interacciones entre este y las variables de comercio exterior generan endogeneidad en el cambio técnico, en estado estacionario la tasa de crecimiento del capital físico es mayor que la tasa de acumulación del capital humano (Gaviria, 2005).

A partir de esa propuesta teórica se estimó el impacto del capital humano sobre el crecimiento económico colombiano buscando resultados más robustos. Para ello se utilizó el método de cointegración en dos etapas de Engle y Granger. Los principales resultados de ese ejercicio son los siguientes:

- Se obtuvo evidencia de relaciones significativas y de largo plazo entre el crecimiento económico colombiano y el comportamiento de las exportaciones menores y la acumulación de capital físico y humano.
- Así mismo, se obtuvo evidencia según la cual el stock de capital físico, el capital humano y el mismo PIB rezagado están teniendo efectos de corto plazo sobre la evolución del producto.
- La elasticidad estimada del producto al capital físico resultó algo superior al resultado de otros ejercicios similares a nivel nacional e internacional.
- De igual forma, pero tal como se esperaba, la elasticidad estimada del producto al capital humano fue muy superior a la obtenida en otros estudios que no consideraron las externalidades del capital humano ; pero muy similar a la de otros ejercicios que si tuvieron en cuenta estos efectos externos. Así mismo, se calculó una externalidad que se considera consistente con las estimaciones de estudios anteriores.
- Esa elasticidad del producto al capital humano resultó poco sensible a la incorporación de nuevas variables en la ecuación de cointegración, lo que sugiere robustez en los resultados obtenidos. Esto obedece en gran medida a la

consideración de las complementariedades productivas y las externalidades del capital humano, pero también a una mejor medición del capital humano a través de la educación promedio de la población. En general, las variables utilizadas como "proxy" en estudios anteriores (cobertura primaria, secundaria y/o universitaria) corresponden más a indicadores futuros que presentes de la acumulación de capital humano.

A partir de estos resultados no se rechaza la hipótesis según la cual en Colombia la contribución de la educación y la acumulación de capital humano al crecimiento económico ha estado mediada en gran parte por las condiciones de su demanda; es decir, por el desarrollo de sectores productivos que, como el exportador, incorporan el cambio técnico que propicia una interacción creciente con los trabajadores calificados. Ello sugiere que la contribución de la educación al crecimiento futuro de la economía dependerá en gran medida de la capacidad del país para convertirse en un gran exportador.

Sin embargo, la evidencia obtenida no respalda la idea complementaria a partir de la cual se esperaba que esa mediación se hubiese visto fortalecida con el proceso de apertura económica y reformas institucionales de la década de los noventa. Como se señaló, la teoría del crecimiento endógeno reconoce que, en un mundo de diferencias tecnológicas entre países, los efectos de la apertura económica sobre el crecimiento pueden ser asimétricos. En el caso colombiano una de las limitaciones para que esa apertura haya generado mayores derrames tecnológicos y persista la especialización en sectores de productos básicos, donde es limitado el aprendizaje, ha sido el bajo nivel promedio de educación de su población.

Aunque en los ejercicios desarrollados se evidenció una causalidad tipo Granger desde las exportaciones hacia el capital humano, es plausible afirmar con la teoría que, como lo sugieren otros resultados con análisis de corte transversal para países (Uribe, 1993a), la acumulación del capital humano interactúa con las exportaciones, de modo que el sector exportador se ve igualmente limitado en su evolución por la posibilidad de contar con trabajadores cada vez más educados.

De otro lado, la suma de evidencia sobre la existencia de externalidades productivas del capital humano advierte sobre la inconveniencia de profundizar en la privatización de la educación¹⁹ y otras formas de acumulación de dicho capital, como la salud. Ello en tanto el modelo predice que en estas circunstancias la solución de mercado no es un óptimo de Pareto y las personas terminan invirtiendo menos del óptimo en capital humano, con lo cual el crecimiento per cápita es menor.

Las personas proporcionan la mayor parte de recursos para la inversión en capital humano, en tanto contribuyen con tiempo y flujos financieros. Como inversionista, la persona es una maximizadora de beneficios²⁰ y, al actuar con algún nivel de racionalidad, invertirá en su propio capital humano mientras el valor presente neto de esa decisión sea positivo. Sin embargo, las economías externas que produce su decisión no son consideradas en el análisis, dado que no hay ningún mecanismo de mercado que le permita apropiárselas, y termina invirtiendo menos de lo que es socialmente deseable.

De esta forma, el capital humano tiene algunas características de un bien público puro. No hay rivalidad ni excluibilidad en el disfrute de los beneficios de los efectos externos del capital humano sobre los demás factores de la producción. Por tanto las preferencias individuales no serán plenamente reveladas en el mercado y las decisiones privadas de inversión conducirán a una destinación no óptima de recursos para acumulación de capital humano. Entonces, para obtener la cantidad deseada de inversión, la sociedad debe modificar los incentivos dados a quienes han de tomar las decisiones.

¿Qué lecciones tiene todo esto para el diseño de la política de desarrollo? La primera, y más obvia, es que la presencia de

¹⁹ Como referencia, en el año 2000 37.5% de los matriculados en primaria, secundaria o superior asistían a planteles privados (Posada y Gómez, 2002). En la educación superior la oferta privada muestra una tendencia creciente: mientras en los años sesenta era el 41% en la actualidad alcanza el 67%; además ha sido discreto el apoyo público desde la demanda: en el 2000 solo el 6% de la población matriculada accedió a financiación con recursos del ICETEX (DNP, 2003).

²⁰ Eso no significa que las personas solo traten de maximizar el valor presente neto de su inversión monetaria, pues existen otros motivos que estimulan esa inversión, como el logro, el crecimiento personal, la capacidad para interactuar en la sociedad, entre otras.

complementariedades en el mundo real no es un hecho extraño y hay innumerables fenómenos que se comportan mejor cuando ocurren paralelamente a otros. En este estudio se resalta la complementariedad entre educación y cambio técnico, aproximado a través del sector exportador no tradicional colombiano. Si bien se requiere una mayor investigación para establecer el orden de causalidad, existen fuertes indicios de que el fenómeno se presenta en las dos direcciones. La mejora en los niveles de educación, al elevar la productividad de los trabajadores y al generar difusión del conocimiento, redundará en una mayor producción. Del mismo modo, el efecto de la educación sobre la productividad depende de la capacidad de crear las oportunidades que permitan emplear la mayor calificación de los trabajadores.

En clara relación con lo anterior, una segunda lección es que no se deben ahorrar esfuerzos en la consolidación de un sector exportador fuerte y demandante de mano de obra calificada, que promueva el ascenso del sector productivo por la "escalera de la calidad" de que hablan Grossman y Helpman, en el sentido que todos los trabajadores y administradores se vean constantemente enfrentados a nuevas tareas. Por último, la tercera lección es la importancia de mejorar la calidad y la cantidad de las inversiones en recursos humanos, tarea que difícilmente puede confiarse en su totalidad al mercado y requiere de una participación activa y eficiente del Estado.

A partir de ejercicios de simulación, Posada y Gómez (2002) estiman que el gasto social óptimo en capital humano (gasto en educación y salud) equivale al 15.12% del PIB. A su vez estiman que en la actualidad ese gasto es una cifra cercana al 10% del producto, la cual consideran coincide con la óptima social pues es un hecho que, como ya se anotó, existen ofertas privadas de educación y salud. De lo anterior los autores concluyen que los esfuerzos sociales adicionales en materia de cobertura y calidad no deberían exigir un gasto público que crezca a velocidades mayores a los del PIB, sino mejoras sustanciales de la eficiencia con la cual se gastan los recursos públicos.

Sin embargo, algunas estadísticas no respaldan plenamente estas conclusiones. En las bases del plan nacional de desarrollo 2002-2006 "Hacia un Estado comunitario" (DNP, 2003) se reconoce que

en el 2001 cerca de 1.8 millones de niños y jóvenes entre 5 y 17 años (que equivalen al 16% del total) estaban por fuera del sistema escolar. De estos 970 mil (12%) eran de zonas urbanas y 889 mil (25%) de zonas rurales. En cuanto a la población entre 18 y 24 años, potencialmente demandante de educación superior, el 75.6% de ella (cuatro millones de personas) se encontraba por fuera del sistema educativo. A su vez, una evaluación de la asistencia permitió confirmar la persistencia de grandes inequidades. En preescolar, mientras el 96% de la población de mayores ingresos asiste a la escuela, sólo el 64% de la población más pobre lo hace. En primaria las diferencias son menores, pero en secundaria la asistencia del primer decil es del 60% y la del último es del 84%. En educación superior, en 1997 el 9% de los más pobres asistía frente al 65% de los más ricos.

Al respecto cabe anotar que los resultados de la simulación realizada por Posada y Gómez se sustentaron en algunos supuestos que se alejan de las estimaciones logradas en este trabajo. Para destacar, asumen una elasticidad del producto al capital humano igual a 0.1, un valor inferior aún al estimado por Posada (1993) de 0.2. De esta forma, se considera necesario profundizar en el análisis y estimación del gasto óptimo social orientado a la financiación de la acumulación de capital humano en Colombia, lo cual está fuera del alcance y los propósitos del presente estudio.

Referencias Bibliográficas

- Ades, Alberto y Glaeser, Edgard L.(1999). "Evidence on growth, increasing returns, and the extent of the market". The Quarterly Journal of Economics, volume CXIV, No 458 (august).
- Barro, Robert and Xavier Sala -I- Martin (1995). Economic Growth. Mc Graw Hill, New York.
- Benavides G, Oscar (1997). "Teoría del crecimiento endógeno. Economía política y economía matemática". Cuadernos de Economía, No 26. Bogotá, primer semestre.
- Benavides G, Oscar y Forero P, Clemente (2002). "Crecimiento endógeno: conocimiento y patentes". Economía Institucional, volumen 4, No 9. Bogotá, primer semestre.
- Berg, Andrew y Krueger, Anne (2003). "Trade, growth and poverty: a selective survey". IMF working paper, No 30, february.
- Bernard, Andrew y Bradford, Jensen (1999). "Exporting and productivity". NBER working paper No 7135, may.
- Brunner, Allan D. (2003). "The long - run effects of trade on income and income growth". IMF working paper, No 37, February.
- Cárdenas Santamaría, Mauricio (2002). "Economic growing Colombia: a reversal of "fortune"?" Archivos de macroeconomía, No 179. Bogotá, marzo.
- Cárdenas, Mauricio (1994). "Crecimiento y convergencia en Colombia 1950-1990". En: Roberto Steiner (compilador). Estabilidad y crecimiento, nuevas lecturas de macroeconomía colombiana. Tercer Mundo Editores - Fedesarrollo. Bogotá.
- Chaves Castro, Álvaro Hernando y Arias Gómez, Helmuth Yessid (2002). "Cálculo de la tasa interna de retorno de la educación en Colombia". Universidad Externado de Colombia, Facultad de Economía, Documentos de trabajo No 2. Bogotá.

Clavijo, Sergio (2003). "Crecimiento, productividad y la 'nueva economía'". Borradores de Economía, Banco de la República. Bogotá, enero.

Clavijo, Sergio (1991). "Interrelaciones entre el crecimiento, la productividad y el sector externo: algunas estimaciones y simulaciones para Colombia". Revista Desarrollo y Sociedad, No 28. Bogotá.

Clerides, Sofronis; Saul Lach y James Tybout (1996). "Is 'learning-by-exporting' important? Micro-dynamic evidence from Colombia, México and Morocco". NBER working paper, No 5715, august.

Corbo, Vittorio (1996). "Viejas y nuevas teorías del crecimiento: algunas ilustraciones para América Latina y Asia Oriental". En: Mauricio Cárdenas (coordinador). El crecimiento económico en América Latina, teoría y práctica. Tercer Mundo Editores - Fedesarrollo. Bogotá.

Díaz – Bautista, Alejandro y Díaz Domínguez, Mauro (2003). "Capital humano y crecimiento económico en México". Comercio Exterior, volumen 53, No 11. México, noviembre.

DNP -Departamento Nacional de Planeación- (2003). Hacia un Estado Comunitario, plan nacional de desarrollo 2002 – 2006. Bogotá.

Echavarría, Juan José (2003). "Características, determinantes e impacto de las exportaciones en Colombia: resultados a nivel de firma". Coyuntura Económica, Volumen 33, No 2. Bogotá, septiembre.

Edwards, Sebastián (1997). "Openness, productivity and growth: what do we really know?". NBER working paper No 5978, march.

Enders, Walter (1995). Applied econometric time series. Ed. John Wiley & Sons. Inc. New York.

Fernández, Enric y Mauro, Paolo (2000). "The role of human capital in economic growth: the case of Spain". IMF working paper, No 8, january.

Gaviria Ríos, Mario Alberto (2005). Comercio exterior, capital humano y crecimiento económico en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Tesis para optar al título de magíster en Ciencias Económicas. Medellín.

González, Francisco; Carolina Guzmán y Ángela Pachón (1999). "Productividad y retornos sociales del capital humano: microfundamentos y evidencia para Colombia". Revista Planeación y Desarrollo, volumen XXX, No 1. Bogotá, enero-marzo.

GRECO (Grupo de estudios del crecimiento económico, Banco de la República) (2002). El crecimiento económico colombiano en el siglo XX. Fondo de Cultura Económica. Bogotá.

Grossman, Gene y Helpman, Elhanan (1995). "Technology and trade". En: Gene Grossman y Kenneth Rogoff. Handbook of international economics. Volume III. Elsevier.

Hallward-Driemeier, Mary; Giuseppe Iarissi y Kenneth L. Sokoloff (2002). "Exports and manufacturing productivity in East Asia: a comparative analysis with firm-level data". NBER working paper, No 8894, abril.

Hornstein, Andreas y Dan Peled (1997). "External vs internal learning by doing in a R&D based growth model". Federal Reserve Bank of Richmond. Working paper 98-1, December.

Hounie, Adela, et al. (1999). "La CEPAL y las nuevas teorías del crecimiento". Revista CEPAL, No 68. Santiago de Chile, agosto.

Karras, Georgios (2001). "Long – run economic growth in Europe: is it endogenous or neoclassical". International Economic Journal, volume 15, number 2. University of Illinois at Chicago, summer.

Kim Se-Jik y Kim, Yong Jin (1999). "Growth gains from trade and education". IMF working paper, No 23, March.

Lederman, Daniel y Maloney, William F. (2003). "Trade structure and growth". Working paper 3025, banco Mundial, abril.

Lucas, Robert E. Jr (1988). "On the mechanics of development planning". *Journal of Monetary Economics*, 22, 1 (jul).

Maddala, G. S. (1996). *Introducción a la econometría*. Ed. Prentice Hall, segunda edición. México.

Mankiw, N, Gregory; Romer, David y Weil, David (1992). "A contribution to the empirics of economic growth". *Quarterly Journal of Economics*, 107 (may).

Mesa, Fernando (1994). "Exportaciones y crecimiento económico en Colombia". *Revista Planeación y Desarrollo*, volumen XXV, No 1. Bogotá, enero – abril.

Misas, Martha et. al. (2001). "Exportaciones no tradicionales en Colombia y sus determinantes". *Ensayos sobre política económica*, No 39. Bogotá, junio.

Núñez, Jairo y Sánchez Torres, Fabio (1998). "Educación y salarios relativos en Colombia, 1976-1995. Determinantes, evolución e implicaciones para la distribución del ingreso". *Archivos de Macroeconomía*, No 74. Bogotá.

Posada, Carlos Esteban y Gómez, Wilman (2002). "Crecimiento económico y gasto público: un modelo para el caso colombiano". *Ensayos sobre política económica*, No 41-42. Bogotá, junio – diciembre.

Posada, Carlos Esteban (1993). "Crecimiento económico, 'capital humano' y educación: la teoría y el caso colombiano posterior a 1945". *Revista Planeación y Desarrollo*, volumen XXIV, edición especial. Bogotá, diciembre.

Reyes, Giovanni (2002). "Exportaciones y crecimiento económico en América Latina: la evidencia empírica". *Comercio Exterior*, volumen 51, No 11. México, noviembre.

Rodrik, Dani (2000). "Institutions for high-quality growth: what they are and how to acquire them". NBER working paper series, No 7540. February.

Romer, David (2002). *Macroeconomía avanzada*. Segunda edición. Mc Graw Hill. Madrid.

Romer, Paul M. (1991). "El cambio tecnológico endógeno". *El trimestre económico*, volumen LVIII (3), No 231. México, septiembre.

Romer, Paul M. (1989a). "Human capital and growth: theory and evidence". NBER working paper series, No 3173. November.

Romer, Paul M. (1989b). "Increasing returns and new developments in the theory of growth". NBER working paper series, No 3098. September.

Romer, Paul M. (1986). "Increasing returns and long-run growth", *Journal of Political Economy*, 94, 5 (october).

Sacerdoti, Emilio; Sonia Brunschwig y Jon Tang (1998). "The impact of capital on growth: evidence from West Africa". IMF working paper. No 162, november.

Sala -I- Martin, Xavier (1999). *Apuntes de crecimiento económico*. Segunda edición. Antoni Bosch editor. Barcelona.

Sánchez Torres, Fabio et. al. (1996). "Evolución y determinantes de la productividad en Colombia: un análisis global y sectorial, 1950 - 1994". En: Ricardo Chica (coordinador). *El crecimiento de la productividad en Colombia*. DNP - Colciencias - FONADE, Tercer Mundo Editores. Bogotá.

Sarmiento, Alfredo y Caro, Blanca Lilia (1997). "El avance de la educación en Colombia: lento, insuficiente e inequitativo". *Revista Planeación y Desarrollo*, volumen XXVIII, No 1. Bogotá, enero - marzo.

Tenjo, Jaime (1993). "Evolución de los retornos a la inversión en educación 1976-1989". *Revista Planeación y Desarrollo*, volumen XXIV, edición especial. Bogotá, diciembre.

Uribe, José Darío (1993a). "Educación, complementariedades productivas y crecimiento económico". Revista Planeación y Desarrollo, volumen XXIV, edición especial. Bogotá, diciembre.

Uribe, José Darío (1993b). "Infraestructura física, 'clubs de convergencia', y crecimiento económico: alguna evidencia empírica". Revista Coyuntura Económica, volumen 23, No 1. Bogotá, abril.

Wacziarg, Romain y Welch, Karen Horn (2003). "Trade liberalization and growth: new evidence". NBER working paper No 10152, December.

Weinhold, Diana y Rauch, James E. (1997). "Openness, specialization, and productivity growth in less developed countries". NBER working papers No 6131, august.

Young, Alwyn (1991). "Learning by doing and the dynamic effects of international trade". NBER working paper series, No 3577. January.

ANEXO A: pruebas de cointegración para las series LPIB LEXMN LKF LKH

1. Test Dickey-Fuller aumentado (ADF) para evaluar presencia de raíces unitarias en los residuos de la ecuación de cointegración 2.

Valor crítico (Tablas de Mackinnon): $C(0.1, 49) = 3.98186$

ADF Test Statistic	-4.114733			
Dependent Variable: D(RES2)				
Method: Least Squares				
Sample(adjusted): 1951 1999				
Included observations: 49 after adjusting endpoints				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RES2(-1)	-0.553312	0.134471	-4.114733	0.0002
Adjusted R-squared	0.253286	S.D. dependent var		0.039179
Akaike info criterion	-3.913225	Schwarz criterion		-
				3.874617
Log likelihood	96.87402	Durbin-Watson stat		0.942911

2. Prueba de cointegración de Johansen.

Sample: 1950 1999				
Included observations: 47				
Test assumption: Linear deterministic trend in the data				
Series: LPIB LEXMN LKF LKH				
Lags interval: 1 to 2				
	Likelihood	5 Percent	1 Percent	Hypothesized
Eigenvalue	Ratio	Critical Value	Critical Value	No. of CE(s)

0.452690	54.21281	47.21	54.46	None *
0.246233	25.88404	29.68	35.65	At most 1
0.220598	12.59847	15.41	20.04	At most 2
0.018648	0.884734	3.76	6.65	At most 3

(**) denotes rejection of the hypothesis at 5%(1%) significance level
L.R. test indicates 1 cointegrating equation(s) at 5% significance level

ANEXO B: PRUEBA DE CAUSALIDAD DE GRANGER.

Pairwise Granger Causality Tests			
Sample: 1950 1999			
Lags: 2			
Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Probability
LKH does not Granger Cause LPIB	48	3.88606	0.02810
LPIB does not Granger Cause LKH		7.68647	0.00140
LKF does not Granger Cause LPIB	48	2.83217	0.06991
LPIB does not Granger Cause LKF		3.07632	0.05640
LEXMN does not Granger Cause LPIB	48	3.96031	0.02638
LPIB does not Granger Cause LEXMN		1.70636	0.19359
LKF does not Granger Cause LKH	48	0.89281	0.41696
LKH does not Granger Cause LKF		3.28797	0.04691
LEXMN does not Granger Cause LKH	48	8.67916	0.00068
LKH does not Granger Cause LEXMN		2.61222	0.08498
LEXMN does not Granger Cause LKF	48	1.65567	0.20291
LKF does not Granger Cause LEXMN		0.68711	0.50847

ANEXO C: MCE ASOCIADO A LA ECUACIÓN DE COINTEGRACIÓN 4

Dependent Variable: DLPIB				
Method: Least Squares				
Sample(adjused): 1952 1999				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DLKF	1.224473	0.340350	3.597691	0.0008
DLKF(-1)	-1.002874	0.308887	-3.246730	0.0023
DLKH	0.635627	0.236367	2.689158	0.0102
DLPIB(-1)	0.486689	0.143358	3.394918	0.0015
RES4(-1)	-0.223381	0.080303	-2.781712	0.0080
R-squared	0.415218	Mean dependent var		0.042388
Adjusted R-squared	0.360820	S.D. dependent var		0.020623
S.E. of regression	0.016488	Akaike info criterion		-5.274008
Sum squared resid	0.011690	Schwarz criterion		-5.079092
Log likelihood	131.5762	Durbin-Watson stat		1.905731

Recibido el 13 de septiembre de 2005. Aprobado su publicación el 25 de octubre de 2005.