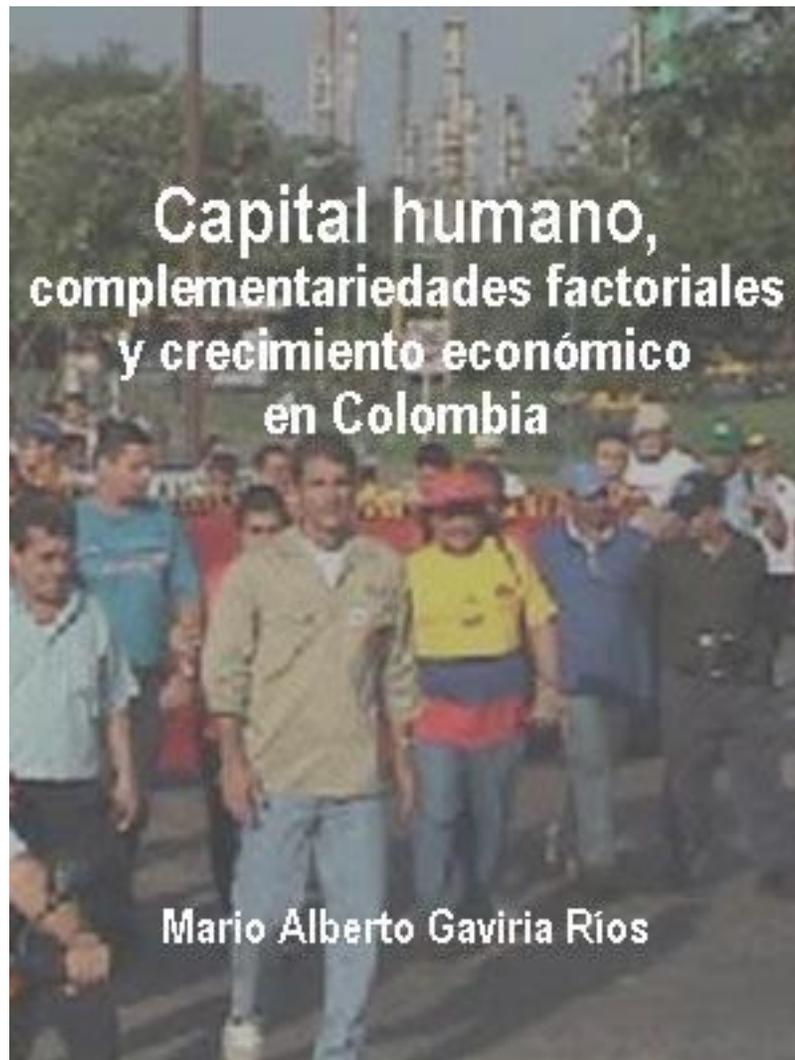


# CAPITAL HUMANO, COMPLEMENTARIEDADES FACTORIALES Y CRECIMIENTO ECONÓMICO EN COLOMBIA •



ISBN: 84-689-5244-4  
N° Registro: 05/82641

editado por  
**eumed.net**

**Mario Alberto Gaviria Ríos**

Economista, Universidad de Antioquia.

Especialista en política económica, Universidad de Antioquia.

Maestría en ciencias económicas, Universidad Nacional de Colombia.

Profesor Asociado, Universidad Católica Popular del Risaralda

Director grupo de investigación "Crecimiento económico y desarrollo"

- Este libro es resultado de procesos de investigación desarrollados en el marco del proyecto "Crecimiento económico regional" del Grupo de investigación "CRECIMIENTO ECONÓMICO Y DESARROLLO" y auspiciados por la Universidad Católica Popular del Risaralda, Colombia

## **TABLA DE CONTENIDO**

INTRODUCCIÓN	7
1. LA LITERATURA SOBRE CAPITAL HUMANO Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	14
2. LA TEORÍA SOBRE CAPITAL HUMANO Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	23
3. EL CRECIMIENTO ECONÓMICO COLOMBIANO ENTRE 1950 Y EL 2000	43
ALGUNOS HECHOS RELACIONADOS CON ESE CRECIMIENTO	43
RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN	55
4. CONCLUSIONES, CONJETURAS Y REFLEXIONES FINALES	65
BIBLIOGRAFIA	71

## TABLA DE CUADROS

<i>Cuadro 1: Colombia, tasas de crecimiento promedio anual (%)</i>	44
Cuadro 2: Tasas de crecimiento geométrico del PIB per cápita en dólares de 1990 (%)	46
Cuadro 3: Grado de apertura ([exportaciones + importaciones]/PIB)	47
Cuadro 4: Colombia, promedio de exportaciones por períodos.	49
Cuadro 5: Colombia, escolaridad promedio de la población (años de estudio)	50
Cuadro 6: Colombia, tasas de analfabetismo en población mayor de 15 años (%)	51
Cuadro 7. Ecuaciones de cointegración.	56
Cuadro 8: Algunas estimaciones de la elasticidad del producto al capital físico	58
Cuadro 9. Modelo de corrección de errores, ecuación de cointegración 2	60

## TABLA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Colombia, análisis de dispersión entre variables. Dispersión capital humano - PIB per cápita:	53
Gráfico 2: análisis impulso-respuesta para el crecimiento económico colombiano.	61
Gráfico 3: análisis de descomposición de la varianza del logaritmo del PIB.	62

## TABLA DE ANEXOS

ANEXO A: EL COMPORTAMIENTO DEL MODELO EN EL LARGO PLAZO	78
ANEXO B: TEST DICKEY-FULLER AUMENTADO (ADF) PARA EVALUAR PRESENCIA DE RAÍCES UNITARIAS EN LAS SERIES TEMPORALES.	91
ANEXO C: PRUEBAS DE COINTEGRACIÓN PARA LAS SERIES LPIB LEXMN LKF LKH	93
ANEXO D: PRUEBAS PARA EL MCE	95
ANEXO E: ANÁLISIS DE DESCOMPOSICIÓN DE LA VARIANZA DE LPIB.	98
ANEXO F: PRUEBA DE CAUSALIDAD DE GRANGER	99
ANEXO G: PRUEBAS ASOCIADAS A LA REGRESIÓN DE COINTEGRACIÓN 3	100
ANEXO H: BASE DE DATOS	104

# **CAPITAL HUMANO, COMPLEMENTARIEDADES FACTORIALES Y CRECIMIENTO ECONÓMICO EN COLOMBIA**

## **RESUMEN**

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.

Partiendo de esa idea en este trabajo se estima la contribución de la acumulación del capital humano al crecimiento económico colombiano, estableciendo para ello ¿cuáles han sido las relaciones de complementariedad entre la acumulación de capital humano, el comercio exterior (como una forma de aproximación del cambio técnico) y el crecimiento económico en Colombia, durante 1950 – 2000?

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 el comercio exterior.

Para el análisis de las relaciones entre las variables implicadas en el estudio se recurre al método de cointegración en dos etapas de Engle y Granger, que permite estimar de manera conjunta la relación de equilibrio y el comportamiento del sistema fuera del equilibrio. De esta forma se logran estimaciones de los impactos internos y externos (externalidades) de la acumulación de capital humano sobre el crecimiento económico colombiano, los cuales se muestran poco sensibles a la incorporación de nuevas variables en la ecuación de cointegración.

# **CAPITAL HUMANO, COMPLEMENTARIEDADES FACTORIALES Y CRECIMIENTO ECONÓMICO EN COLOMBIA**

## **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 humano<sup>1</sup>, 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.

---

<sup>1</sup> 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).

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.

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 posiblemente se encuentra en las deficiencias de nuestros sistemas de educación; acá 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 Leamer<sup>2</sup> 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 está evidenciando que la oferta de capital humano no es la historia completa de su contribución al crecimiento económico. La demanda de

---

<sup>2</sup> El test consiste en hacer un sinnúmero 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.

este capital es igualmente importante. 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 **¿cuáles han sido las relaciones de complementariedad entre la acumulación de capital humano, el comercio exterior y el crecimiento económico en Colombia, durante 1950 – 2000?** Dada la transformación que en este sentido sufrió de manera reciente la economía colombiana, se considera pertinente hacer uso de variables categóricas que permitan observar la medida en que esa interacción se ha visto fortalecida por el proceso de apertura e internacionalización.

El propósito general de este estudio es entonces estimar para el caso colombiano la contribución de la acumulación del capital humano al crecimiento económico, a través de la consideración de sus efectos internos y externos; es decir, incorporando el concepto de complementariedades factoriales en el análisis e interpretación del crecimiento.

De manera específica se pretende:

- Establecer las posibles interacciones entre acumulación de capital humano y las variables de comercio exterior colombiano y el impacto que ellas tienen sobre el crecimiento económico del país.

- Estimar los impactos externos (externalidades) de la acumulación de capital humano sobre el crecimiento económico colombiano.

Como se ha afirmado, es posible hablar de un consenso teórico sobre la contribución determinante del capital humano al crecimiento. Esto es lo que predice la teoría del capital humano, en donde se señala que la educación aumenta las destrezas cognitivas y otras habilidades que a su vez elevan la productividad del trabajo. De igual forma, las teorías del crecimiento endógeno plantean que la mayor acumulación de capital humano facilita el progreso tecnológico o, para un país que no está en la frontera tecnológica, acelera la adquisición de capacidad tecnológica.

Sin embargo, en lo que se ha observado la evidencia no es robusta debido, y es en parte lo que se intenta mostrar, a que en los diferentes ejercicios de estimación de la relación acumulación de capital humano – crecimiento económico se han dejado de lado las complementariedades factoriales en el proceso productivo. Este estudio ofrece evidencia más robusta sobre esta relación en el caso colombiano considerando dichas complementariedades; lo cuál es su principal justificación y aporte.

De manera adicional, con la exploración de las complementariedades productivas y las consecuentes externalidades que se pueden generar a partir de una dinámica exportadora, se suman elementos a la discusión que sugiere que la contribución del capital humano, y de manera más específica la educación, al crecimiento futuro de la economía colombiana dependerá en gran medida de la capacidad del país para convertirse en un fuerte exportador (Uribe, 1993a).

A nivel metodológico, en el estudio se recurre a un análisis de regresión de dimensión temporal longitudinal, y con el propósito de evitar el problema de posibles regresiones espurias, se verifica la condición de estacionariedad en cada una de las variables implicadas. Cuando los resultados de las pruebas evidencian la existencia de una raíz unitaria en las variables consideradas, se realizan pruebas complementarias de cointegración por el método de dos etapas de Engle y Granger y mediante el método desarrollado por Johansen.

Como se sabe, el procedimiento de Engle y Granger se basa en la imposición de la restricción dada por la ecuación de cointegración sobre el modelo de corrección de errores, lo cual expresa la introducción del impacto de la relación teórica de equilibrio de largo plazo sobre el modelo dinámico de corto plazo. Es decir, el procedimiento de Engle y Granger permite producir proyecciones de corto plazo que, al ser consistentes con las de largo plazo derivadas de la teoría económica, proveen una alternativa poderosa a aquellas derivadas del análisis simple de series de tiempo y, además, permite la incorporación clara de la estructura dinámica en las ecuaciones derivadas de la teoría económica. Posibilita entonces la estimación conjunta de la relación de equilibrio y el comportamiento del sistema fuera del equilibrio.

En cuanto a la información utilizada, esta se toma fundamentalmente de la base de datos elaborada por el Banco de la República y el grupo de estudios sobre crecimiento económico (GRECO) a partir de diferentes fuentes (Producto Interno Bruto, Capital Fijo, Población Económicamente Activa, Exportaciones no tradicionales), y se complementa con los cálculos de la Unidad de Desarrollo Social (UDS) del Departamento Nacional de Planeación, con información censal y de encuesta de hogares producida por el DANE, sobre los años promedio de educación de la población colombiana.

Para los propósitos señalados, este informe de investigación 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 hace una descripción de algunos hechos del crecimiento económico Colombiano en el período de estudio y 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.

Finalmente, en el anexo A se incluye el desarrollo formal del modelo teórico adoptado, evaluando su comportamiento en el largo plazo y haciendo clara diferencia de las soluciones de mercado y de un planificador central imaginario. En los demás anexos se presentan los cuadros de salida del procesamiento de la información y la base de datos que se utilizó para los diferentes ejercicios econométricos.

## **1. LA LITERATURA SOBRE CAPITAL HUMANO Y CRECIMIENTO ECONÓMICO**

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 nuestro<sup>3</sup>.

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

---

<sup>3</sup> 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.

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)<sup>4</sup>. Según el mismo, el producto colombiano siguió durante 1944-1988 una evolución parcialmente determinada por su historia reciente y por los “shocks” exógenos 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

---

<sup>4</sup> 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.

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 Leamer 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”<sup>5</sup>.

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.

---

<sup>5</sup> Bernard Y Jensen (1999) llegan a conclusiones similares en su estudio para la economía de los Estados Unidos.

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 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 Ales 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.

Berg y Krueger (2003) advierten que la literatura ha sido ambigua en el tema y consideran que *“la importancia de la apertura para el crecimiento es por tanto una cuestión empírica”*<sup>6</sup>. La evidencia que ofrecen los estudios de datos cruzados para países señala que la apertura tiene efectos positivos sobre el crecimiento económico; sin embargo, la misma es vulnerable a la crítica que plantea que esos efectos no han sido aislados de los impactos que puedan estar generando otras reformas que se implementan en forma paralela (estabilidad macroeconómica, liberación de precios internos, flexibilización de la tasa de cambio, liberación de la cuenta de capitales). Pero como señalan estos autores, la apertura comercial es un componente clave de ese instrumental de reformas y contribuye al desarrollo de ese ambiente institucional favorable.

---

<sup>6</sup> Berg y Krueger (2003, 7), traducción libre.

## **2. LA TEORÍA SOBRE CAPITAL HUMANO Y CRECIMIENTO ECONÓMICO**

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 endógeno<sup>7</sup>, 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), 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

---

<sup>7</sup> 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.

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 – Martin, 1999). Para mostrar esto se parte de una función de producción que refleja las externalidades que se describieron (ecuación 1).

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

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  $\kappa^\eta$  constituye la externalidad, siendo  $\eta$  un indicador de su importancia.

Romer considera a  $\kappa$  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 respectiva<sup>8</sup>:

---

<sup>8</sup> Suponiendo una tasa de ahorro constante ( $s$ ), una tasa de depreciación del capital ( $\delta_k$ ) y una tasa de crecimiento de la población ( $n$ ).

$$y = Ak^{\alpha+\eta} \tag{1a}$$

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

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

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

$$y = Ak^{\alpha+\eta} L^\eta \tag{1c}$$

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

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 sobre la participación de este factor 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  $\varepsilon$ ,  $\eta$  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  $\delta_k$  y  $\delta_h$  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,

$$h = \frac{\eta}{\varepsilon} K \tag{2b}$$

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.

$$Y_t = A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha} \tag{2c}$$

$$\alpha = \varepsilon + \eta$$

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

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 estricto<sup>9</sup>. 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

---

<sup>9</sup> De hecho estos modelos asumen como dado el nivel de tecnología, en tanto 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.

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 calificación<sup>10</sup> y se representa como  $h$ . Si se define el número total de trabajadores como  $L$  y  $L(h)$  los trabajadores con nivel de calificación  $h$ , donde  $h$  varía en un rango de cero (0) a infinito ( $\infty$ ), 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:

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

---

<sup>10</sup> 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.

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:

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

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  $L^e = uhL$  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 humano<sup>11</sup> (ecuación 3).

---

<sup>11</sup> 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  $G(Z,\lambda X) = \lambda G(Z,X)$ , 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 un función de producción cóncava porque  $G(\lambda Z,\lambda X) > \lambda G(Z,X)$  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  $G(Z,X) < Z(\partial G/\partial Z) + X(\partial G/\partial X)$ .

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

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

En esa función el término  $h_{at}^\Psi$  intenta capturar los efectos externos del capital humano y el cambio técnico se supone neutral en el sentido de Hicks<sup>12</sup>.

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, 1993a). A partir de ese concepto amplio de cambio técnico, es posible asociar a este último relaciones de complementariedad con el capital humano. 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.

Por otra parte, existen razones teóricas para asociar ese concepto amplio de cambio técnico con las variables de comercio exterior (Uribe, 1993a). De un lado, el comercio exterior propicia un grado más alto de utilización de la capacidad instalada y la explotación de economías de escala; de otro lado, el intercambio

---

<sup>12</sup> 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 Coob – Douglas, las dos formas de cambio técnico son equivalentes (Sala – I – Martin, 1999):

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

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

comercial con el resto del mundo genera presiones hacia la innovación; 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.

En concreto las exportaciones han observado una asociación importante con el cambio técnico<sup>13</sup> y los trabajos que abordan el estudio de la relación entre éstas y el crecimiento económico, por lo general, parten del supuesto según el cual las productividades marginales de los factores empleados en las actividades orientadas a la exportación son mayores frente a los del resto de la economía. En el caso colombiano Echavarría (2003) encuentra que las firmas exportadoras son más eficientes, más grandes, relativamente intensivas en capital y con mayor relación ventas por trabajador.

A partir de lo anterior es posible 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 técnico<sup>14</sup>. 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 (ecuación 4) considerando una forma específica de interacción similar a la utilizada en trabajos previos por Uribe (1993a) y Posada (1993).

---

<sup>13</sup> Como se señaló antes, el estudio de GRECO (2002) encontró evidencia para Colombia que sugiere que las exportaciones están causando al producto, posiblemente a través de sus efectos sobre el parámetro A. Así mismo, Uribe (1993a) obtuvo evidencia a nivel internacional de la existencia de interacción productiva entre el capital humano y las exportaciones como proporción del producto de la economía.

<sup>14</sup> 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).

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

Si se reemplaza 4 en 3, se obtiene:

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

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

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.

$$\overset{0}{K}_t = A_0 X_t^\lambda K_t^\alpha [u_t L_t]^{1-\alpha} h_t^{1-\alpha+\lambda} h_{at}^\Psi - C_t - \delta_k K_t \quad (6)$$

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 humano<sup>15</sup> (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 (ver anexo A).

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

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

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.

---

<sup>15</sup> 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.

Entonces, la función de producción propuesta permite estimar los impactos internos y externos del capital humano sobre el crecimiento económico colombiano. Con ella se espera obtener un resultado más robusto y una contribución más significativa 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 necesario para propiciar 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 Ales 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<sup>16</sup>.

Aún más, Rodrik (2000) considera que los beneficios de la apertura comercial son sólo potenciales y su realización exige que se implementen una serie de reformas (democracia participativa, liberación de precios domésticos, derechos de propiedad) y se consoliden unas instituciones (para la estabilidad macroeconómica, la regulación de los comportamientos fraudulentos y el poder de mercado, la seguridad social y el manejo de conflictos) que se consideran complementarias.

## **DISEÑO METODOLÓGICO.**

Cuando se trata de concentrar el análisis en los determinantes de largo plazo del crecimiento para una economía, resulta más pertinente acudir al estudio de series de tiempo; dado que las conclusiones a que se puede llegar mediante los análisis de sección cruzada son de hecho limitadas, en tanto se fundamentan en observaciones hechas en un momento del tiempo. En este sentido, en el estudio se realiza un análisis de regresión de dimensión temporal longitudinal.

---

<sup>16</sup> Kim y Kim (1999) advierten sobre el peligro de una trampa de la pobreza cuando la liberación comercial se da en un contexto de escasa acumulación de capital humano.

Para evitar el problema de posibles regresiones espurias, se examina la presencia de raíces unitarias en cada variable. Cuando los resultados muestran la existencia de una raíz unitaria en todas las variables implicadas, se realizan pruebas de cointegración por el método de dos etapas de Engle y Granger<sup>17</sup>. Este procedimiento consiste en la ejecución de la regresión por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) de las variables en niveles, la realización de una prueba de cointegración y la estimación de un modelo de corrección de errores (MCE), de nuevo por MCO, incluyendo 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. Es decir, el procedimiento de Engle y Granger permite producir proyecciones de corto plazo que, al ser consistentes con las de largo plazo derivadas de la teoría económica, proveen una alternativa poderosa a aquellas derivadas del análisis simple de series de tiempo y, además, permite la incorporación clara de la estructura dinámica en las ecuaciones derivadas de la teoría económica. Posibilita entonces la estimación conjunta de la relación de equilibrio y el comportamiento del sistema fuera del equilibrio.

Procurando no caer en un trabajo meramente correlacional, el estudio avanza en la exploración del enorme caudal de literatura teórica y empírica sobre crecimiento endógeno, en especial aquella relacionada con el aprendizaje por la práctica y el desbordamiento del conocimiento; con lo cual el fundamento del análisis propuesto es el razonamiento lógico.

---

<sup>17</sup> De manera complementaria, y buscando mayores evidencias de cointegración, también se recurre al método de Johansen.

A partir de esa exploración teórica y empírica se definió el siguiente sistema de variables:

Variable dependiente:

Tasa de crecimiento de la economía colombiana, la cual es medida a partir de la dinámica de su producto interno bruto (PIB).

Variables independientes:

- Tecnología, definida como un acervo de conocimientos y cuyo componente endógeno depende de las complementariedades antes sugeridas entre las variables de comercio exterior y el capital humano.

El comercio exterior se mide a partir de las exportaciones no tradicionales<sup>18</sup> y, en forma alternativa, mediante la suma de éstas y las importaciones como proporción del PIB.

- Capital físico, equivalente a la suma de un conjunto de bienes de producción diferenciados y, por tanto, no perfectamente sustituibles entre ellos. Se mide a través de las estadísticas de formación bruta de capital fijo (FBKF).

---

<sup>18</sup> Algunos estudios sugieren, en datos de sección cruzada para países, que la interacción productiva se presenta con mayor fuerza entre el capital humano y las exportaciones (Uribe, 1993a); y en el caso colombiano los análisis de series de tiempo muestran que las exportaciones manufactureras han incidido de manera positiva en el producto, a través del aumento en la productividad del sector exportador y mediante la generación de externalidades positivas en los demás sectores (Mesa, 1994). GRECO (2002) encuentra plausible la hipótesis de que, en Colombia, las exportaciones han estado causando el producto a través de sus efectos sobre el factor tecnológico A.

- El trabajo, medido a través de la población económicamente activa.
- Capital humano, resultante del efecto acumulado de actividades como la educación formal y el adiestramiento en el trabajo. Su medición se hace a través de los años promedio de educación de la población colombiana.

Además, y como una aproximación a la evaluación de la medida en que el proceso de apertura económica y las reformas institucionales que le han sido complementarias pueden haber contribuido al fortalecimiento de las interacciones entre educación y cambio técnico, y en consecuencia del impacto de la variable educativa sobre el crecimiento económico colombiano, se incluye una variable categórica con valor cero (0) para años anteriores a 1990 y uno (1) para los demás años. Se advierte que la principal debilidad de este último ejercicio es no aislar los impactos que pueden estar generando esas reformas que acompañan al proceso de apertura; pero como plantean Berg y Krueger (2003) la liberación comercial es el componente clave de ese instrumental, y ella misma contribuye al desarrollo de ese ambiente institucional favorable.

En cuanto a los resultados de las diferentes estimaciones, las relaciones observadas entre las variables independientes y la dependiente se presentan a través de coeficientes de variación porcentual (elasticidades), para los cuales se confronta su nivel de significancia estadística y la correspondencia de su signo con el esperado desde la teoría.

La información utilizada es tomada de la base de datos elaborada por el Banco de la República y el grupo de investigación sobre crecimiento económico GRECO (PIB, exportaciones no tradicionales, FBKF) y la Unidad de Desarrollo Social (UDS) del Departamento Nacional de Planeación con información producida por el DANE (años promedio de educación de la población colombiana).

### **3. EL CRECIMIENTO ECONÓMICO COLOMBIANO ENTRE 1950 Y EL 2000**

#### **ALGUNOS HECHOS RELACIONADOS CON ESE CRECIMIENTO.**

En esta parte se describen algunas regularidades empíricas y hechos del crecimiento económico colombiano durante la segunda mitad del siglo XX, centrandó la discusión en el comportamiento de las variables producto, exportaciones no tradicionales y formación de capital humano a través de la educación; cuya evolución se considera relevante para los propósitos de este estudio.

La revisión del crecimiento económico colombiano durante al segunda mitad del siglo XX permite observar que la mayor evolución del PIB se presentó en las tres primeras décadas del período, con un crecimiento medio cercano al 5%, en tanto que en los últimos dos decenios esa tasa media de crecimiento fue sólo del 3.3%. Es decir, si la dinámica de crecimiento que presentó la economía colombiana entre 1950 y 1980 le permitía duplicar su producto en 14 años, la reducción en la misma durante 1980 – 2000 le significa que para duplicar su producto ahora requiere cerca de 21 años.

Como se sabe, en el período 1950 – 1980 estuvo vigente en el país la estrategia de crecimiento fundada en la sustitución de importaciones y la expansión del mercado interno, la misma que evidenció signos de agotamiento desde mediados de los setenta. Sin embargo, las mayores tasas de crecimiento del PIB se presentaron en los decenios sesenta y setenta (cuadro 1), cuando la estrategia sustitutiva estuvo acompañada de una política importante de promoción de las

exportaciones manufactureras, las cuales tuvieron un rápido crecimiento especialmente en el subperíodo 1970 – 1974.

Esa aceleración del crecimiento de la economía colombiana durante los años sesenta y setenta estuvo acompañada de una reducción de la volatilidad en el mismo, medida a través de la desviación estándar de la tasa de crecimiento del PIB real<sup>19</sup>. Es por ello que Colombia llegó a ser considerada por analistas nacionales e internacionales como un paradigma del manejo macroeconómico (Cárdenas Santamaría, 2002).

**Cuadro 1: Colombia, tasas de crecimiento promedio anual (%)**

Período	PIB real 1975 = 100	Desviación estándar del crecimiento del PIB	PIB real Per cápita
1950 - 1960	4.33	2.02	1.37
1960 - 1970	5.11	1.21	2.10
1970 - 1980	5.45	1.73	3.00
1980 - 1990	3.50	1.44	1.20
1990 - 2000	3.00	2.82	0.81

*Fuente: Base de datos GRECO (2002). Cálculos propios.*

Aunque esa volatilidad siguió siendo baja, en los años ochenta se observa una desaceleración considerable del crecimiento económico. En ese decenio el país y la región se vieron sumidos en una crisis económica y de deuda externa que

<sup>19</sup> Aunque en los setenta este indicador aumenta, no alcanza los niveles previos. Además, su comportamiento pudo haber estado más influido por fenómenos exógenos a la economía: crisis petrolera, manifiesta en una caída de más del 50% en la tasa de crecimiento de 1975, y bonanza cafetera, que propició un crecimiento del PIB del 8.5% en 1978, el doble de la tasa registrada en el año anterior.

presionó un proceso de ajuste macroeconómico orientado por el FMI. A su vez, el desempeño económico insatisfactorio justificó la adopción de un paquete de medidas de reforma estructural en los noventa. Una serie de drásticos cambios constitucionales y legales modificaron los regímenes relacionados con: la banca central, el comercio exterior, la tasa de cambio, la inversión extranjera, el mercado laboral y la seguridad social. Las restricciones cuantitativas a las importaciones fueron fuertemente disminuidas y el promedio de la tarifa del arancel pasó del 43.7% en 1989 al 11.7% en 1992.

Como se señaló antes, los modelos de crecimiento endógeno reconocen que los efectos de la apertura comercial sobre la dinámica económica de un país dependen de su situación previa y, por lo tanto, estos pueden ser asimétricos. En el caso colombiano lo que se puede observar, en principio, es que el período de apertura coincide con el de más bajo crecimiento económico en la historia reciente, pero aún no es clara la relación entre uno y otro fenómeno económico<sup>20</sup>.

El desempeño en términos per cápita resulta bastante similar, observándose una mayor dinámica en los decenios de los sesenta y setenta, con un debilitamiento sustancial de la misma en los años ochenta y noventa. A lo largo de ese medio siglo la tasa media de crecimiento del PIB real per cápita se acercó al 1.7%, en tanto que entre 1950 y 1980 fue del 2.2% y entre 1980 y el 2000 del 1%. Crecer en términos per cápita a una tasa del 2.2% anual equivale a duplicar el ingreso real per cápita al cabo de unos 32 años, que es la diferencia media de edades

---

<sup>20</sup> Para Cárdenas Santamaría (2002) la pérdida de dinámica está relacionada con el deterioro de la productividad, debido al aumento de la criminalidad asociada al narcotráfico y las actividades insurgentes. Considera que 1980 – 2000 puede ser caracterizado por un círculo vicioso de alto crimen, evolución negativa de la productividad, bajo crecimiento y aumento en la concentración del ingreso. Otros trabajos que utilizan el enfoque de contabilidad del crecimiento para explorar las fuentes del crecimiento (Sánchez Torres et. al., 1996; GRECO, 2002; Posada y Gómez, 2002) coinciden en relacionar la desaceleración del crecimiento económico colombiano en los últimos decenios del siglo XX con la reducción del residuo de Solow, es decir, la productividad multifactorial.

entre dos generaciones sucesivas. Hacerlo a una tasa del 1% anual significa que para duplicar el ingreso per cápita se requieren por lo menos 70 años.

De otro lado, a partir de una versión reciente de la base de datos *Penn World Table* que tiene series desde 1950 hasta 1998 para 104 países del mundo, entre desarrollados y en desarrollo, Posada y Gómez (2002) calcularon tasas geométricas anuales de crecimiento del producto real per cápita entre 1960 y 1998, las cuales se consideran una buena aproximación a la media de las tasas anuales observadas. Según esas estimaciones la media de las tasas de crecimiento para esa canasta de países fue del 1.8%. Es decir, el desempeño de la economía colombiana estuvo cercano a los promedios internacionales.

Así mismo, la tasa de crecimiento media de 24 países que en 1960 tenían un ingreso per cápita cercano al colombiano fue del 1.5%. Por lo anterior, puede decirse que el desempeño de la economía colombiana resulta aceptable. Sin embargo, debe observarse que las principales economías desarrolladas tuvieron un crecimiento similar o superior al colombiano, con lo cual el país no logró ninguna reducción en la brecha que le separa de dichas economías.

**Cuadro 2: Tasas de crecimiento geométrico del PIB per cápita en dólares de 1990 (%)**

Período	Argentina	Brasil	Chile	Colombia	México
1950 - 1960	0.99	3.08	1.07	1.64	2.65
1960 - 1970	2.51	2.51	1.76	1.99	2.81
1970 - 1980	1.11	5.00	0.83	2.95	3.08
1980 - 1990	-2.03	-0.78	1.01	1.28	-0.50
1990 - 2000	2.29	1.00	4.01	-0.14	1.50
Desv. estándar	4.71	3.66	5.05	2.24	3.02

Fuente: Base de datos GRECO (2002). Cálculos propios.

En un ejercicio similar (cuadro 2) en el cual se comparan las tasas de crecimiento geométrico del PIB per cápita, medido en dólares de 1990, de algunas economías latinoamericanas, se observan desempeños bastante heterogéneos que no permiten mayores conclusiones generales sobre el período de análisis. Sin embargo, es claro, de un lado, que el país tampoco logró avances significativos respecto a sus similares de la región, excepción hecha del caso argentino; de otro lado, el desempeño económico colombiano fue mucho más estable.

En lo que tiene que ver con las variables de comercio exterior, durante la segunda mitad del siglo XX la economía colombiana no fue cerrada, pero sí menos abierta que el promedio internacional. Si se mide el grado de apertura como la razón entre la suma de exportaciones e importaciones y el PIB (cuadro 3), se observa que en 1998 ese indicador para Colombia solo era 15 puntos mayor que en 1950. De manera complementaria debe señalarse que, mientras al inicio del período considerado el grado de apertura de la economía colombiana tenía niveles cercanos a los de su similar chilena, en los noventa esta última economía es 1.6 veces más abierta que la colombiana. Así mismo, una economía más pequeña como lo es la de Costa Rica fue en promedio 2.5 veces más abierta que la del país.

**Cuadro 3: Grado de apertura ([exportaciones + importaciones]/PIB)**

País	1950	1960	1970	1980	1990	1996	1997
Chile	24.7	31.1	28.6	49.8	65.5	58.4	56.1
Colombia	20.6	30.6	29.8	31.8	35.4	33.5	35.4*
Costa Rica	52.0	48.1	63.2	63.3	75.3	90.5	93.4

Fuente: Base de datos GRECO (2002). Cálculos propios. \*Año 1998

De otro lado, los primeros esfuerzos realizados en busca de consolidar rubros exportadores no tradicionales dieron sus frutos iniciales a fines de los cincuenta,

cuando su valor promedio con referencia a períodos anteriores se multiplica por cinco aunque conservando niveles aún incipientes (cuadro 4). A partir de entonces, y hasta los primeros años del decenio de los setenta, la dinámica de las exportaciones estuvo explicada por los incrementos en las exportaciones diferentes al café y el petróleo crudo<sup>21</sup>.

Dentro de las exportaciones no tradicionales, las de origen manufacturero constituyeron el 24% en 1957 y el 37% en 1970. Estas aprovecharon en su momento las ventajas derivadas de la reducción en tarifas arancelarias y bajos costos de movilización ofrecidos por el mercado regional (ALALC).

El comportamiento de las exportaciones no tradicionales durante 1970 – 1989, aunque con una gran dinámica que le significó multiplicar por cuatro su promedio de participación en el rubro total de ventas al exterior y por 23 su valor promedio en dólares, no tiene un patrón general de evolución y pueden reseñarse tres subperíodos: i) 1970 – 1974, con rápido crecimiento de su valor y de su participación en el PIB y en las exportaciones totales; ii) 1975 – 1985, se presenta estancamiento, con tasas de crecimiento negativas en 1976, 1981 y 1982; iii) 1986 – 1991, las exportaciones no tradicionales recuperan su dinámica observando un crecimiento promedio del 21% anual.

Mientras en el subperíodo 1970 – 1974 el sector industrial fue el que más contribuyó al crecimiento de las exportaciones no tradicionales, en el subperíodo 1975 – 1985 dicho sector en unión con el agropecuario observó peor desempeño en el ámbito de las exportaciones distintas de café, petróleo crudo, banano y oro. Este último comportamiento se explica, en parte, por la apreciación real del peso colombiano entre 1975 y 1982, asociada a la fuerte entrada de divisas provenientes de la bonanza cafetera de fines de los setenta, y por la

---

<sup>21</sup> Según GRECO (2002) entre 1957 y 1972 el 84% del crecimiento del valor de las exportaciones en dólares corrientes se explicó por incrementos en este tipo de exportaciones no tradicionales.

desaceleración de la economía mundial, fruto de una política monetaria restrictiva iniciada en los Estados Unidos en la segunda mitad del decenio de los setenta y seguida por otros países desarrollados. La política de reactivación posteriormente adoptada, aceleración del ritmo de devaluación gradual y estrategias de promoción como la reglamentación de los certificados de reintegro tributario y los créditos de Proexpo, y la recuperación de la economía mundial explican a su vez el nuevo fortalecimiento de las exportaciones no tradicionales durante 1986 – 1991<sup>22</sup>.

**Cuadro 4: Colombia, promedio de exportaciones por períodos.**

Período	Exportaciones no tradicionales* (millones de dólares)	Participación en el total de exportaciones (%)	Exportaciones totales (millones de dólares)
1925 – 1949	210	6	3274
1950 – 1969	1058	10	10447
1970 – 1989	24246	40	60522
1990 – 1999	52229	56	93425

\*Distintas a café, petróleo crudo, banano y oro.

**Fuente: Base de datos GRECO (2002).**

Finalmente, en el período de los noventa las exportaciones no tradicionales presentaron un crecimiento anual moderado cercano al 7% en promedio. Un comportamiento que estuvo influido por la desaceleración observada en el ritmo de crecimiento de los países industrializados; un cierto grado de revaluación, especialmente en los primeros años del decenio; y un desmonte de los subsidios contemplados en el certificado de reintegro tributario<sup>23</sup>.

<sup>22</sup> Véase Misas, et. al. (2001).

<sup>23</sup> Idem.

En cuanto a la formación de capital humano a través de la educación, Sarmiento y Caro (1997) califican el avance de la educación en Colombia como lento, insuficiente e inequitativo, frente a los objetivos de política formulados para la educación básica. Hasta 1976 esa educación básica se identificaba con la primaria completa; el decreto 88 de 1976 definió a la educación básica como la primaria más cuatro años adicionales de formación secundaria. Sin embargo, en el umbral del siglo XXI la escolaridad promedio de la población colombiana sólo es de 7.3 años de estudio y en la zona rural sus habitantes no alcanzan en promedio la primaria completa (cuadro 5).

**Cuadro 5: Colombia, escolaridad promedio de la población (años de estudio)**

Año	Escolaridad total	Escolaridad urbana	Escolaridad rural
1950	2.9	4.3	1.9
1960	3.24	4.19	2.25
1970	4.2	5.48	2.66
1980	5.25	6.56	3.2
1990	6.13	7.27	3.87
2000	7.3	8.3	4.4

Fuente: DANE, cálculos UDS del DNP.

Los mayores avances parecen haberse dado entre 1990 y el año 2000, cuando el promedio de años de estudio de la población aumentó en 1.17 años, y entre 1970 y 1980, en cuyo período ese promedio aumentó en 1.05 años. En general, en los últimos 50 años del siglo XX la tasa de escolaridad de la población colombiana aumentó en 4.4 años; es decir, se necesitaron 11.4 años (20 en el sector rural) para aumentar el promedio de educación de la población en un año. Entonces, en las condiciones vigentes del sector educativo colombiano, se requieren por lo menos 42 años para alcanzar un promedio de educación en la población de 11 años.

La escolaridad promedio de la población urbana ha sido el doble de su similar rural; aunque en la segunda mitad del siglo XX la tasa de escolaridad rural observó un aumento levemente mayor, al multiplicarse por 2.3, respecto al de la urbana que se multiplicó por 1.9.

Poco antes de la década de los setenta los países de América Latina convirtieron en temas centrales de la agenda educativa al alfabetismo y a la educación básica, por considerarlos la puerta de entrada al desarrollo social y productivo de las personas y de la colectividad. Según la información de los censos de población, en Colombia la reducción del analfabetismo fue mayor entre 1973 y 1985, cuando esa tasa cayó en 6.5 puntos (cuadro 6). De otro lado, aunque en este ámbito los logros han sido mayores en las zonas rurales, las tasas de analfabetismo de la población rural siguen siendo más de tres veces las de la población urbana.

**Cuadro 6: Colombia, tasas de analfabetismo en población mayor de 15 años (%)**

Zona	1973	1985	1993	2002*
Total	18.8	12.3	9.9	8.5
Cabecera	10.5	7.1	5.7	5.04
Resto	32.6	23.1	20.3	18.36

**Fuente: DANE, censos de población. Cálculos UDS del DNP. \*Ministerio de educación. Estadísticas sobre matrícula total, cobertura, docentes y establecimientos educativos año 2002.**

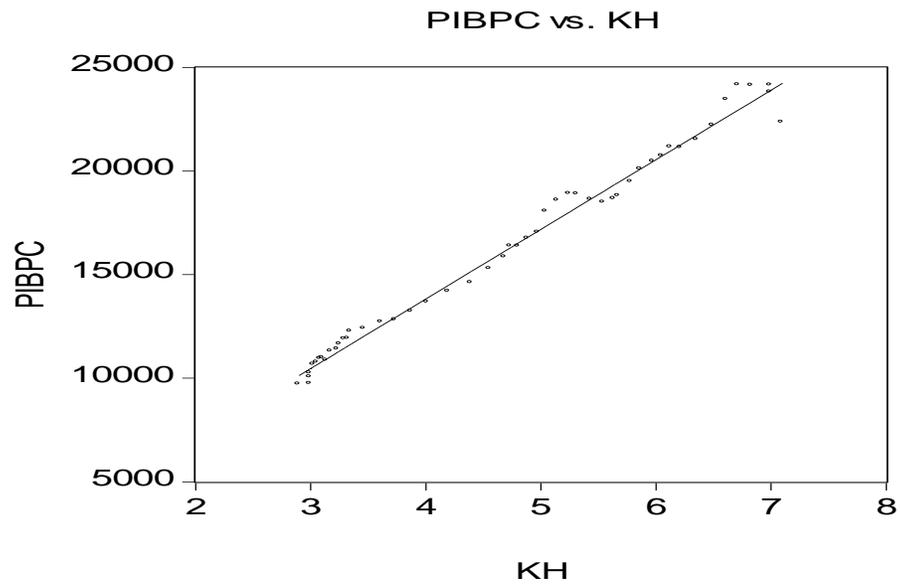
Los menores logros en la reducción del analfabetismo a partir de 1985 parecen estar relacionados con la observación del crecimiento de la matrícula primaria como un proceso interrumpido. La expansión de dicha matrícula llegó hasta mediados de los años setenta; mientras entre 1970 y 1975 tuvo un crecimiento anual de 3.7%, entre 1975 y 1985 prácticamente se estancó y volvió a crecer al 2.2% anual entre 1985 y 1993 (Sarmiento y Caro, 1997). Por su parte, la matrícula

secundaria ha mantenido desde mediados de los años setenta una tasa de crecimiento promedio anual superior al 4%.

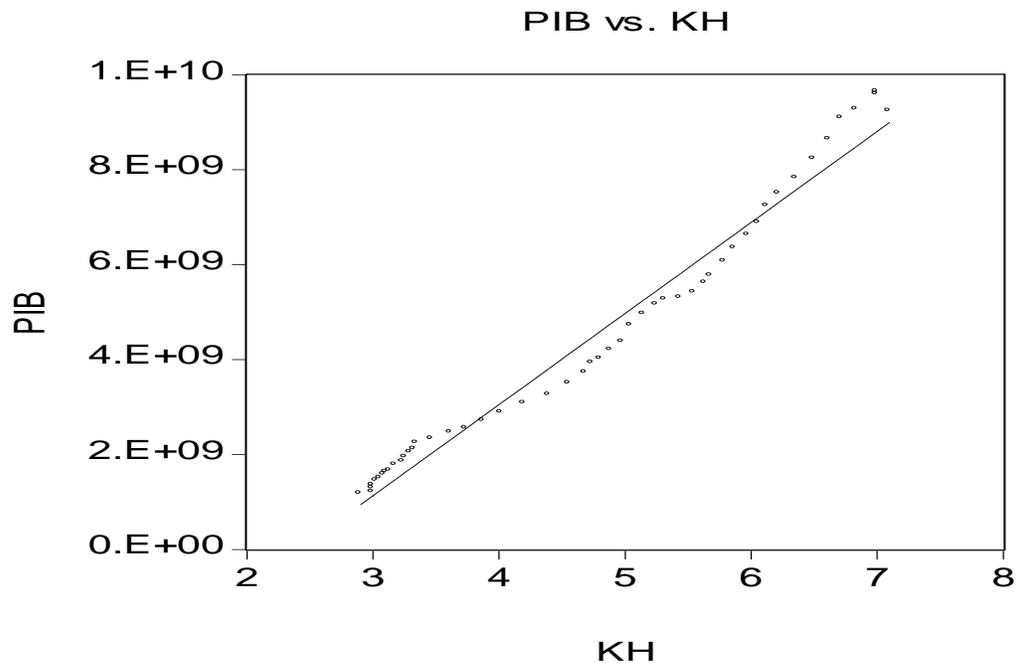
De otro lado, un primer acercamiento a los vínculos entre estas variables en el período de estudio, a través del análisis de dispersión (Gráfico 1), permite observar la presencia de un comportamiento en relación directa entre los indicadores de crecimiento, PIB y PIB per cápita, y la evolución del indicador de capital humano. De igual forma, se observa un movimiento en relación directa entre estos indicadores de evolución de la economía colombiana y el comportamiento de las exportaciones menores del país. Estos resultados preliminares tienden a hacer plausible la hipótesis de una relación positiva entre el crecimiento económico colombiano y la dinámica observada por las exportaciones menores y la acumulación de capital humano.

**Gráfico 1: Colombia, análisis de dispersión entre variables.**

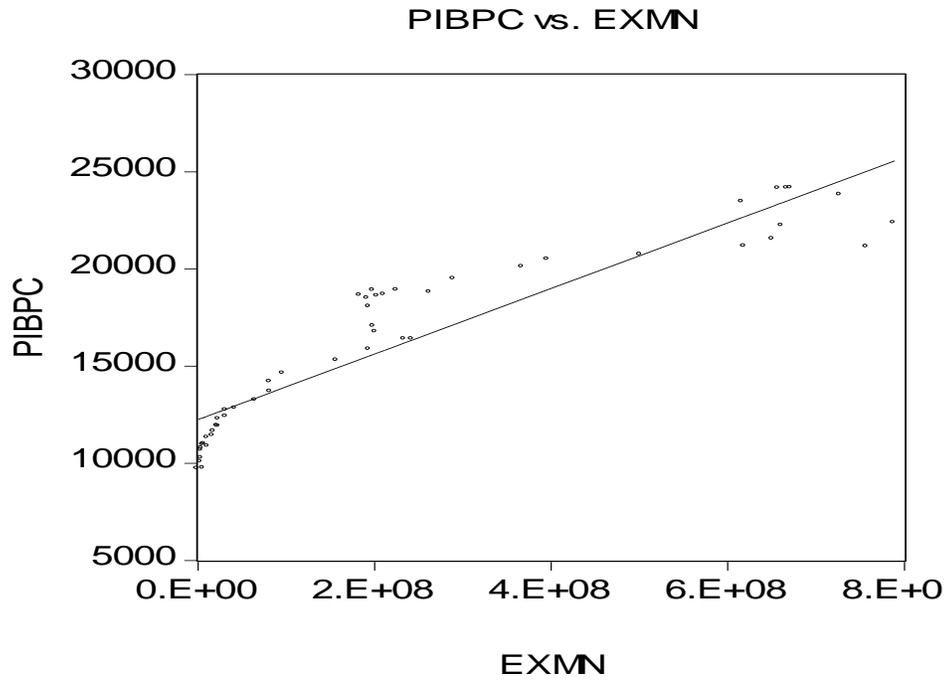
**Dispersión capital humano - PIB per cápita:**



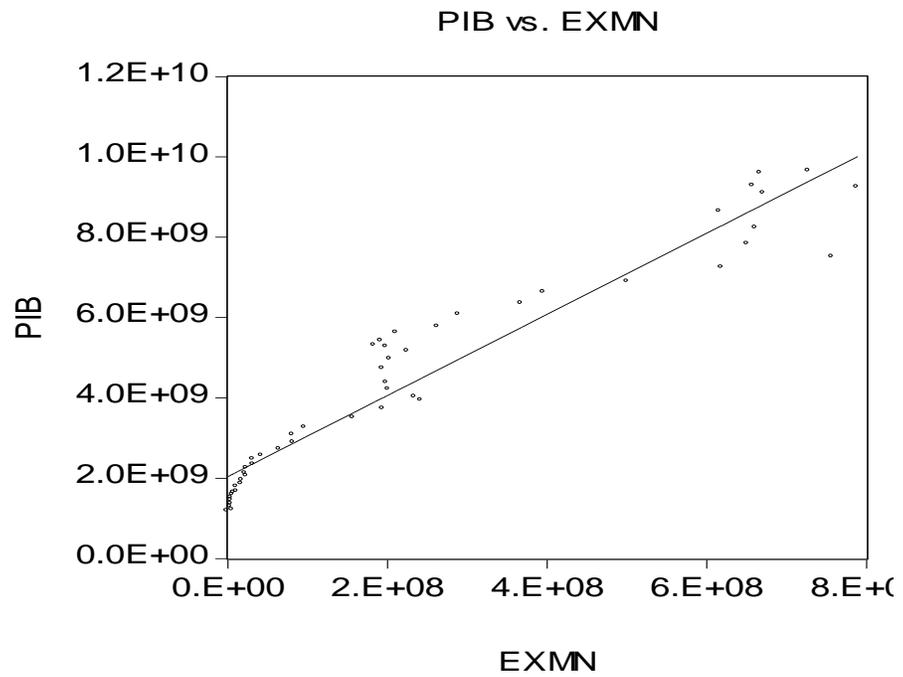
**Dispersión capital humano - PIB:**



**Dispersión exportaciones menores – PIB per cápita:**



**Dispersión exportaciones menores - PIB:**



## RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN.

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 fijo, el capital humano 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.

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 son integradas de orden uno (ver anexo B). 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 7. 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 teoría<sup>24</sup>. Algo similar se presentó al recurrir a LCOME como variable alternativa de comercio exterior.

**Cuadro 7. 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 <sup>2</sup> 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.

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

<sup>24</sup> Gonzalez et. al. (1999) estiman igualmente una elasticidad negativa del producto a la fuerza laboral que tiene menos de seis (6) años de educación.

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 Bhargava<sup>25</sup>. 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 C).

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 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.

---

<sup>25</sup> 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.

Finalmente, Sánchez et. al. (1996) estimaron un  $\alpha$  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 8.

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.

**Cuadro 8: Algunas estimaciones de la elasticidad del producto al capital físico**

<i><b>América Latina</b></i>	<i><b>Mundial</b></i>	<i><b>Mundial</b></i>	<i><b>Asia</b></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)**

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 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  $\psi=0.28^{26}$ , 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 9) que, además de observar un coeficiente negativo y estadísticamente 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 (ver anexo D).

---

<sup>26</sup> Para el cálculo se tuvo en cuenta que la elasticidad del producto al capital humano, el coeficiente de LKH, es  $\beta_h = 1 - \alpha + \lambda + \Psi$

Sin embargo, arroja un coeficiente negativo asociado al impacto de corto plazo del stock de capital físico rezagado un período.

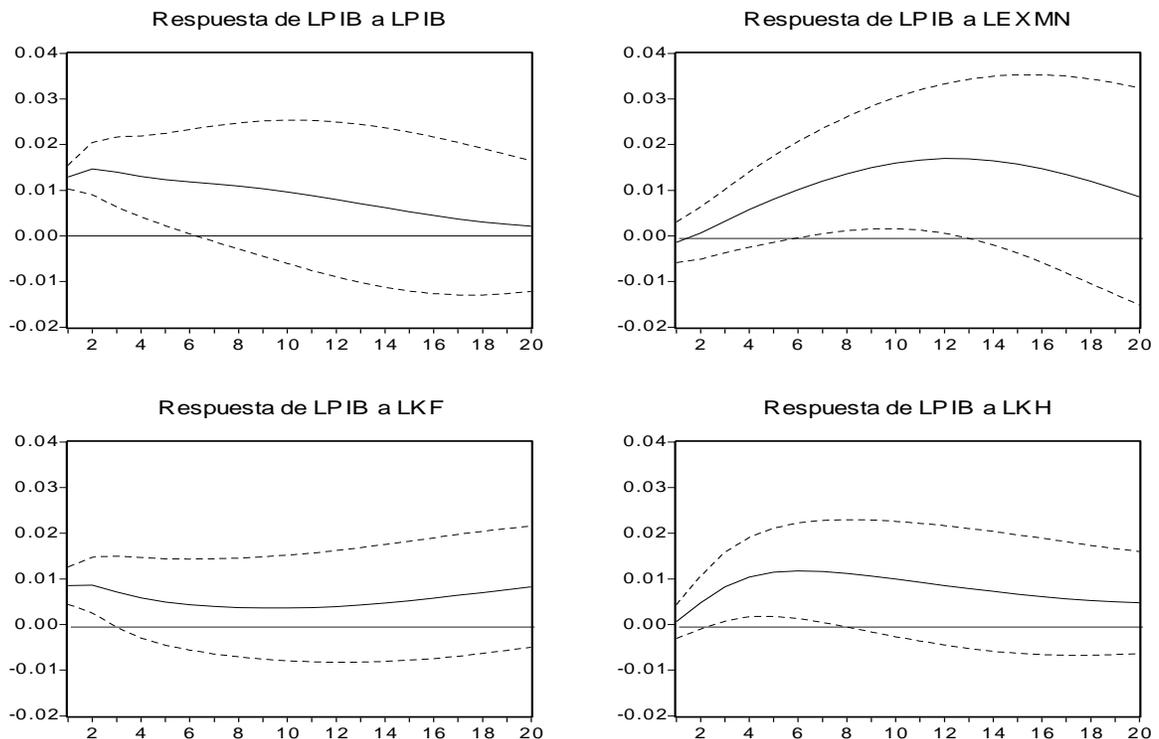
**Cuadro 9. Modelo de corrección de errores, ecuación de cointegración 2**

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 <sup>2</sup>	0.428045			
R <sup>2</sup> 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.

**Gráfico 2: análisis impulso-respuesta para el crecimiento económico colombiano.**

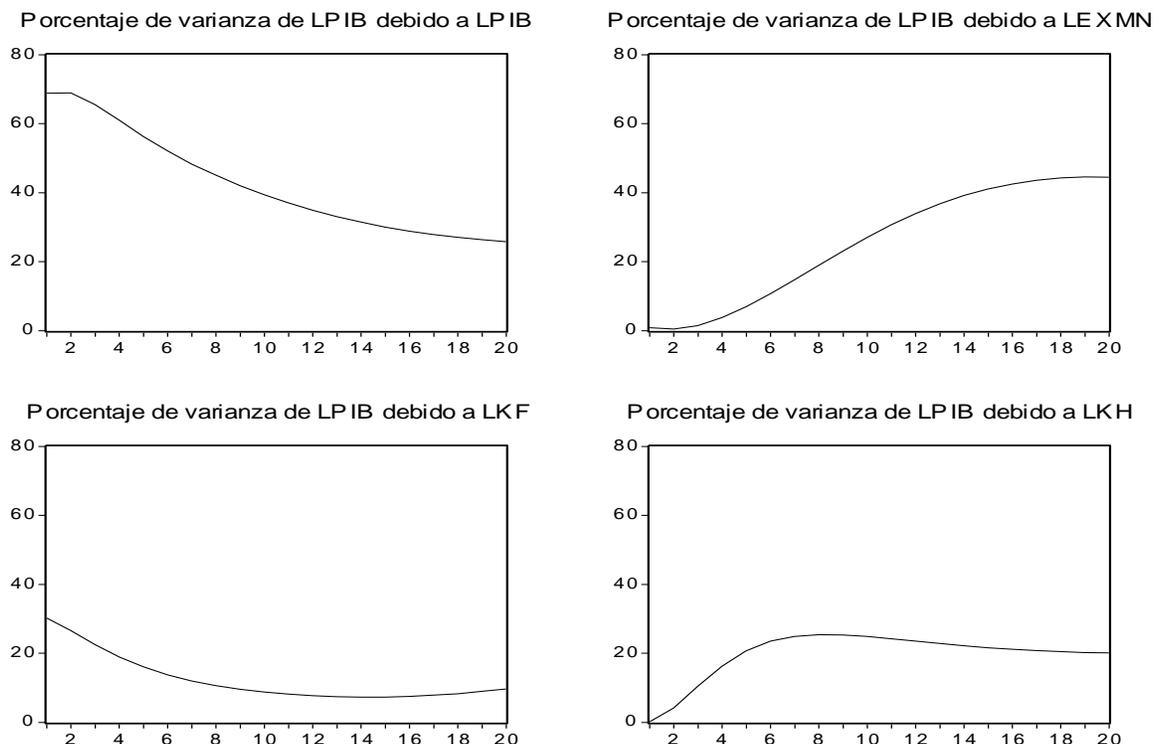


En general, un análisis impulso – respuesta (gráfico 2) refleja estos resultados en términos de relaciones de corto y largo plazo. Si bien una innovación en las exportaciones no tradicionales no parece tener efectos de corto plazo, pues LPIB tiende a reaccionar después de dos períodos, su impacto es 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 3 y anexo E). 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 3: análisis de descomposición de la varianza del logaritmo del PIB.**



Finalmente, las pruebas de causalidad de Granger<sup>27</sup> (Anexo F) 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)

<sup>27</sup> 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).

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 7, ecuación 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 (ver anexo F) 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 G) 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 (anexo A).

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 educación<sup>28</sup> 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.

---

<sup>28</sup> 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).

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 beneficios<sup>29</sup> 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 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

---

<sup>29</sup> 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.

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.

## BIBLIOGRAFIA

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.

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, april.

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 (mayo).

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: EL COMPORTAMIENTO DEL MODELO EN EL LARGO PLAZO.

Para evaluar el comportamiento de la economía representada en el modelo de crecimiento adoptado se parte de la función de producción con rendimientos crecientes contenida en la ecuación 5.

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

Para simplificar la presentación, a partir de ahora se suprimirán los subíndices temporales,  $t$ , y se tendrá en cuenta que  $h = h_a$ . Dividiendo 5 por “L” se obtiene el producto en términos per cápita (ecuación 8).

$$y = A_0 X^\lambda k^\alpha u^{1-\alpha} h^{1-\alpha+\lambda+\Psi} \quad (8)$$

Como se ha supuesto que todos los trabajadores tienen el mismo nivel de calificación, se puede asumir que  $h = H/L$ ; además se sabe que  $k = K/L$ . Tomando derivadas con respecto al tiempo se tiene que,

$$\frac{\dot{h}}{h} = \frac{\dot{H}L - LH}{L^2} = \frac{\dot{H}}{L} - nh$$

$$\overset{0}{\dot{k}} = \frac{\overset{0}{K}\overset{0}{L} - \overset{0}{L}\overset{0}{K}}{L^2} = \frac{\overset{0}{K}}{L} - nk$$

Donde  $\frac{\partial Z}{\partial t} = \overset{0}{Z}$ , y  $\frac{\overset{0}{L}}{L} = n$

Dividiendo las ecuaciones 6 y 7 por "L" y reemplazando  $\frac{\overset{0}{H}}{L}$  y  $\frac{\overset{0}{K}}{L}$  se obtienen las ecuaciones de acumulación del capital físico (6') y humano (7') per cápita.

$$\overset{0}{\dot{k}} = A_0 X^\lambda k^\alpha u^{1-\alpha} h^{1-\alpha+\lambda+\Psi} - c - (n + \delta_k)k \quad (6')$$

$$\overset{0}{\dot{h}} = \phi h(1 - u) - (n + \delta_h)h \quad (7')$$

### LA SOLUCIÓN DEL PLANIFICADOR:

Para un supuesto planificador de ésta economía el problema es elegir una trayectoria temporal de consumo individual,  $c$ , y la fracción de tiempo que sus integrantes dedicarán a la actividad productiva,  $u$ , y a la acumulación de capital humano,  $1-u$ ; con el propósito de maximizar la función de utilidad intertemporal,  $U$ , sujeto a las restricciones que imponen las ecuaciones 6' y 7', y teniendo en cuenta todos los efectos (internos y externos) que se presentan en la economía.

$$U = \int_0^{\infty} e^{-(\rho-n)t} \left( \frac{c^{1-\theta} - 1}{1-\theta} \right) dt$$

Donde  $\rho$ : tasa de descuento y  $0 < \rho < 1$ .

$\theta$ : coeficiente de aversión relativa al riesgo y  $0 < \theta < 1$ .

$n$ : tasa de crecimiento de la población, que se asume igual a la de la población trabajadora.

De esta forma se tienen dos restricciones dinámicas y dos variables de control ( $c$  y  $u$ ); por lo que al construir el Hamiltoniano se deben incluir dos precios implícitos,  $V$  y  $M$ , para la inversión en capital físico y humano en forma respectiva:

$$H(\cdot) = \left( \frac{c^{1-\theta} - 1}{1-\theta} \right) e^{-(\rho-n)t} + V \left[ A_0 X^\lambda k^\alpha u^{1-\alpha} h^{1-\alpha+\lambda+\Psi} - c - (n + \delta_k)k \right] \\ + M \left[ \phi h(1-u) - (n + \delta_h)h \right]$$

En este modelo, además de dos variables de control, se tienen dos variables de estado,  $k$  y  $h$ . Por lo tanto, las condiciones de primer orden son:

$$a) \frac{\partial H(\cdot)}{\partial c} = 0$$

Resolviendo se tiene que,

$$V = c^{-\theta} e^{-(\rho-n)t}$$

Tomando logaritmo y derivando respecto al tiempo,

$$\frac{\overset{0}{V}}{V} = -\theta \frac{\overset{0}{c}}{c} - (\rho - n) \quad (\text{A1})$$

$$\text{b) } \frac{\partial H(\cdot)}{\partial u} = 0$$

Es decir,

$$V \left[ A_0 X^\lambda k^\alpha (1 - \alpha) u^{-\alpha} h^{1-\alpha+\lambda+\Psi} \right] = M \phi h \quad (\text{A2})$$

$$\text{c) } -\frac{\partial H(\cdot)}{\partial k} = \overset{0}{V}$$

Entonces,

$$\overset{0}{V} = -V \left[ A_0 X^\lambda \alpha k^{\alpha-1} u^{1-\alpha} h^{1-\alpha+\lambda+\Psi} - n - \delta_k \right]$$

$$\frac{\overset{0}{V}}{V} = - \left[ \alpha A_0 X^\lambda k^{\alpha-1} u^{1-\alpha} h^{1-\alpha+\lambda+\Psi} - n - \delta_k \right] \quad (\text{A3})$$

$$\text{d) } -\frac{\partial H(\cdot)}{\partial h} = \overset{0}{M}$$

Entonces,

$$\overset{0}{M} = -V \left[ A_0 X^\lambda k^\alpha u^{1-\alpha} (1-\alpha + \lambda + \Psi) h^{-\alpha+\lambda+\Psi} \right] - M [\phi(1-u) - n - \delta_h] \quad (\text{A4})$$

Para simplificar el álgebra, se supone que  $\delta_k = \delta_h = \delta$ . Igualando A1 y A3 se tiene que,

$$\frac{\overset{0}{c}}{c} = \Gamma_c = \frac{1}{\theta} \left[ \alpha A_0 X^\lambda k^{\alpha-1} u^{1-\alpha} h^{1-\alpha+\lambda+\Psi} - \delta - \rho \right] \quad (\text{A5})$$

Con  $\Gamma_c$  la tasa de crecimiento del consumo per cápita. Para obtener esa misma tasa de crecimiento para el capital físico,  $\Gamma_k$ , se divide inicialmente la ecuación 6' por  $k$ ,

$$\frac{\overset{0}{k}}{k} = \Gamma_k = A_0 X^\lambda k^{\alpha-1} u^{1-\alpha} h^{1-\alpha+\lambda+\Psi} - \frac{c}{k} - (n + \delta) \quad (\text{A6})$$

Reorganizando A5 se tiene que,

$$(\theta \Gamma_c + \delta + \rho) \frac{1}{\alpha} = A_0 X^\lambda k^{\alpha-1} u^{1-\alpha} h^{1-\alpha+\lambda+\Psi} \quad (\text{A5}')$$

Reemplazando este resultado en A6 y despejando  $c/k$ ,

$$-\frac{c}{k} = \Gamma_k + n + \delta - (\theta \Gamma_c + \delta + \rho) \frac{1}{\alpha}$$

En estado estacionario todas las variables crecen a una tasa constante; es decir,  $\Gamma_k = \Gamma_k^*$  y  $\Gamma_c = \Gamma_c^*$  de estado estacionario son constantes, al igual que  $n, \delta, \theta, \rho, \alpha$ . Por lo tanto,

$$-\frac{c^*}{k} = Z, \text{ siendo } Z \text{ una constante.}$$

Si se toman logaritmos y se deriva respecto al tiempo,

$$-\frac{\overset{0}{c^*}}{c^*} + \frac{\overset{0}{k^*}}{k^*} = 0$$

En consecuencia,

$$\Gamma_c^* = \Gamma_k^* = \Gamma^*$$

Retomando la igualdad A5', a la cual se le toman logaritmos y se deriva respecto al tiempo, se obtiene en estado estacionario:

$$0 = \lambda x + (\alpha - 1) \frac{\overset{0}{k^*}}{k^*} + (1 - \alpha + \lambda + \Psi) \frac{\overset{0}{h^*}}{h^*} \quad (\text{A7})$$

Para obtener A7 se tuvo en cuenta que: el lado izquierdo de A5' es una constante en estado estacionario; como se sabe, la tasa de crecimiento de  $u$  debe ser cero, dado que es una fracción que debe permanecer acotada entre cero y uno; el componente exógeno de la tecnología ( $A_0$ ) es constante y, finalmente, las variables de comercio exterior crecen a una tasa exógena  $x$ .

Ahora se toma logaritmos a la ecuación 8 (producto per cápita), se deriva respecto al tiempo y se le suma y resta al lado derecho  $\frac{\dot{k}^*}{k^*}$ , obteniéndose:

$$\frac{\dot{y}^*}{y^*} = \lambda x + (\alpha - 1) \frac{\dot{k}^*}{k^*} + (1 - \alpha + \lambda + \Psi) \frac{\dot{h}^*}{h^*} + \frac{\dot{k}^*}{k^*} \quad (\text{A8})$$

Reemplazando A7 en A8 queda que,

$$\frac{\dot{y}^*}{y^*} = \Gamma_y^* = \frac{\dot{k}^*}{k^*}$$

Reorganizando la ecuación A7 se puede establecer que,

$$\frac{\dot{k}^*}{k^*} = \frac{(1 - \alpha + \lambda + \Psi) \dot{h}^*}{(1 - \alpha) h^*} + \frac{\lambda}{(1 - \alpha)} x \quad (\text{A7'})$$

Es decir, si existen externalidades del capital humano y las interacciones entre el capital humano y las variables de comercio exterior generan endogeneidad en el cambio técnico ( $\Psi > 0$ ,  $\lambda > 0$ ), en estado estacionario la tasa de crecimiento del capital físico es mayor que la tasa de crecimiento del capital humano; resultado que coincide con el obtenido por Lucas (1988) en su modelo original.

Ahora la tarea es encontrar la tasa de crecimiento del capital humano en estado estacionario. Para ello se retoma inicialmente la ecuación A2 a la cual se le toma logaritmos y se deriva respecto al tiempo obteniéndose,

$$\lambda x + \alpha \frac{{}^0k}{k} + (\lambda + \Psi - \alpha) \frac{{}^0h}{h} = \frac{{}^0M}{M} - \frac{{}^0V}{V} \quad (\text{A9})$$

Si además se multiplica por  $u(1-\alpha+\lambda+\Psi)$  y se divide por  $h(1-\alpha)$  en la ecuación A2, se tiene que:

$$V \left[ A_0 X^\lambda k^\alpha (1-\alpha+\lambda+\Psi) u^{1-\alpha} h^{-\alpha+\lambda+\Psi} \right] = M \phi u \frac{(1-\alpha+\lambda+\Psi)}{(1-\alpha)}$$

Reemplazando en la ecuación A4,

$$\dot{M} = -M \phi u \frac{(1-\alpha+\lambda+\Psi)}{(1-\alpha)} - M [\phi(1-u) - n - \delta]$$

$$\frac{\dot{M}}{M} = (1-\alpha)(n + \delta - \phi) - \phi u (\lambda + \Psi) \quad (\text{A10})$$

Reemplazando A1 y A10 en A9:

$$\lambda x + \alpha \frac{{}^0k}{k} + (\lambda + \Psi - \alpha) \frac{{}^0h}{h} = (1-\alpha)(n + \delta - \phi) - \phi u (\lambda + \Psi) - \left[ -\theta \frac{{}^0c}{c} - (\rho - n) \right]$$

Como  $\frac{c^0}{c} = \frac{k^0}{k}$ , entonces,

$$\lambda x + \alpha \frac{k^0}{k} + (\lambda + \Psi - \alpha) \frac{h^0}{h} = (1 - \alpha)(n + \delta - \phi) - \phi u(\lambda + \Psi) + \theta \frac{k^0}{k} + \rho - n$$

$$\lambda x + (\alpha - \theta) \frac{k^0}{k} + (\lambda + \Psi - \alpha) \frac{h^0}{h} = (1 - \alpha)(n + \delta - \phi) - \phi u(\lambda + \Psi) + \rho - n \quad (\text{A11})$$

Reemplazando A7' en A11, se obtiene la tasa de crecimiento del capital humano,

$$\frac{h^0}{h^*} = \Gamma_h^* = \frac{[\phi u(\lambda + \Psi) + (1 - \alpha)(\phi - n - \delta) + n - \rho](1 - \alpha)}{\theta(1 - \alpha + \lambda + \Psi) - \lambda - \Psi} + \left[ \frac{\lambda(1 - \theta)}{\theta(1 - \alpha + \lambda + \Psi) - \lambda - \Psi} \right]^x \quad (\text{A12})$$

La cual es una constante que depende, entre otras variables, de la dinámica que presente el cambio técnico, el cual ha sido vinculado en este caso con las variables de comercio exterior, y de las externalidades generadas en la acumulación de capital humano. De otro lado, si se sustituye A12 en A7' se encontrará que, igual, la tasa de crecimiento del capital físico per cápita es constante y, en consecuencia, también lo son las del consumo y del producto per cápita.

Finalmente, para determinar la fracción de capital humano utilizada en la actividad productiva,  $u$ , se divide la ecuación de acumulación del capital humano per cápita por  $h$  y se despeja  $u$ , con lo cual esa fracción en el estado estacionario es:

$$\frac{\overset{0}{h^*}}{h^*} = \Gamma_h^* = \phi(1 - u^*) - n - \delta$$

$$u^* = 1 - \frac{(\Gamma_h^* + n + \delta)}{\phi} \quad (\text{A13})$$

### LA SOLUCIÓN DEL MERCADO COMPETITIVO.

Para los integrantes de la economía el problema es similar, elegir una trayectoria temporal de consumo individual,  $c$ , y la fracción de tiempo que dedicarán a la actividad productiva,  $u$ , y a la acumulación de capital humano,  $1-u$ ; con el propósito de maximizar la función de utilidad íntertemporal,  $U$ , sujeto a las restricciones que imponen las ecuaciones de acumulación del capital físico y humano en términos per cápita. Sin embargo, la diferencia está en que, como agentes privados, los individuos asumen los términos  $h^l$  y  $h_a^\Psi$  como dados en tanto sólo consideran los efectos internos del capital humano, por lo que al resolver el Hamiltoniano la condición de primer orden,

$$\text{d) } -\frac{\partial H(.)}{\partial h} = \overset{0}{M}$$

Será:

$$\overset{0}{M} = -V \left[ A_0 X^\lambda k^\alpha u^{1-\alpha} (1-\alpha) h^{-\alpha} h^\lambda h_a^\Psi \right] - M [\phi(1-u) - n - \delta]$$

$$\overset{0}{M} = -V \left[ A_0 X^\lambda k^\alpha u^{1-\alpha} (1-\alpha) h^{-\alpha+\lambda+\Psi} \right] - M [\phi(1-u) - n - \delta] \quad (\text{A4'})$$

Tomando logaritmos a A2 y derivando respecto al tiempo,

$$\lambda x + \alpha \frac{\overset{0}{k}}{k} - \alpha \frac{\overset{0}{h}}{h} = \frac{\overset{0}{M}}{M} - \frac{\overset{0}{V}}{V} \quad (\text{A9}')$$

Si se multiplica la ecuación A2 por  $u$  y se divide por  $h$ , se tiene que:

$$V \left[ A_0 X^\lambda k^\alpha u^{1-\alpha} (1-\alpha) h^{-\alpha+\lambda+\Psi} \right] = M \phi u$$

Reemplazando en A4',

$$\overset{0}{M} = M \phi u - M [\phi(1-u) - n - \delta]$$

$$\frac{\overset{0}{M}}{M} = n + \delta - \phi \quad (\text{A10}')$$

Reemplazando A1 y A10' en A9',

$$\lambda x + \alpha \frac{\overset{0}{k}}{k} - \alpha \frac{\overset{0}{h}}{h} = n + \delta - \phi - \left[ -\theta \frac{\overset{0}{c}}{c} - (\rho - n) \right]$$

Como  $\frac{\overset{0}{c}}{c} = \frac{\overset{0}{k}}{k}$ , entonces,

$$\lambda x + \alpha \frac{\overset{0}{k}}{k} - \alpha \frac{\overset{0}{h}}{h} = \delta - \phi + \theta \frac{\overset{0}{k}}{k} + \rho$$

$$\lambda x + (\alpha - \theta) \frac{\overset{0}{k}}{k} - \alpha \frac{\overset{0}{h}}{h} = \delta - \phi + \rho \quad (\text{A11}')$$

Anteriormente, para obtener A7', se procedió tomando logaritmos a A5' y derivando respecto al tiempo. Si se hace lo mismo, pero asumiendo  $h^\lambda$  y  $h_a^\psi$  como dados, se obtiene la ecuación A7'':

$$\frac{\overset{0}{k}^*}{k^*} = \frac{\overset{0}{h}^*}{h^*} + \frac{\lambda x}{(1 - \alpha)} \quad (\text{A7}'')$$

Reemplazando A7'' en A11' se obtiene la tasa de crecimiento del capital humano,

$$\frac{\overset{0}{h}^*}{h^*} = \Gamma_h^* = \frac{\phi - \rho - \delta}{\theta} + \left[ \frac{\lambda(1 - \theta)}{\theta(1 - \alpha)} \right] x \quad (\text{A12}')$$

Tasa que sigue siendo una constante que depende, entre otras, de la dinámica observada por el cambio técnico asociado a las variables de comercio exterior. Sin embargo, la tasa de crecimiento del capital humano que se obtiene a partir del mercado (A12') resulta menor que la tasa que se obtiene con la intervención de un planificador (A12). En el primer componente del lado derecho de A12' es claro que el denominador es mayor, dado que el parámetro  $\theta$  se multiplica por la unidad (mientras que  $1 - \alpha + \lambda + \psi < 1$ ) y no se le resta  $\lambda + \psi$ ; a la vez que en el numerador no se le suma la cantidad positiva  $\phi u(\lambda + \psi)$ . Igual, en el segundo componente del

lado derecho de A12' el denominador es también mayor, pues al tiempo que no se le suma  $\theta(\lambda+\psi)$  se le deja de restar  $\lambda+\psi$  y como  $\theta$  está entre cero y uno entonces  $\theta(\lambda+\psi) < \lambda+\psi$ .

Como la tasa de crecimiento del capital humano resulta menor en la solución del mercado, también lo serán la del capital físico, el consumo y el producto en términos per cápita, según las ecuaciones A5, A7', A7'' y A8. Es decir, 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, por lo tanto se hace necesaria la intervención de un planificador que las internalice.

**ANEXO B: TEST DICKEY-FULLER AUMENTADO (ADF) PARA EVALUAR PRESENCIA DE RAÍCES UNITARIAS EN LAS SERIES TEMPORALES.**

**Variable LEXMN:**

ADF Test Statistic	-4.435461	1% Critical Value*	-3.5745	
		5% Critical Value	-2.9241	
		10% Critical Value	-2.5997	
*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(LEXMN,2)				
Sample(adjusted): 1953 1999				
Included observations: 47 after adjusting endpoints				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LEXMN(-1))	-0.748665	0.168791	-4.435461	0.0001
D(LEXMN(-1),2)	-0.073957	0.050703	-1.458627	0.1518
C	0.081583	0.029576	2.758427	0.0084
R-squared	0.542645	Mean dependent var	0.011737	
Adjusted R-squared	0.521856	S.D. dependent var	0.222521	
S.E. of regression	0.153869	Akaike info criterion	-0.843730	
Sum squared resid	1.041728	Schwarz criterion	-0.725636	
Log likelihood	22.82767	F-statistic	26.10267	
Durbin-Watson stat	2.073426	Prob(F-statistic)	0.000000	

**Variable LKH:**

ADF Test Statistic	-3.431164	1% Critical Value*	-3.5713	
		5% Critical Value	-2.9228	
		10% Critical Value	-2.5990	
*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(LKH,2)				
Sample(adjusted): 1952 1999				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LKH(-1))	-0.387615	0.112969	-3.431164	0.0013
C	0.006705	0.002435	2.753686	0.0084
R-squared	0.203779	Mean dependent var	-0.000411	
Adjusted R-squared	0.186470	S.D. dependent var	0.009801	
S.E. of regression	0.008840	Akaike info criterion	-6.578291	
Sum squared resid	0.003595	Schwarz criterion	-6.500324	
Log likelihood	159.8790	F-statistic	11.77289	
Durbin-Watson stat	1.640787	Prob(F-statistic)	0.001280	

**Variable LKF:**

ADF Test Statistic	-4.422115	1% Critical Value*	-3.5745	
		5% Critical Value	-2.9241	
		10% Critical Value	-2.5997	
*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(LKF,2)				
Method: Least Squares				
Sample(adjusted): 1953 1999				
Included observations: 47 after adjusting endpoints				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LKF(-1))	-0.402639	0.091051	-4.422115	0.0001
D(LKF(-1),2)	0.633296	0.130855	4.839685	0.0000
C	0.016207	0.003843	4.217588	0.0001
R-squared	0.424687	Mean dependent var	-0.000182	
Adjusted R-squared	0.398536	S.D. dependent var	0.007886	
S.E. of regression	0.006116	Akaike info criterion	-7.294025	
Sum squared resid	0.001646	Schwarz criterion	-7.175931	
Log likelihood	174.4096	F-statistic	16.24004	
Durbin-Watson stat	2.079694	Prob(F-statistic)	0.000005	

**Variable LPEA:**

ADF Test Statistic	-2.803219	1% Critical Value*	-3.5713	
		5% Critical Value	-2.9228	
		10% Critical Value	-2.5990	
*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(LPEA,2)				
Simple(adjusted): 1952 1999				
Included observations: 48 after adjusting endpoints				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LPEA(-1))	-0.137915	0.049199	-2.803219	0.0074
C	0.004421	0.001483	2.981260	0.0046
R-squared	0.145903	Mean dependent var	0.000347	
Adjusted R-squared	0.127335	S.D. dependent var	0.002182	
S.E. of regression	0.002038	Akaike info criterion	-9.512620	
Sum squared resid	0.000191	Schwarz criterion	-9.434653	
Log likelihood	230.3029	F-statistic	7.858037	
Durbin-Watson stat	1.990964	Prob(F-statistic)	0.007383	

**Variable LPIB:**

ADF Test Statistic	-3.005022	1% Critical Value*	-3.5713	
		5% Critical Value	-2.9228	
		10% Critical Value	-2.5990	
*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(LPIB,2)				
Method: Least Squares				
Sample(adjusted): 1952 1999				
Included observations: 48 after adjusting endpoints				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LPIB(-1))	-0.510893	0.170013	-3.005022	0.0043
C	0.020932	0.007956	2.631036	0.0115
R-squared	0.164095	Mean dependent var	-0.001480	
Adjusted R-squared	0.145923	S.D. dependent var	0.020766	
S.E. of regression	0.019191	Akaike info criterion	-5.027941	
Sum squared resid	0.016942	Schwarz criterion	-4.949974	
Log likelihood	122.6706	F-statistic	9.030160	
Durbin-Watson stat	1.839078	Prob(F-statistic)	0.004289	

**Variable LCOME:**

ADF Test Statistic	-4.603861	1% Critical Value*	-3.5778	
		5% Critical Value	-2.9256	
		10% Critical Value	-2.6005	
*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(LCOME,2)				
Method: Least Squares				
Sample(adjusted): 1953 1998				
Included observations: 46 after adjusting endpoints				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LCOME(-1))	-1.061628	0.230595	-4.603861	0.0000
D(LCOME(-1),2)	-0.135472	0.141285	-0.958855	0.3430
C	0.007205	0.013208	0.545464	0.5883
R-squared	0.625374	Mean dependent var	0.001303	
Adjusted R-squared	0.607950	S.D. dependent var	0.141517	
S.E. of regression	0.088609	Akaike info criterion	-1.946164	
Sum squared resid	0.337620	Schwarz criterion	-1.826905	
Log likelihood	47.76177	F-statistic	35.89062	
Durbin-Watson stat	1.897397	Prob(F-statistic)	0.000000	

## ANEXO C: 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	1% Critical Value*	-2.6100
		5% Critical Value	-1.9474
		10% Critical Value	-1.6193
*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.			
Augmented Dickey-Fuller Test Equation			
Dependent Variable: D(RES2)			
Method: Least Squares			
Sample(adjusted): 1951 1999			
Included observations: 49 after adjusting endpoints			
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic
RES2(-1)	-0.553312	0.134471	-4.114733
R-squared	0.253286	Mean dependent var	-0.003898
Adjusted R-squared	0.253286	S.D. dependent var	0.039179
S.E. of regression	0.033856	Akaike info criterion	-3.913225
Sum squared resid	0.055018	Schwarz criterion	-3.874617
Log likelihood	96.87402	Durbin-Watson stat	0.942911

### 2. Prueba de cointegración de Johansen.

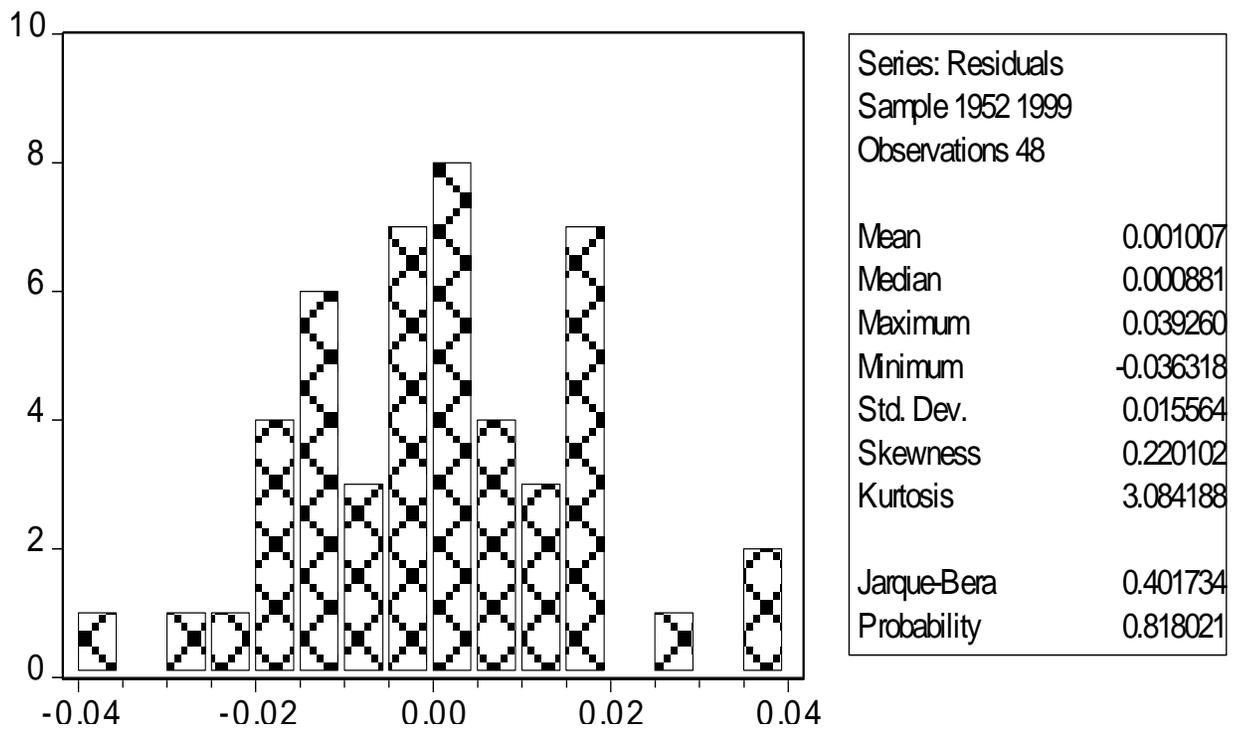
Sample: 1950 1999				
Included observations: 47				
Test assumption: Linear deterministic trend in the data				
Series: LPIB LEXMN LKF LKH				
Lags interval: 1 to 2				
	Likelihood	5 Percent	1 Percent	Hypothesized
Eigenvalue	Ratio	Critical Value	Critical Value	No. of CE(s)
0.452690	54.21281	47.21	54.46	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 D: PRUEBAS PARA EL MCE

***DLPIB DLKF DLKF(-1) DLKH(-1) DLPIB(-1) RES2(-1)***

***Normalidad:***



**Homocedasticidad:**

White Heteroskedasticity Test:				
F-statistic	1.686722	Probability	0.120956	
Obs*R-squared	15.03004	Probability	0.130970	
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Sample: 1952 1999				
Included observations: 48				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.001966	0.000795	2.472013	0.0182
DLKF	0.002232	0.036558	0.061067	0.9516
DLKF^2	-0.056187	0.436065	-0.128849	0.8982
DLKF(-1)	-0.041486	0.035938	-1.154388	0.2557
DLKF(-1)^2	0.459901	0.427845	1.074924	0.2894
DLKH(-1)	-0.034678	0.016764	-2.068652	0.0456
DLKH(-1)^2	0.628895	0.352089	1.786181	0.0823
DLPIB(-1)	-0.017425	0.012392	-1.406130	0.1680
DLPIB(-1)^2	0.129305	0.143329	0.902154	0.3728
RES2(-1)	2.55E-05	0.001604	0.015928	0.9874
RES2(-1)^2	-0.013268	0.019094	-0.694865	0.4915
R-squared	0.313126	Mean dependent var	0.000238	
Adjusted R-squared	0.127484	S.D. dependent var	0.000352	
S.E. of regression	0.000329	Akaike info criterion	-13.00315	
Sum squared resid	4.00E-06	Schwarz criterion	-12.57433	
Log likelihood	323.0755	F-statistic	1.686722	
Durbin-Watson stat	2.207180	Prob(F-statistic)	0.120956	

**Homocedasticidad:**

ARCH Test:				
F-statistic	0.015572	Probability	0.901246	
Obs*R-squared	0.016259	Probability	0.898537	
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Sample(adjusted): 1953 1999				
Included observations: 47 after adjusting endpoints				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.000248	6.33E-05	3.910197	0.0003
RESID^2(-1)	-0.020756	0.166326	-0.124789	0.9012
R-squared	0.000346	Mean dependent var	0.000243	
Adjusted R-squared	-0.021869	S.D. dependent var	0.000354	
S.E. of regression	0.000358	Akaike info criterion	-12.98962	
Sum squared resid	5.77E-06	Schwarz criterion	-12.91089	
Log likelihood	307.2560	F-statistic	0.015572	
Durbin-Watson stat	1.777813	Prob(F-statistic)	0.901246	

**Correlación serial:**

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:				
F-statistic	0.019406	Probability	0.889876	
Obs*R-squared	0.000000	Probability	1.000000	
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID				
Method: Least Squares				
Presample missing value lagged residuals set to zero.				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DLKF	0.023785	0.380184	0.062561	0.9504
DLKF(-1)	-0.002634	0.309648	-0.008505	0.9933
DLKH(-1)	0.003986	0.214987	0.018539	0.9853
DLPIB(-1)	-0.022418	0.214508	-0.104508	0.9173
RES2(-1)	-0.002839	0.072840	-0.038982	0.9691
RESID(-1)	0.036165	0.259613	0.139304	0.8899
R-squared	-0.003810	Mean dependent var	0.001007	
Adjusted R-squared	-0.123311	S.D. dependent var	0.015564	
S.E. of regression	0.016496	Akaike info criterion	-5.254982	
Sum squared resid	0.011428	Schwarz criterion	-5.021082	
Log likelihood	132.1196	Durbin-Watson stat	1.884241	

## ANEXO E: ANÁLISIS DE DESCOMPOSICIÓN DE LA VARIANZA DE LPIB.

Periodo	S.E.	LPIB	LEXMN	LKF	LKH
1	0.015499	68.77305	0.838306	30.21494	0.173703
2	0.023519	68.86532	0.431670	26.52773	4.175283
3	0.029608	65.61236	1.456142	22.53583	10.39567
4	0.034933	60.97367	3.746365	18.96272	16.31724
5	0.039898	56.28630	6.933485	16.06023	20.71999
6	0.044622	52.04321	10.68965	13.78624	23.48090
7	0.049139	48.30206	14.76099	12.01778	24.91917
8	0.053450	44.99073	18.94416	10.64133	25.42378
9	0.057543	42.03276	23.07075	9.572056	25.32443
10	0.061394	39.37794	27.00379	8.750428	24.86784
11	0.064977	36.99924	30.63773	8.135579	24.22746
12	0.068265	34.88266	33.89716	7.700122	23.52006
13	0.071236	33.01878	36.73363	7.426661	22.82093
14	0.073877	31.39760	39.12121	7.305346	22.17584
15	0.076187	30.00598	41.05220	7.331900	21.60991
16	0.078174	28.82676	42.53359	7.505753	21.13390
17	0.079863	27.83872	43.58454	7.828112	20.74864
18	0.081284	27.01711	44.23478	8.299905	20.44820
19	0.082479	26.33453	44.52358	8.919641	20.22225
20	0.083495	25.76217	44.49855	9.681366	20.05791
Ordering: LEXMN LKF LKH LPIB					

## ANEXO F: 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 G: PRUEBAS ASOCIADAS A LA REGRESIÓN DE COINTEGRACIÓN 4

### *Prueba ADF para apertura.*

ADF Test Statistic	-4.741124	1% Critical Value*	-3.5745	
		5% Critical Value	-2.9241	
		10% Critical Value	-2.5997	
*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(APERTURA,2)				
Method: Least Squares				
Sample(adjusted): 1953 1999				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(APERTURA(-1))	-1.014388	0.213955	-4.741124	0.0000
D(APERTURA(-1),2)	0.007194	0.150752	0.047722	0.9622
C	0.021583	0.038223	0.564660	0.5752
R-squared	0.503597	Mean dependent var	0.000000	
Adjusted R-squared	0.481033	S.D. dependent var	0.361158	
S.E. of regression	0.260176	Akaike info criterion	0.206781	
Sum squared resid	2.978417	Schwarz criterion	0.324876	
Log likelihood	-1.859355	F-statistic	22.31884	
Durbin-Watson stat	2.000104	Prob(F-statistic)	0.000000	

### *Prueba raíces unitarias para residuos de la ecuación de cointegración 4. Valor crítico (Tablas de Mackinnon): C(0.1, 49) = 4.35195*

ADF Test Statistic	-4.309706	1% Critical Value*	-2.6100	
		5% Critical Value	-1.9474	
		10% Critical Value	-1.6193	
*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(RES4)				
Sample(adjusted): 1951 1999				
Included observations: 49 after adjusting endpoints				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RES4(-1)	-0.596773	0.138472	-4.309706	0.0001
R-squared	0.271623	Mean dependent var	-0.003956	
Adjusted R-squared	0.271623	S.D. dependent var	0.039530	
S.E. of regression	0.033737	Akaike info criterion	-3.920233	
Sum squared resid	0.054634	Schwarz criterion	-3.881624	
Log likelihood	97.04571	Durbin-Watson stat	0.916964	

**Modelo MCE.**

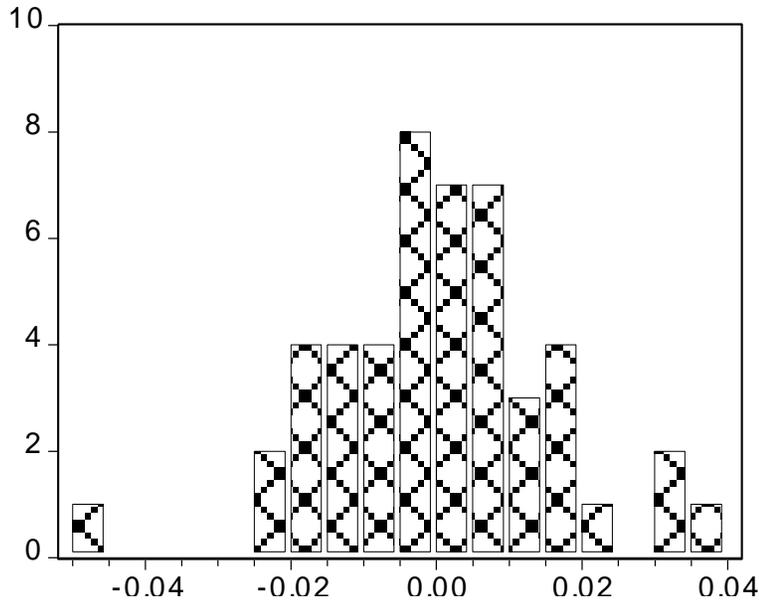
Dependent Variable: DLPIB				
Method: Least Squares				
Sample(adjusted): 1952 1999				
Included observations: 48 after adjusting endpoints				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DLKF	1.224473	0.340350	3.597691	0.0008
DLKF(-1)	-1.002874	0.308887	-3.246730	0.0023
DLKH	0.635627	0.236367	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

**Homocedasticidad.**

White Heteroskedasticity Test:			
F-statistic	2.093102	Probability	0.050560
Obs*R-squared	17.34285	Probability	0.067114
Test Equation:			
Dependent Variable: RESID^2			
Method: Least Squares			
Sample: 1952 1999			
Included observations: 48			
Variable	Coefficient	Std. Error	Prob.
C	0.003092	0.000991	3.120295
DLKF	-0.058410	0.040106	-1.456389
DLKF^2	0.634703	0.484193	1.310845
DLKF(-1)	-0.005499	0.041826	-0.131473
DLKF(-1)^2	0.002903	0.496574	0.005845
DLKH	-0.029509	0.021822	-1.352264
DLKH^2	0.488337	0.437095	1.117233
DLPIB(-1)	-0.046039	0.015306	-3.007896

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DLPIB(-1)^2	0.454654	0.173483	2.620747	0.0127
RES4(-1)	-0.000280	0.002410	-0.115972	0.9083
RES4(-1)^2	-0.033873	0.024290	-1.394509	0.1715
R-squared	0.361309	Mean dependent var		0.000244
Adjusted R-squared	0.188690	S.D. dependent var		0.000428
S.E. of regression	0.000385	Akaike info criterion		-12.68776
Sum squared resid	5.49E-06	Schwarz criterion		-12.25894
Log likelihood	315.5062	F-statistic		2.093102
Durbin-Watson stat	2.124169	Prob(F-statistic)		0.050560

**Normalidad.**



Series: Residuals	
Sample 1952 1999	
Observations 48	
Mean	0.000830
Median	0.001659
Maximum	0.036442
Minimum	-0.048100
Std. Dev.	0.015749
Skewness	-0.136588
Kurtosis	4.053524
Jarque-Bera	2.369078
Probability	0.305887

**Correlación serial.**

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:				
F-statistic	1.215306	Probability	0.307080	
Obs*R-squared	2.557845	Probability	0.278337	
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID				
Method: Least Squares				
Presample missing value lagged residuals set to zero.				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DLKF	-0.158265	0.394527	-0.401153	0.6904
DLKF(-1)	0.133689	0.319476	0.418464	0.6778
DLKH	-0.093843	0.246169	-0.381213	0.7050
DLPIB(-1)	0.057541	0.228523	0.251796	0.8025
RES4(-1)	0.007113	0.083710	0.084966	0.9327
RESID(-1)	-0.083246	0.287487	-0.289563	0.7736
RESID(-2)	0.266369	0.188344	1.414267	0.1648
R-squared	0.053288	Mean dependent var	0.000830	
Adjusted R-squared	-0.085255	S.D. dependent var	0.015749	
S.E. of regression	0.016406	Akaike info criterion	-5.248268	
Sum squared resid	0.011036	Schwarz criterion	-4.975384	
Log likelihood	132.9584	Durbin-Watson stat	1.803522	

## ANEXO H: BASE DE DATOS

<b>Año</b>	<b>PEA*</b>	<b>PIB*</b>	<b>PIBPC*</b>	<b>KF*</b>	<b>KH**</b>	<b>EXMN*</b>	<b>COME*</b>
1950	4019784	117454,3	9694,5	351481,0	2.90	25.75	20.58
1951	4076023	120741,7	9728,5	361611,7	3.00	664.03	26.1
1952	4156677	128407,9	10042,4	373028,6	3.00	414.51	25.15
1953	4238927	134953,2	10244,4	392052,5	3.00	497.96	29.56
1954	4322804	144625,4	10656,3	415420,6	3.03	497.04	28.92
1955	4408342	150362,2	10753,7	439975,6	3.06	507.18	26.19
1956	4503003	157506,8	10934,0	461720,8	3.09	678.65	24.58
1957	4599696	162823,0	10971,1	473779,6	3.11	831.73	28.4
1958	4698466	165915,8	10851,3	484222,7	3.14	1220.22	34.04
1959	4799357	177806,3	11287,5	496364,1	3.18	1163.85	30.98
1960	4902415	184931,7	11395,2	513086,5	3.24	1743.75	30.64
1961	5030150	194432,4	11628,8	532055,3	3.26	1849.37	27.01
1962	5161214	204612,9	11878,4	550585,1	3.30	2443.06	24.54
1963	5295693	211178,4	11899,6	565734,0	3.33	2267.65	24.39
1964	5433675	223915,0	12246,8	584506,5	3.35	2453.35	24.72
1965	5568284	232906,4	12380,0	600666,5	3.47	3249.65	21.38
1966	5740428	245865,3	12701,0	619143,6	3.62	3239.56	26.73
1967	5917893	254984,6	12801,4	639621,0	3.74	4331.17	22.96
1968	6100844	270928,3	13219,0	665530,1	3.88	6564.63	26.83
1969	6289452	288102,0	13661,2	691878,8	4.02	8280.58	27.11
1970	6483890	307496,0	14170,5	723654,1	4.20	8212.71	29.84
1971	6748479	325153,5	14592,5	757051,1	4.40	9735.47	29.37
1972	7023866	349573,2	15269,4	788293,5	4.56	15773.04	28.79
1973	7310490	372209,0	15837,3	823308,4	4.69	19476.10	29.46
1974	7569118	392955,7	16361,3	862448,8	4.74	24292.36	30.18
1975	7836895	401686,1	16355,5	897932,7	4.81	23479.68	29.83
1976	8104743	420207,1	16734,0	938240,6	4.89	20189.36	30.94
1977	8381745	436817,9	17028,1	977738,1	4.98	19989.62	30.07
1978	8668214	472336,2	18044,7	1022426,9	5.05	19470.82	30.44
1979	8964475	495846,3	18577,0	1068505,6	5.15	20403.33	28.66
1980	9270861	515783,2	18890,6	1123255,4	5.25	22575.56	31.81
1981	9568054	526171,3	18875,4	1181663,7	5.32	19945.81	27.27
1982	9874775	530205,3	18615,2	1240879,5	5.44	18434.69	26.1
1983	10191328	541208,6	18472,4	1299266,4	5.55	19272.64	23.7
1984	10518029	561684,8	18651,3	1356986,7	5.64	21161.61	24.35
1985	10855203	576303,2	18787,5	1407757,2	5.68	26338.98	26.33

Año	PEA*	PIB*	PIBPC*	KF*	KH**	EXMN*	COME*
1986	11234240	606479,3	19465,3	1464289,8	5.79	29009.71	30.83
1987	11626512	634439,7	20080,9	1520041,5	5.87	36823.96	29.87
1988	12032481	662403,7	20459,3	1585044,5	5.98	39656.06	30.15
1989	12452626	688222,5	20714,7	1642097,0	6.05	50151.02	31.82
1990	12887441	723318,5	21149,3	1693741,7	6.13	61929.32	35.4
1991	13319166	749966,2	21120,8	1737281,5	6.22	75800.69	35.3
1992	13765353	782322,8	21514,9	1791471,4	6.36	65174.60	33.5
1993	14226488	822666,6	22198,7	1883299,1	6.50	66218.04	35.2
1994	14678600	863802,7	23434,9	2003446,5	6.62	61702.53	35.0
1995	15145080	908741,4	24137,7	2143783,2	6.72	67212.70	35.5
1996	15614634	927423,9	24118,1	2276594,9	6.84	65841.26	33.5
1997	16098746	959237,2	24127,4	2400969,0	7.00	66801.07	34.6
1998	16597868	964589,3	23793,5	2506534,1	7.00	72814.19	35.4
1999	17112464	923610,4	22342,7	2563594,9	7.10	78911.50	n.d.
2000	17643014	949467,8	22524,7	2619218,2	7.30	n.d.	n.d.

PEA: población económicamente activa; PIB: producto interno bruto; PIBPC: producto interno bruto per cápita; KF: capital fijo; KH: años promedio de educación de la población; EXMN: exportaciones menores; COME: suma de exportaciones e importaciones como proporción del PIB, 1997 y 1998 cálculos propios. Todos los valores están en millones de pesos de 1975.

**Fuentes: \*Cálculos de Greco (2002) con base en diversas fuentes; \*\*Cálculos de la unidad de desarrollo social (UDS) del DNP con base en información DANE.**