

**IMPACTO DEL CAPITAL HUMANO SOBRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO  
COLOMBIANO DURANTE EL PERIODO 1976-2003**

**CARLOS MARIO GUERRERO RAMÍREZ  
PAOLA ANDREA SÁNCHEZ TREJOS  
RONALD ZAPATA AGUIRRE**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA POPULAR DEL RISARALDA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
PROGRAMA DE ECONOMÍA  
PEREIRA  
2008**

IMPACTO DEL CAPITAL HUMANO SOBRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO  
COLOMBIANO DURANTE EL PERIODO 1976-2003

CARLOS MARIO GUERRERO RAMIREZ  
PAOLA ANDREA SÁNCHEZ TREJOS  
RONALD ZAPATA AGUIRRE

Informe Final

Asesor  
GERARDO ANTONIO BUCHELLI LOZANO  
Economista Industrial

Trabajo presentado a:  
Comité Curricular

En la asignatura:  
Proyecto de Grado

UNIVERSIDAD CATÓLICA POPULAR DEL RISARALDA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
PROGRAMA DE ECONOMÍA  
PEREIRA  
2008

## **DEDICATORIA**

Este trabajo lo dedicamos especialmente a nuestras familias quienes hicieron posible la culminación satisfactoria de otra etapa de la vida de cada uno de nosotros.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos la realización y culminación de nuestro trabajo a nuestras familias quienes apoyaron el arduo trabajo de capacitación y crecimiento personal por el que cada uno de nosotros ha pasado,

También agradecemos especialmente a nuestro asesor Gerardo Antonio Buchelli Lozano, las horas de trabajo y los inmensos aportes realizados para la feliz culminación del mismo.

## **CONTENIDO**

	<b>PAG.</b>
<b>1. Descripción del Problema</b>	<b>8</b>
<b>2. Objetivos</b>	<b>11</b>
<b>2.1 General</b>	<b>11</b>
<b>2.2 Específicos</b>	<b>11</b>
<b>3. Justificación</b>	<b>12</b>
<b>4. Antecedentes</b>	<b>13</b>
<b>5. Marco Teórico</b>	<b>15</b>
<b>6. Metodología</b>	<b>25</b>
<b>6.1 Análisis descriptivo de variables estudiadas</b>	<b>25</b>
<b>6.2 Calibración del Modelo</b>	<b>30</b>
<b>7. Conclusiones</b>	<b>36</b>
<b>8. Bibliografía</b>	<b>38</b>
<b>9. Anexos</b>	<b>41</b>

## Lista de Gráficos

	<b>PAG.</b>
<b>Gráfico 1. PIB</b>	<b>26</b>
<b>Gráfico 2. Formación bruta de capital fijo</b>	<b>27</b>
<b>Gráfico 3. Capital Humano</b>	<b>28</b>
<b>Gráfico 4. Empleo por años de escolaridad</b>	<b>29</b>
<b>Gráfico 5. Análisis residuales</b>	<b>32</b>
<b>Gráfico 6. Análisis de impulso respuesta</b>	<b>37</b>
<b>Gráfico 7. Pruebas de diagnóstico</b>	<b>48</b>
<b>Gráfico 8. Correlogramas</b>	<b>49</b>
<b>Gráfico 9. Test Jarque-Bera</b>	<b>53</b>
<b>Gráfico 10. Test Chow</b>	<b>54</b>

## Lista de Anexos

	<b>PAG.</b>
<b>Anexo 1a. Formación Bruta de Capital Fijo</b>	<b>41</b>
<b>1b. Capital Humano</b>	<b>42</b>
<b>1c. Población Ocupada</b>	<b>43</b>
<b>Anexo 2. Datos econométricos</b>	<b>44</b>
<b>2a. Prueba de estacionariedad de las series</b>	<b>44</b>
<b>2b. VAR estimation results</b>	<b>46</b>
<b>Anexo 3. Verificación del modelo</b>	<b>48</b>
<b>3a. Análisis Gráfico</b>	<b>48</b>
<b>3b. Correlogramas</b>	<b>49</b>
<b>3c. Autocorrelación</b>	<b>49</b>
<b>3d. Autocorrelación muestra pequeña</b>	<b>50</b>
<b>3e. Normalidad</b>	<b>50</b>
<b>Anexo 4. Pruebas de Causalidad de Granger</b>	<b>54</b>

## Impacto del Capital Humano sobre el Crecimiento Económico colombiano durante el periodo 1976-2003

### Palabras clave:

- Capital Humano, Crecimiento Económico

### 1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:

En las primeras teorías sobre crecimiento económico, Harrod-Domar (1946) y Solow (1956), planteaban como elementos determinantes, el uso de factores productivos como la mano de obra y el capital; posteriormente, a partir de los aportes de Solow, se observó cómo las tasas de crecimiento que no eran explicadas por dichos factores, se atribuyeron al residuo de Solow, comúnmente referenciado como Productividad Total de los Factores o PTF; pero en desarrollos recientes, adquiere cada vez más importancia el mejoramiento en las condiciones propias del ser humano, expresado como inversión en capital humano, que finalmente se traduce en aumentos de la calidad de vida, mayores niveles educativos y en términos generales, crean unas condiciones propicias que garantizan mayores niveles de productividad, y por tanto, mayores tasas de crecimiento económico.

En términos generales, en diferentes épocas el crecimiento económico ha sido una recurrente preocupación de los economistas; al partir del concepto básico de crecimiento económico, según Blanchard (2006) entendido como la tasa de crecimiento del producto interno bruto, PIB<sup>1</sup>, sirve para “*evaluar los resultados de una economía de un año a otro*”.

Ahora bien, sus valores pueden estar expresados en términos per cápita pero el crecimiento económico es calculado generalmente en términos reales para tener en cuenta los efectos de las variaciones en los niveles de precios. Es claro entonces, que la medida del crecimiento económico es utilizada para observar los resultados económicos de un país en un período de tiempo. El producto interno bruto es el valor real de los bienes y servicios finales producidos en una economía. En términos per cápita es considerada como una medida de bienestar; sin embargo, su medición es limitada ya que presenta problemas como la no inclusión de algunas actividades típicas de trabajo dentro del hogar, entre otras, la magnitud de dichas actividades excluidas del producto interno bruto varía período a período

---

<sup>1</sup> Crecimiento del PIB=  $\frac{PIB_t - PIB_{t-1}}{PIB_t}$ .



y entre todos los países, por lo tanto las comparaciones entre ellos e incluso, entre regiones del mismo país, sobre el crecimiento económico se ven ligeramente alteradas por cuanto no existe homogenización en las actividades que pueden llegar a generar ingresos económicos.

Se podría concluir por tanto, que la medición del PIB posee falencias ya que no tiene en cuenta: las externalidades negativas, actividades mejoradoras del bienestar y decisiones de largo plazo, es decir, aquellas que afectan las generaciones futuras. Por tanto, un aumento en el crecimiento económico no representa necesariamente una mejoría en el bienestar para la mayoría de la población.

En la actualidad el crecimiento económico aún se emplea para determinar los resultados del desempeño económico de los países, al considerarse como medida numérica que puede ser interpretada y obtenida a partir de combinaciones entre insumos productivos con una tecnología dada. Se debe resaltar de igual forma, los importantes avances sobre el estudio del crecimiento a partir de sus determinantes.

Por ejemplo, mientras Harrod-Domar 1930 (citado por: Franco y Ramírez 2005), planteaban que el crecimiento económico se explicaba por el comportamiento de las principales variables de la demanda, proponiendo como mecanismo que garantizaba una permanente inversión privada, la existencia de una “*trayectoria de equilibrio*”, fundamentada en la “*planificación indicativa*”; posición eminentemente Keynesiana, en la que no se reconoce ni la importancia, ni el mejoramiento en las condiciones del capital humano; es decir, como conclusión global del modelo expuesto por Harrod y Domar se observa una situación en la cual se puede lograr un equilibrio racionalmente aceptable desde el punto de vista económico. Este fenómeno dio origen al término denominado filo de navaja, el cual manifiesta que una economía converge y llega al equilibrio estacionario racionalmente aceptable, cuando se logra la igualdad entre los parámetros del estado estacionario, hecho que es prácticamente imposible dada la exogeneidad de ellos.

Por su parte, Solow 1956 (citado por: Franco y Ramírez 2005), se basa en una función de producción neoclásica vista desde la oferta en donde la producción depende de una combinación de trabajo, capital y tecnología<sup>2</sup>; la principal conclusión es que las economías alcanzarán un estado estacionario cuando el crecimiento del producto per cápita es nulo y por tanto, el nivel de producción del estado estacionario dependerá tanto de la tecnología como de la dotación de factores.

---

<sup>2</sup> Modelo en el cual se incorporan supuestos como: rendimientos constantes a escala, rendimientos positivos pero decrecientes de los factores y “condiciones de innada”.

Finalmente, el crecimiento económico se ha estudiado desde la perspectiva endógena, a través de la cual se le da fuerza al capital humano como fuente de productividad y crecimiento económico, ésta teoría toma fuerza con el desarrollo de los modelos de Romer (1986), Lucas (1988) y Barro (1991), quienes establecieron que por medio de externalidades, o la introducción de capital humano, se generaban mejoras hacia un crecimiento económico a largo plazo.

Una vez reconocida la evolución del estudio sobre crecimiento económico y al contrastar la evidencia empírica en Colombia, Posada (1993) observa una situación atípica para el caso Colombiano; soportado en el modelo desarrollado por Solow, encuentra que el producto real posee relación estable con los niveles de capital real y fuerza laboral bajo una tecnología dada, determinando que el crecimiento económico colombiano en el periodo 1945-1988 fue significativo y acorde con las características de un país “en desarrollo” ya que según el autor, ésta respuesta es mucho más alta en países desarrollados por su incremento tecnológico, mientras que para Colombia se podría explicar por el mayor uso de la fuerza laboral y del capital, explicando de igual forma a partir del residuo de Solow, que el aumento anual del producto por trabajador ha dependido básicamente del aumento de la productividad total de factores la cual se situó en 1.4%, mientras que el incremento del capital por trabajador fue de tan sólo 0.2%.

Para continuar con los estudios generados en Colombia encontramos la conclusión de Ospina (2003) que define el capital humano como una variable importante para estimular el crecimiento de la economía colombiana por medio de aumentos en la productividad y en la inversión, además de ser una importante explicación sobre los cambios demográficos que presenta Colombia en las últimas décadas en cuanto a sustitución de cantidad de hijos por la calidad de la educación de los mismos.

A partir de la problemática planteada, se observa la necesidad de realizar un estudio que pretenda dar respuesta a la pregunta de investigación, ¿Cuál ha sido el Impacto del Capital Humano sobre el Crecimiento Económico Colombiano durante el periodo 1976-2003?

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 GENERAL**

Determinar el Impacto del Capital Humano sobre el Crecimiento Económico colombiano durante el periodo 1976-2003.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

- Establecer la relación teórica entre crecimiento económico y capital humano.
- Describir el comportamiento de las variables que afectan al capital humano en Colombia durante el periodo 1976-2003.
- Estimar cual ha sido el impacto del capital humano sobre el Crecimiento Económico colombiano durante el periodo 1976-2003.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

Crece es la meta de toda sociedad, y por esto las políticas siempre se han encaminado hacia el crecimiento económico y el mejoramiento de todos los habitantes de sus territorios. El crecimiento económico sostenido implica un notable crecimiento en los ingresos y mejoramiento de la calidad de vida de los individuos de la sociedad, permite visualizar la situación de un país, en cuanto a su situación socio económica, y distribución de bienes. El crecimiento económico también ha sido usado como medida de mejora de las condiciones de vida de los habitantes de un territorio, además va estrechamente ligado al capital humano el cual es el foco y realiza de manera directa las acciones para llevar a una sociedad a crecer a través de su constante capacitación y mejoramiento en cuanto a la realización de procesos, lo que hace cada vez más competitiva una compañía, una ciudad y finalmente se constituye en fomentador del crecimiento por medio del conocimiento adquirido por todo el capital humano disponible.

Además de lo anterior los estudios elaborados a partir de la visualización del capital humano como fomentador del crecimiento económico en los distintos países y regiones donde han sido desarrollados, han demostrado una relación directa, por lo que se ha decidido llevar a cabo este trabajo para Colombia, también se quiere conocer como ha sido ésta realmente en el país, si también ha producido crecimiento o por el contrario, se sigue desarrollando de manera atípica como los resultados del estudio de Posada.

Por lo tanto este trabajo permite un acercamiento a la realidad del país, visualizando como ha sido el impacto del capital humano en el crecimiento económico durante 1976-2003, además para determinar si ha sido importante o considerable y permite concluir si los cambios ocurridos, han contribuido a retornos sociales del capital humano (reversión), o si la distribución sigue siendo desigual o poco equitativa.

#### 4. ANTECEDENTES

En el presente trabajo se cuentan con varios referentes tanto a nivel internacional, Latinoamericano y local o colombiano, entre los cuales se destacan los siguientes: En el ámbito internacional se encuentran los estudios realizados por Pérez y Serrano (1998), quiénes analizan las relaciones entre la mejora educativa y el desarrollo económico en España, partiendo de series estadísticas elaboradas sobre los niveles educativos de la población española y unas dotaciones iniciales de penuria educativa, en las últimas décadas se ha tenido un gran salto cualitativo en materia educativa y reflejado en la población adulta, lo que ha permitido un gran mejoramiento en los niveles de estudio de la población activa y concluyó que el capital humano es uno de los principales factores determinantes del crecimiento económico en España y del desarrollo generalizado de las regiones. También verificó su distancia en niveles educativos, con los países más “desarrollados”, en donde se ha podido determinar que ésta ha disminuido sustancialmente aunque todavía le hace falta para igualarlos.

Freire-Serén (2001), analiza cómo el capital humano afecta el crecimiento económico, teniendo en cuenta el impacto y la invertibilidad en la causalidad del crecimiento en la acumulación de capital humano, encontró evidencia en el efecto del nivel educativo sobre el crecimiento económico. No observó relación causal en sentido contrario.

Neira y Guisán (2002), a través de modelos econométricos con data panel, muestran el efecto del capital humano sobre el incremento del PIB per cápita. Observan un impacto positivo del incremento del capital físico por habitante, destacando que aquellos países donde han alcanzado excelencia educativa durante el siglo XX, también son aquellos donde se ha evidenciado un mayor desarrollo económico.

Gregorio (2004), usando el modelo de Solow ampliado, con capital humano como es propuesto por Mankiw, Romer y Weil (1992) propone una definición amplia entre capital humano y distingue entre el innato y el adquirido, concluyendo con el mismo que existen diferencias amplias en las dotaciones de capital humano y más representativas en aquellos con mayor oportunidad formativa.

Howitt (2005), analiza cómo las condiciones de salud afectan al crecimiento económico, desde la perspectiva de crecimiento "schumpeteriano", y observó un incremento en la productividad y PIB per cápita en países donde se realizó una transformación tecnológica.

Para Latinoamérica, Ríos (2001), determina la contribución hecha por la mejora en el factor productivo, a través de la educación, usando un modelo de corte

transversal, similar al usado por MRW (1992) donde analizan los determinantes del crecimiento económico, encontrando una relación positiva entre capital humano y el producto per cápita en los diferentes sectores de la actividad económica.

Para Colombia, existen varios trabajos, entre ellos, Cárdenas (1994), elabora un trabajo econométrico con datos que comparan los departamentos del país, con lo cual se reduce la incidencia que en los resultados de las estimaciones pueden tener los 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. Además, orienta su trabajo a la estimación del impacto directo del capital humano sobre el crecimiento y encuentra una relación positiva entre las variables de educación de la población y la dinámica del producto colombiano.

González, Guzmán y Pachón (1999) realizan una medición de los retornos sociales del capital humano, entendidos como el “efecto externo” de que habla Lucas (1988). Los autores utilizan diferentes grados de calificación para el capital humano de la fuerza de trabajo y 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.

Gaviria (2005), estima la contribución de la acumulación de capital humano al crecimiento económico colombiano, para ello parte del enfoque de crecimiento endógeno de Lucas<sup>3</sup>, y para el análisis de las variables recurre al método de cointegración en dos etapas de Engle y Granger<sup>4</sup> concluyendo, 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.

Ramírez (2007), busca comprender el hecho económico de la formación o acumulación del Capital Humano y su relación con el crecimiento económico, para ello parte de los planteamientos de la teoría económica sobre los conceptos objeto de estudio, realizando un análisis detallado del comportamiento de la economía del departamento de Caldas, concluyendo que la acumulación de capital humano en el Departamento durante el período analizado fue muy baja, siendo la educación la que menor aporte realizó a este proceso, mientras la salud presentó un buen comportamiento. Por lo cual el capital humano no ha sido un factor generador de crecimiento de la economía.

---

<sup>3</sup> El cual plantea la existencia de externalidades a partir de la acumulación de capital humano.

<sup>4</sup> Dicho método permite estimar de manera conjunta la relación de equilibrio y el comportamiento del sistema fuera del equilibrio.

## 5. MARCO TEÓRICO

El Capital Humano es el aumento en las capacidades de los trabajadores, y son adquiridas con entrenamiento, educación y experiencia; se podría considerar como el conocimiento práctico, las habilidades alcanzadas y todas las capacidades aprendidas por las personas, formando con ello, potencialidades para desempeñar ciertos cargos a partir de los cuales se aumenta la productividad, inicialmente desde la empresa pero que en últimas se traduce en incrementos del crecimiento económico, concluyendo que el Capital Humano se podría expresar como el conocimiento y las habilidades propias de todos los individuos.

Ahora bien, aunque el desarrollo de modelos económicos que estudian el crecimiento económico desde el Capital Humano es relativamente reciente, el hombre, siempre ha desarrollado habilidades que generan mayores niveles de producción, hecho reconocido inclusive desde la escuela clásica, en la cual Adam Smith (1776), reconoció la importancia de la formación para lograr mejores resultados en el trabajo, hecho que se evidencia desde la primera parte del Tomo I de su libro *“La Riqueza de las Naciones”*, donde hace referencia a las diferencias emanadas por la naturaleza de los empleos y reconoce diversas causas que influyen en la ganancia monetaria entre los individuos, por ejemplo, *“facilidad y poco coste, o la dificultad y gastos para aprenderlos”*; sus deducciones surgen al comparar un hombre educado con una máquina, para lo cual afirma: *“Un hombre educado a expensas de mucho trabajo y tiempo, en cualquiera de aquellos oficios que requieren una destreza y pericia extraordinaria, debe compararse a una de estas máquinas.....”* Smith, eleva tanto la educación como la capacitación para el trabajo a la categoría de capital, proponiendo una utilidad mayor a medida que las capacidades óptimas que resultan del proceso de formación contribuyeran al logro de mayores niveles del producto, es decir, si los propietarios de las máquinas percibían una ganancia por el capital invertido en ella; de igual forma, el dueño del conocimiento debería recibir un valor por el capital invertido en el proceso de adquisición de dichas capacidades y pericias.

Sin embargo, el concepto de Capital Humano fue desarrollado por Schultz (1960), (citado por Ramírez Ospina), quien en 1979 recibe el premio Nobel de Economía precisamente por el reconocimiento de sus estudios sobre capital humano y contribución teórica para el desarrollo económico; señalando que el progreso del entorno económico de los pobres, se lograba esencialmente a partir del mejoramiento en la calidad de vida la población y mayores niveles de educación, proponiendo como estrategia brindar estímulos para la investigación, con la cual se obtendrían mayores logros en las habilidades humanas. También afirma que la inversión en la calidad de la población puede aumentar considerablemente las perspectivas económicas y el bienestar de los pobres, y por lo tanto a través de la educación se puede aumentar la calidad de la población.

De igual forma, Schultz señaló que la calidad de vida de la población la vinculaba a un recurso escaso, y por tanto se le debía asignar un valor económico aunque su logro estuviera asociado a un costo, planteando que al percibir unos retornos, o rendimientos mayores a su costo, se evidenciaría un incremento en la calidad de vida de la población. Consideró que una mayor inversión en capital humano era la verdadera prioridad de la sociedad, coincidiendo con el énfasis de Becker (1964), acerca del impacto positivo de la formación y la educación, en el que se parte del capital como asignación del tiempo y espacio, perspectiva abordada y ampliada por Becker más adelante.

En tal sentido, Becker (1964) es quien realiza por primera vez un trabajo formalizado sobre la teoría de inversión en capital humano, para lo cual desarrolló una nueva teoría del consumo a partir de la concepción del capital humano mediante la asignación del tiempo como variable proxy. Para él, las acciones que influyen en las utilidades monetarias futuras incluyen tanto el componente monetario como el no monetario para la asignación en la inversión de capital humano. Dentro de las inversiones se consideran la educación escolar y profesional, los cuidados médicos, las migraciones, la búsqueda de información sobre precios, rentas, etc. Su propuesta considera la siguiente ecuación:

$$W_2 (g - v) e^{\bar{r}(g-v)} = \int_g^f W_2 (g) e^{-\bar{r}(f-g)} dt - \int_g^f W_1 (g) e^{-\bar{r}(f-g)} dt - \int_v^g W_1 (v) e^{-\bar{r}(g-v)} dt$$

A partir de ella, Becker pretende capturar el costo de la educación, denotando a  $W_2$  como el salario de los profesores, el cual dependerá del costo de matrícula;  $v$  como el momento de vinculación laboral del individuo, es decir, el comienzo de la acumulación de capital humano y  $g$  el momento en que cesa la acumulación de capital humano. Por su parte, el lado derecho de la ecuación representa los beneficios de la educación, en ellos,  $f$  representa la finalización de la vida laboral;  $W_2$  se considera como el salario de quienes acumularon capital humano (investigadores, profesionales);  $W_1$  es el salario de los trabajadores no calificados, es decir, sin capital humano, y  $\bar{r}$  es la tasa de interés promedio entre  $v, g, f$ .

Igualando el costo de matrícula con el salario de los profesores  $W_2$ , y sustituyendo  $W_1$  por  $\beta Y L_0^{-1}$  y  $W_2$  por  $B_0 = Bu - d_H$ , se obtiene,



$$B_0(g - v)e^{-\bar{r}(g-v)} = \int_g^f [B_0 - \beta Y L_0^{-1}] e^{-\bar{r}(f-g)} dt - \int_v^g \beta Y L_0^{-1} e^{-\bar{r}(g-v)} dt$$

Finalmente, resolviendo el sistema de integrales y despejando  $\bar{r}$ , se obtiene que:

$$r^2 = \frac{B_0 L_0 - \beta Y}{L_0 B_0}$$

Al despejar  $r^2$  en ecuación anterior, se obtiene la tasa interna de retorno de la inversión en capital humano, es decir,

$$r_H^* = \frac{1}{2} \pm \frac{\sqrt{B_0 L_0 (B_0 L_0 - 4\beta Y)}}{2B_0 L_0}$$

Si  $4\beta Y < B_0 L_0$  se obtienen raíces reales, y dado que todos son mayores a cero, poseen un significado económico y derivando la raíz con respecto a  $Y$ , se tiene que;

$$\frac{\partial r_{H1}^*}{\partial Y} < 0$$

A partir de la anterior derivada, se observa la tendencia decreciente en la rentabilidad de la inversión de capital, es decir, se observa un *círculo vicioso* que, según Becker es característico de las economías en vía de desarrollo, donde se evidencia escasez en la formación de capital humano.

En forma paralela, Becker explica las desigualdades en salarios por las diferencias sobre las inversiones de capital humano realizadas por los individuos, señala que el proceso de elección intertemporal realizado entre el presente y el futuro, determina la continuidad en los estudios o, la obtención de un ingreso inmediato. Las diferencias en los costos del tiempo durante toda la vida posibilitan describir, según Becker, la distribución entre el tiempo de estudio y el de trabajo remunerado, teniendo en cuenta en todo momento el costo de oportunidad del tiempo, ya que educarse es distinguir o más bien renunciar tanto al ocio como al trabajo remunerado. En el desarrollo del modelo, se considera la existencia de un individuo que opera entre elecciones de ocio, de trabajo o de inversión en capital humano; elecciones que finalmente se traducen en asignaciones de tiempo y bajo las cuales sustenta su nueva conceptualización del consumo.

Posteriormente, Mincer (1974) realiza una estimación del modelo desarrollado por Becker en el que relaciona directamente los ingresos recibidos por cada individuo con la inversión realizada sobre el capital humano, asociando las causas generadoras de las diferencias entre ingresos percibidos por los individuos. Para ello, utiliza regresiones matemáticas donde relaciona variables como los rendimientos escolares y el cambio del ingreso, explicado por variaciones en los niveles educativos o de escolaridad y por la experiencia laboral; se apoya en funciones de ingreso en las que se reconoce la existencia de diversos efectos sociales como la raza y el sexo, los cuales afectan por ende el nivel salarial percibido por los trabajadores, razón por la cual justifica su inclusión en el análisis empírico; haciendo una interpretación de su modelo, se puede plantear que el desarrollo del concepto de capacidades directivas parte de supuestos como la rentabilidad constante, autonomía en el tiempo que se le dedica al proceso de aprendizaje en la educación formal y el tiempo dedicado a las capacitaciones en las jornadas de trabajo, los cuales disminuyen a medida que el envejece el individuo, es decir, cuando se acerca la edad de retiro. Sobre esta estructura se obtiene la siguiente función:

$$L_n w = L_n w_0 + a + bs + ct - ht^2$$

En ella, **S** se entiende como los años dedicados a la educación formal y **t** como la cantidad de años de experiencia laboral (*learning by doing*); por su parte, los valores de **a**, **b**, **c** y **h** son positivos; de igual forma, se considera que **c > h** dada la reducción en el tiempo empleado para la capacitación en el trabajo a medida que aumenta la experiencia laboral de cada individuo. En esta función indirectamente se explica que:

1. **b > 0** un aumento en el tiempo de escolarización genera un aumento directo en el ingreso recibido.
2. **c > 0** y **h > 0**, **c > h**, por tanto se supone que la acumulación de experiencia genera aumentos en la productividad de los individuos, obteniendo como resultado incrementos en su ingreso percibido, **c > 0** implica aumentos decrecientes a medida que se amplía la experiencia laboral, en otros términos,  $\frac{dw}{dt} = c - 2ht$ , **h > 0**, alcanzando un punto, **t = c / 2h**, en el

que los ingresos descienden. Explicando la disminución en la productividad o en el ingreso de los individuos por las limitación en la inversión en la medida que avanza la edad en el trabajo.

A partir de los resultados obtenidos, Mincer señala que la educación no tiene influencia en las personas y en sus capacidades para aumentar sus destrezas por

medio del trabajo, estableciendo por tanto, que las relaciones entre el ingreso,  $w$  y las destrezas laborales,  $t$ , no dependen de los años de escolaridad,  $s$ . La educación formal recibida genera incrementos en los niveles de conocimiento en comparación con los que solo desarrollan destrezas laborales, permitiendo la opción de educarse formalmente mientras se trabaja, estas dos funciones permiten una mejor formación para el puesto de trabajo de cada individuo, pero se manejan de forma independientes.

En conclusión, los planteamientos de Mincer permiten distinguir entre la educación recibida formalmente y un mejoramiento en las capacidades obtenidas del conocimiento emanado por la experiencia laboral. Estos procesos de aprendizaje se deben realizar en sitios diferentes y de forma independiente; determinando que a mayor educación formal recibida, aumenta la capacidad de aprender por medio de la experiencia laboral, este planteamiento se puede observar a partir de la siguiente ecuación:

$$\ln w = \ln w_0 + a + bs + ct + ds_2 + ht^2 + mts$$

En forma paralela, uno de sus mayores aportes, fue precisamente realizar estudios sobre la evidencia empírica de las funciones de ingreso y de los retornos generados tanto por la educación como por la capacitación en los niveles de producción, con los que se concluye que la educación y la experiencia laboral son factores claves para el logro de una mayor productividad, que se traduce en niveles de ingresos superiores en aquellos individuos que invirtieron en capacitación, por lo tanto, la educación no solo se asocia con la desigualdad en la distribución del ingreso sino también a la del crecimiento económico.

Más adelante, Lucas (1988), Romer (1990), Barro y Sala-i-Martin (1995), desarrollan los modelos que propician la “*nueva teoría del crecimiento económico*”; en los que se enfatiza de nuevo el papel de la instrucción como arista de la educación y la adquisición de nuevas tecnologías con las que se genera la innovación, confirmando de nuevo y cada vez con una mayor formalización matemática, la afirmación que dichas variables influyen positivamente en el crecimiento económico como resultado de unos mayores niveles de productividad estimados a partir del residuo de Solow.

Lucas (1988) publica su trabajo “on the mechanics of Economic Development” en el cual se establecen las bases para la nueva teoría del crecimiento económico, reconociendo la gran importancia del capital humano dentro de todo el proceso productivo. Parte del modelo neoclásico de Solow, al que critica por la falencia de considerar la acumulación de capital humano como exógeno al proceso, resalta la existencia de diversidad productiva entre países y considera en forma adicional,

que el comercio internacional es un medio que sirve para comparar las relaciones entre capital-trabajo; asume por tanto como variables de control, el nivel de escolaridad, la capacitación en el trabajo e introduce de manera novedosa el concepto de aprender haciendo (learning by doing).

En su propuesta, retoma el concepto de “*Capital Humano*” desarrollado por Schultz y Becker, redefiniéndolo en forma simple como “*el nivel de habilidad o destreza del individuo*”. Considera que en el largo plazo los niveles de ingreso serán proporcionales a los niveles alcanzados inicialmente y explora el modelo de dos sectores con crecimiento endógeno, con el que se pretende diferenciar el capital físico del capital humano como bienes distintos y producidos con tecnologías diferentes; específicamente, Uzawa (1965) y Lucas (1998), desarrollan el modelo de dos sectores con crecimiento endógeno, en el cual la producción final se obtiene a partir de la combinación de capital humano y físico; con la posibilidad transformar dicho producto final en otro capital físico o simplemente ser consumido.

Lucas hace énfasis en la acumulación de capital humano a través de la escuela, y por lo tanto asume que el capital humano de una persona es equivalente a su nivel de cualificación, el cual lo representa como  $h$ ,  $L$  como el número total de trabajadores y  $L(h)$  son los trabajadores con cierto grado de calificación el cual va desde cero ( $0$ ) hasta infinito ( $\infty$ ), obteniendo por tanto:

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

Si los trabajadores cualificados  $h$ , dedican una fracción  $u(h)$  del tiempo de no ocio a producir bienes y servicios y el resto ( $1-u(h)$ ) a acumular capital humano, la fuerza de trabajo utilizada en la producción de bienes ( $L^e$ ) se define como:

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

Lucas considera que el capital humano tiene dos efectos, uno interno y corresponde al impacto de la acumulación del mismo sobre la persona y uno externo, que tiene relación con su contribución a la productividad de los demás factores de producción.

Pero suponiendo que todos los trabajadores de la economía son idénticos, se puede decir que si todos los trabajadores tienen el nivel de habilidades  $h$  y todos escogen la asignación de tiempo  $u$  a la producción de bienes y servicios,

entonces la fuerza de trabajo efectivamente utilizada es  $L^e = \mathbf{u}h\mathbf{L}$  y el nivel promedio de habilidades  $h_a$  es igual a  $h$ ; a partir de lo cual se puede describir la tecnología de bienes de producción con rendimientos crecientes para los factores rivales y no rivales, pero constantes respecto de los rivales  $\mathbf{K}$ ,  $\mathbf{L}$  y la acumulación de capital humano de la siguiente manera:

$$Y_t = A_t K_t^\alpha [u_t h_t L_t]^{1-\alpha} h_{at}^\psi$$

Donde:  $0 < \alpha, \psi < 1$

$h_a$  es el efecto externo del capital humano;

$A$  entendida como la tecnología y considerada como constante.

Para cerrar el modelo, Lucas supone que el esfuerzo  $1 - u_t$ , es el tiempo dedicado a la acumulación de capital humano y debe ser visto como la tasa de cambio en el nivel de habilidades  $h_t$ , reconociendo así, una relación tecnológica del crecimiento del capital humano ( $\dot{h}$ ) para el nivel obtenido y la energía dedicada para adquirir mayor acumulación, por lo cual se indica que el crecimiento de capital humano se lleva a cabo a partir de la tasa:

$$\dot{h}_t = h_t \xi G (1 - u_t)$$

Donde  $G$  es creciente con  $G_0 = 0$ . Por otro lado al tener  $\xi < 1$  indica la presencia de rendimientos decrecientes de la acumulación de capital humano, para lo cual se debe omitir este resultado como el motor de crecimiento para la tecnología  $A_t$ .

Para entender mejor este planteamiento, es importante observar que  $u_t \geq 0$ , en la ecuación anterior.

Dado que  $G$  debe eventualmente tender a cero y  $h_t$  se incrementa, no importaría el hecho que mucho esfuerzo sea dedicado a la acumulación de capital humano.

Recordando la existencia de dos sectores, uno para la producción y otro en el que se consigue producir capital humano, es decir,

$$\dot{h}_t = h_t [1 - u_t]$$

Se observa cómo el capital humano depende del propio capital humano y del tiempo que se dedica a su acumulación.

Lucas resalta el papel del capital humano como factor primordial para el desarrollo económico, ya que en el largo plazo el nivel de ingreso será equitativo con el nivel inicial del mismo. Además, señala que a partir de él se podrá medir el nivel tecnológico con el que cuenta un país, por tanto, el capital humano en cada país será independiente de lo que suceda en los demás; dado que este planteamiento no se contrasta empíricamente, se debe replantear el problema a partir de la teoría del crecimiento económico “*Catch – up*”, en la que se aborda las consecuencias del desarrollo en la tecnología como una tendencia de su propio comportamiento.

Por otra parte, la dinámica de Romer (1990) es exactamente igual a la propuesta desde el modelo de Solow (1956). En donde se considera la existencia de cuatro agentes productivos; tecnología (**A**), entendida como la acumulación de conocimientos y usada para la investigación; Capital (**K**), el cual es paralelo a la sumatoria de la agrupación de bienes de producción y los cuales no son sustituibles entre ellos mismos, el stock de capital se considera constante; Trabajo (**L**), este se toma como la mano de obra que no está calificada y que según el modelo posee oferta constante y por último el Capital Humano (**H**), que es entendido como el resultado de la acumulación o sumatoria de actividades como la educación y las capacitaciones laborales, es decir,

$$H = H_Y + H_A$$

Donde;

$H_Y$  Es la cantidad de capital humano usado en la producción de un bien final y

$H_A$  Es la cantidad de capital humano usado en la investigación aplicado a un bien final.

Se considera que estos factores productivos son utilizados para promover nuevos conocimientos, en los que se encuentra la creación de bienes de capital con insumos de capital humano, a partir de los cuales se pueden obtener una mayor producción de bienes finales, por tanto se tiene que agregando la mano obra (**L**) y el capital humano (**H**) en el sector de los bienes finales, se obtiene un mayor nivel de producción final.

Adicionalmente, se debe tener en cuenta que los bienes de capital son producidos con la misma tecnología que los bienes de consumo, empleando los recursos no utilizados para el consumo (**C**), es decir,  $\Delta K = Y - C$

La función de producción de todos los bienes finales sin diferenciación entre ellos, se puede expresar de la forma:

$$Y = H_y^\alpha \cdot L^\beta \cdot \sum_{i=1}^A X_i^{1-\alpha-\beta}$$

En la ecuación anterior se tiene una función homogénea de grado 1, admitiendo que las acciones desarrolladas se realizaron en una empresa específica.

Adicionalmente el número de trabajadores, capital humano y producción de bienes finales estarán determinados por la variedad de bienes que conformen el agregado de capital requerido en el proceso productivo.

En cuanto al carácter competitivo y la eficiencia de los mercados en el sector de bienes finales harán que,

$$X_1 = \dots = X_A = X, \text{ de modo que; } \sum i = 1 \ A \ X_i = A \cdot x = K$$

Siendo  $X_i$  la cantidad disponible del bien de capital  $i$  ( $1 \leq i \leq A$ )

Por consiguiente la ecuación se puede escribir de la siguiente forma:

$$Y = H_y^\alpha \cdot L^\beta \cdot A \cdot x^{1-\alpha-\beta}$$

Sustituyendo en:

$$Y = (A \cdot H_y)^\alpha \cdot (A \cdot L)^\beta \cdot (A \cdot x)^{1-\alpha-\beta}$$

A partir de lo cual se determina que los procesos tecnológicos afectan al nivel de producción con rendimientos a escala constante, mientras que el impacto en la acumulación de capital, la mano de obra y el stock de capital, dependerá de sus respectivas elasticidades.

Finalmente, se obtiene el **Modelo Económico a Estimar**, con el que se determinará el Impacto del Capital Humano sobre el Crecimiento Económico colombiano durante el periodo 1976-2003, de tal forma que;

$$Q = A H_y^\alpha L^\beta K^{1-\alpha-\beta}$$

En donde,

**Q** es el nivel de producción.

**H<sub>y</sub>** es la cantidad de capital humano usado en la producción, se utilizará como variable proxy, el nivel de escolaridad,

**L** es la mano de obra empleada durante el proceso productivo, para tal efecto se empleará el Personal Ocupado,

**$K$**  es el Stock de Capital, el cual será aproximado a partir de la metodología desarrollada por Harberguer y  **$\alpha$ ,  $\beta$ ,  $(1-\alpha-\beta)$** , son los parámetros de sensibilidad del capital humano, el personal ocupado y el Stock de Capital respectivamente.

Modelo con el cual pretendemos culminar los objetivos trazados para el presente trabajo.



## **6. METODOLOGÍA**

A partir de los objetivos planteados en el proyecto y de acuerdo al tipo de investigación que se pretende realizar, es decir, determinar el impacto del Capital Humano sobre el Crecimiento Económico de Colombia en el período 1976-2003, se debe elaborar un estudio de series de tiempo, para lo cual se requiere inicialmente una prueba de raíces unitarias, con el fin de determinar su grado de integración y posteriormente efectuar un análisis a partir de la elaboración de un modelo VAR(p), con lo cual se procura explicar la relación causal de las variables involucradas en el presente estudio; y de esta forma, se intenta contrastar el impacto que ha tenido el Capital Humano sobre el Crecimiento Económico Colombiano en el periodo señalado.

Los datos y en general, la información que se utilizará en el trabajo es secundaria, para lo cual se trabajará con información de diferentes fuentes documentales como el DANE o Banco de la República por ejemplo. Adicionalmente, el proyecto que se propone es del tipo explicativo-causal; para lo cual se establecerán las relaciones causales a partir de la información mediante las pruebas de causalidad propuestas por Engle y Granger, bajo la metodología de mínimos cuadrados ordinarios, (MCO).

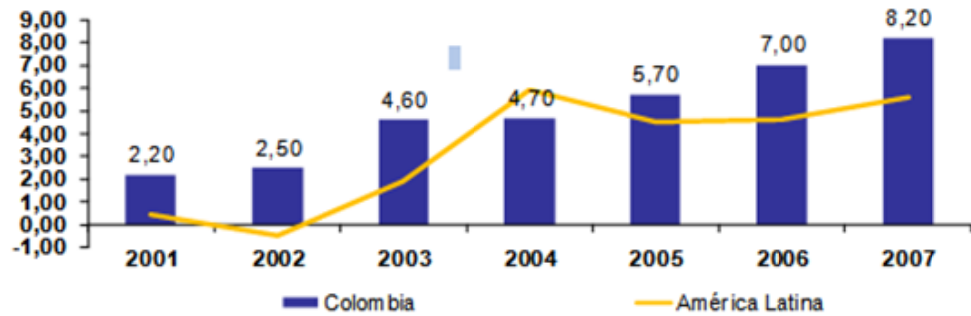
Para elaborar las mediciones se tuvo en cuenta la base de datos construcción propia, y montada con datos extraídos de distintas fuentes como DANE, encuesta de hogares, DNP, ICFES, y la cual forma parte de los anexos, y en la cual se tuvo en cuenta series de precios constantes de 1994=100

### **6.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS**

#### **Crecimiento Económico Colombiano**

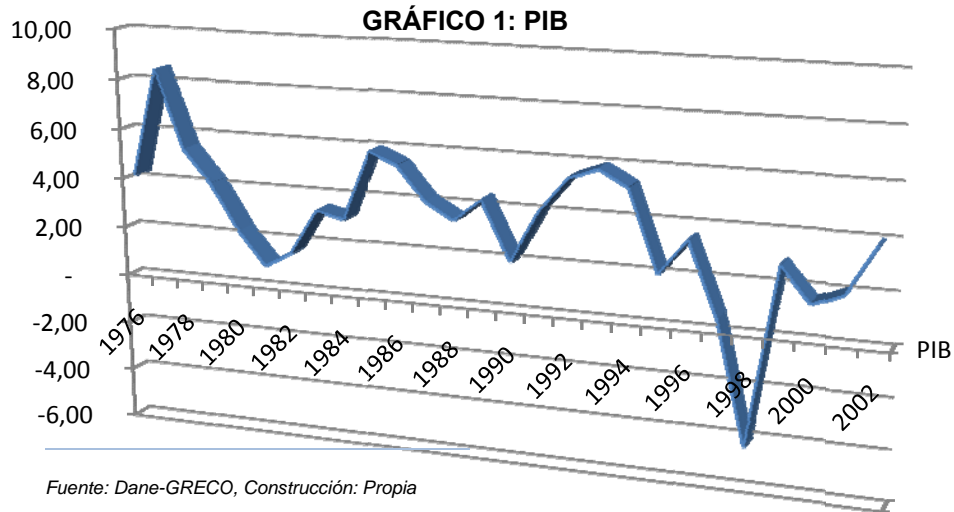
Al hacer un análisis de la evidencia empírica con respecto al crecimiento económico en Colombia, se encontró experimentó un aumento continuo alrededor de Veintidós años (1976-1998). En el período 1950 – 1980 se hallaba vigente en Colombia la dinámica de un crecimiento por sustitución de importaciones y de incremento del mercado interno, dando como resultado unos síntomas de desgaste entrados los años setenta. En esta línea se destacan los años ochenta, debido a que la conducta del PIB Colombiano repuntó en relación con los otros países latinoamericanos, cuyos PIB sintieron grandes variaciones a raíz de los problemas suscitados por la deuda externa. Encontrándose que el incremento promedio en Latinoamérica durante este periodo fue del 1.1%, mientras que en Colombia aumento en 3.7%.

**Crecimiento del PIB: Colombia vs. América Latina (2001 – 2007) %**



Fuente: Cifras de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y el Foro Económico Mundial para América Latina en 2007

Para resumir, el crecimiento económico en Colombia durante el siglo XX ha estado dentro del promedio latinoamericano.

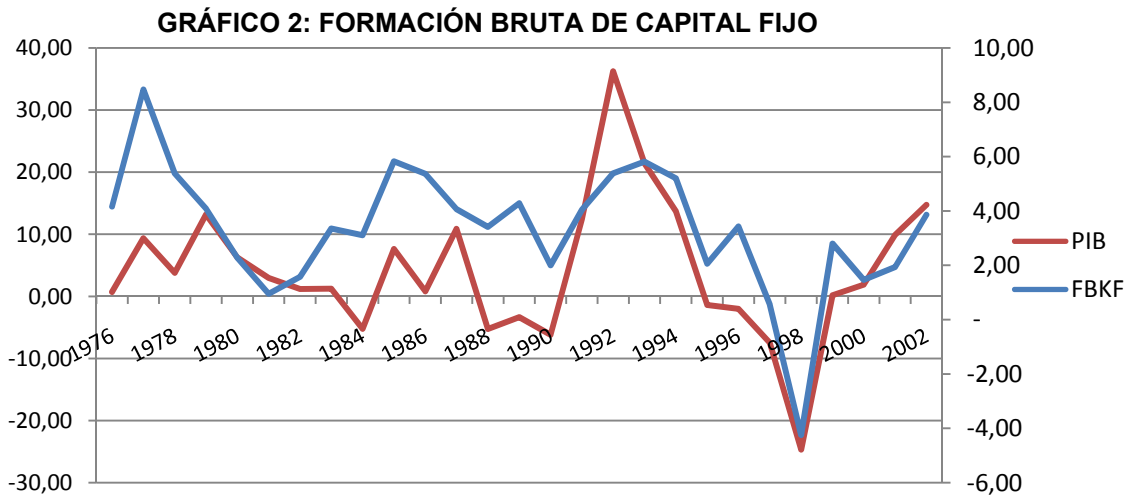


Otro factor que afirmó las bases para un mayor crecimiento fue la Apertura Económica Colombiana en los años noventa, dando como resultado que entre los años 1991 y 1995, la economía tuvo un incremento a tasas mayores del 5%, excediendo el promedio latinoamericano, en la década de los noventa, uno de los impulsores del crecimiento económico fue el relativo incremento en las actividades de la industria y por factores como la inversión y movilización en los sectores primarios; cabe anotar que este crecimiento fue frenado en 1996 por desajustes que se presentaron las cuentas fiscales y externas, esto se debió a los problemas ocurridos en Asia y que fueron contagiando mercados emergentes como el

Latinoamericano, lo que conllevó a una reducción en el crecimiento económico en el PIB de Colombia y una caída en los años 1996 y 1998 de 3.8%.

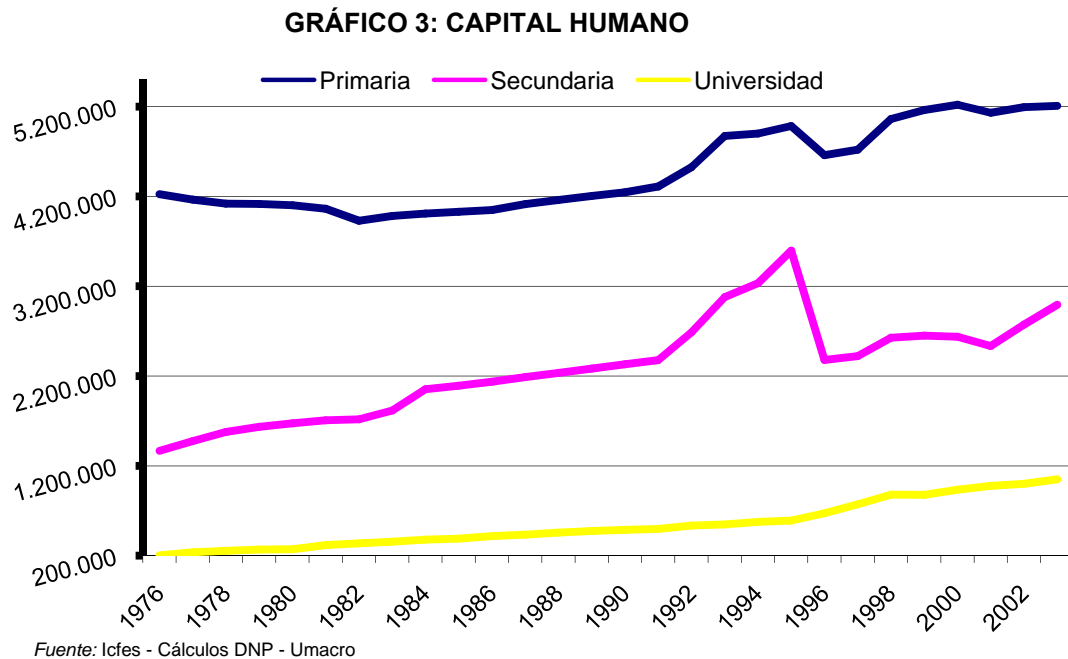
### Formación Bruta de Capital Fijo

En Colombia se evidencia una correlación del 90% entre la Formación Bruta de Capital Físico (FBKF) y el PIB, ya que las inversiones que se llevaron a cabo en las unidades productivas incrementaron los activos fijos, adicionalmente se incluyeron los gastos en mejoras o reformas que prolongan la vida útil o la productividad de bienes y se dio un agregado en el valor de los bienes nuevos producidos en el país, tales como la construcción, maquinaria, equipo de transporte y equipo en general, así como a los bienes importados, aunque éstos fueren usados. Todos estos cambios se vieron reflejados en el comportamiento del PIB de Colombia.



Fuente: Empalme realizado con la series de DANE, y con las tasas de crecimiento de la series a precios constantes de FBKF 1994 =100

## Capital Humano



Como se observa en la gráfica, la educación primaria cuenta con una cantidad considerable de estudiantes, los cuales no alcanzan a finalizar su secundaria debido a que en esta instancia se matriculan menos de la mitad de los alumnos que comienzan sus estudios primarios y una pequeña parte de estos culmina su preparación profesional.

Esto debido al difícil acceso a la educación, la cual es recurrente en todo el territorio Colombiano, debido en gran parte a su condición económica y geográfica, falta de infraestructura y una inadecuada planta de docentes.

Adicionalmente se evidencia un incremento significativo en los tres niveles educativos en el año 1991 como consecuencia de los cambios políticos sucedidos en el país y cuyo punto focal fue el cambio en la Constitución Política Nacional, en la cual se estableció el proyecto educativo de Colombia, en donde se establece la educación como “un derecho y un servicio público de carácter social”. En esta constitución se establece también que la Nación y los entes territoriales tienen una intervención directa en la dirección, financiación y dirección de los servicios educativos estatales y donde se garanticen los recursos financieros para el sector, atado a los ingresos Corrientes de la Nación, además de la Ley General de Educación la -Ley 115 de 1994-, estableciendo la política educativa en función del ideal del ciudadano.

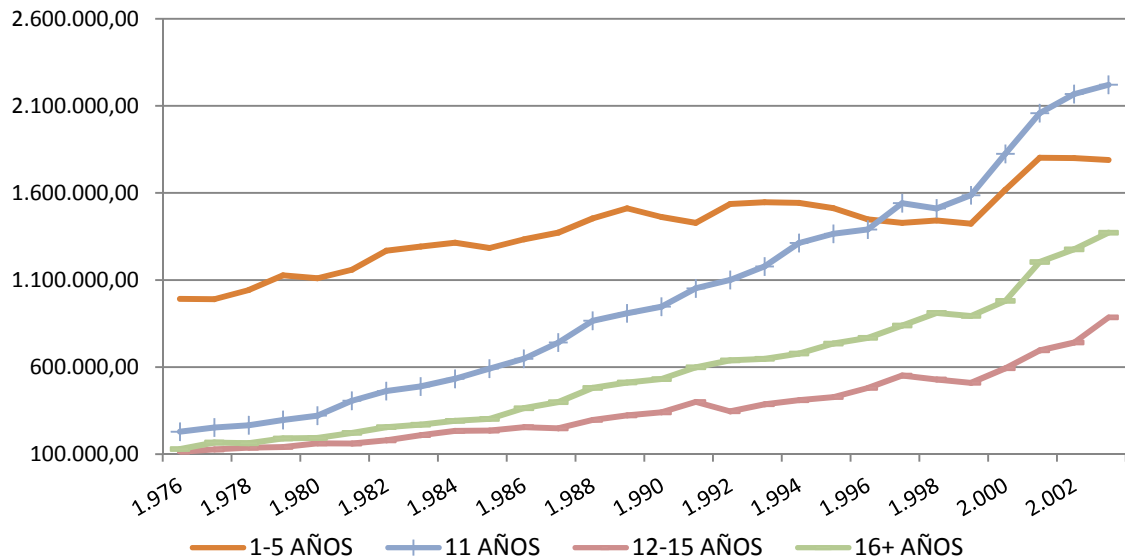
Fomentada por la Ley 115 de 1994 se analiza el pico ocurrido en la educación secundaria durante el año 1995, y el cual ocurre a causa de la nueva distribución de la misma en fases; primaria, secundaria, media y superior o universitaria:

siendo sólo las tres primeras subsidiadas por el Estado y a partir de la cual los jóvenes se encuentran capacitadas para formar parte del mercado laboral, por lo que en muchas ocasiones abandonan el resto de su formación por la misma situación económica que viven en sus hogares. También gracias a la misma Ley se generó una ampliación en la cobertura en la educación secundaria lo que permitió el reingreso a las instituciones educativas a alumnos que habían abandonado por no encontrar cupos luego de culminar su primaria, situación que llevó a aumentar considerablemente la cantidad de alumnos matriculados en dicho nivel.

Sumado a esto se encuentra el alto grado de repitencia sucedido para el año 1996 para los grados en los cuales se inician los ciclos de primaria y secundaria, con lo cual no se logra la disminución de deserción escolar, ni la liberación de cupos para generar mayor cobertura y lo cual hace que la cantidad de estudiantes matriculados para este año sea menor.

## Población ocupada

**GRÁFICO 4: Empleo por años de escolaridad**



La gráfica permite evidenciar los diferentes niveles de escolaridad presentados en Colombia entre los años 1976 y 2003, además de lograr identificar la creciente tendencia existente en los niveles de educación secundaria, pregrado y posgrados. También se puede evidenciar una fuerte reducción en la inactividad de las personas, lo demuestra los efectos positivos generados por la política de empleo.

## 6.2 CALIBRACIÓN DEL MODELO

Retomando el modelo con el que se pretende determinar el impacto del capital humano en el crecimiento económico, se tiene que es una función tipo Cobb-Douglas de la siguiente forma:

$$Q = A H_y^\alpha L^\beta K^{1-\alpha-\beta}$$

A partir del cual se obtuvo el siguiente resultado:

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LHT)	0.000849	0.059022	0.014387	0.9886
D(LK)	0.149000	0.033401	4.460946	0.0002
D(LPOT)	-0.023120	0.092218	-0.250709	0.8043
C	0.028595	0.005594	5.111833	0.0000
R-squared	0.482634	Mean dependent var		0.032756
Adjusted R-squared	0.415151	S.D. dependent var		0.022911
S.E. of regression	0.017521	Akaike info criterion		-5.114853
Sum squared resid	0.007061	Schwarz criterion		-4.922877
Log likelihood	73.05052	F-statistic		7.151975
Durbin-Watson stat	0.398487	Prob(F-statistic)		0.001461

Al observar el cuadro de salidas, se puede concluir que el modelo inicialmente propuesto tiene una serie de problemas entre los cuales se pueden destacar, la formación de capital humano y la población ocupada no son significativamente estadísticos, resultando poco convenientes para explicar su impacto sobre el crecimiento económico; adicionalmente, al comparar la bondad del ajuste con el estadístico Durbin-Watson, se determina la existencia de una relación espuria y lo más concluyente es que al realizar las diferentes pruebas de estabilidad de las series, KPSS, PHILLIPS-PERRON y DICKEY FULLER (ANEXO 2a) resultaron ser Integradas de orden uno.

Dados los anteriores resultados, se debe construir un Vector Autorregresivo para explicar el impacto del Capital Humano en el Crecimiento Económico Colombiano,

adicionalmente, es apenas comprensible que existe una relación causal en ambos sentidos ya que un mayor crecimiento económico genera estímulos para una mayor educación y en forma simultánea, una mayor educación genera rendimientos constantes a escala que se traducirán en un incremento en la producción y por tanto en un mayor crecimiento económico.

Retomando nuevamente el modelo inicial, se tiene que:

$$Q_t = A_t H_t^\alpha L_t^\beta K_t^{1-\alpha-\beta}$$

A partir de un proceso de linealización de los parámetros se tiene:

$$\ln Q_t = \psi_0 + \psi_1 \ln H_t + \psi_2 \ln L_t + \psi_3 \ln K_t + \varepsilon_t$$

Ahora bien, dado que el modelo estimado en diferencias arrojó unos resultados que evidencian relaciones espurias y ante el hecho que las series son I(1), se puede representar un modelo con mayores posibilidades de capturar la relación causal entre el Capital Humano y Crecimiento Económico Colombiano durante el periodo 1976-2003 a partir de la siguiente representación Estructural;

$$\begin{aligned} Q_t &= \varphi_{10} + \varphi_{11}Q_{t-1} + \theta_{12}H_t + \varphi_{12}H_{t-1} + \theta_{13}L_t + \varphi_{13}L_{t-1} + \theta_{14}K_t + \varphi_{14}K_{t-1} + \varepsilon_{1t} \\ H_t &= \varphi_{20} + \varphi_{21}Q_{t-1} + \theta_{22}Q_t + \varphi_{22}H_{t-1} + \theta_{23}L_t + \varphi_{23}L_{t-1} + \theta_{24}K_t + \varphi_{24}K_{t-1} + \varepsilon_{2t} \\ L_t &= \varphi_{30} + \varphi_{31}Q_{t-1} + \theta_{32}H_t + \varphi_{32}H_{t-1} + \theta_{33}Q_t + \varphi_{33}L_{t-1} + \theta_{34}K_t + \varphi_{34}K_{t-1} + \varepsilon_{3t} \\ K_t &= \varphi_{40} + \varphi_{41}Q_{t-1} + \theta_{42}H_t + \varphi_{42}H_{t-1} + \theta_{43}L_t + \varphi_{43}L_{t-1} + \theta_{44}K_t + \varphi_{44}K_{t-1} + \varepsilon_{4t} \end{aligned}$$

Por su parte, dado que el Modelo Estructural es una representación más ajustada al comportamiento de la economía, se puede reorganizar de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} Q_t + \theta_{12}H_t + \theta_{13}L_t + \theta_{14}K_t &= \varphi_{10} + \varphi_{11}Q_{t-1} + \varphi_{12}H_{t-1} + \varphi_{13}L_{t-1} + \varphi_{14}K_{t-1} + \varepsilon_{1t} \\ H_t + \theta_{22}Q_t + \theta_{23}L_t + \theta_{24}K_t &= \varphi_{20} + \varphi_{21}Q_{t-1} + \varphi_{22}H_{t-1} + \varphi_{23}L_{t-1} + \varphi_{24}K_{t-1} + \varepsilon_{2t} \\ L_t + \theta_{32}H_t + \theta_{33}Q_t + \theta_{34}K_t &= \varphi_{30} + \varphi_{31}Q_{t-1} + \varphi_{32}H_{t-1} + \varphi_{33}L_{t-1} + \varphi_{34}K_{t-1} + \varepsilon_{3t} \\ K_t + \theta_{42}H_t + \theta_{43}L_t + \theta_{44}Q_t &= \varphi_{40} + \varphi_{41}Q_{t-1} + \varphi_{42}H_{t-1} + \varphi_{43}L_{t-1} + \varphi_{44}K_{t-1} + \varepsilon_{4t} \end{aligned}$$

A partir de lo cual se puede obtener la siguiente representación matricial:

$$\begin{array}{c} \left| \begin{array}{cccc} 1 & \theta_{12} & \theta_{13} & \theta_{14} \\ \theta_{21} & 1 & \theta_{23} & \theta_{24} \\ \theta_{31} & \theta_{32} & 1 & \theta_{34} \\ \theta_{41} & \theta_{42} & \theta_{43} & 1 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} Q_t \\ H_t \\ L_t \\ K_t \end{array} \right| = \left| \begin{array}{c} \varphi_{10} \\ \varphi_{20} \\ \varphi_{30} \\ \varphi_{40} \end{array} \right| + \left| \begin{array}{cccc} \varphi_{11} & \varphi_{12} & \varphi_{13} & \varphi_{14} \\ \varphi_{21} & \varphi_{22} & \varphi_{23} & \varphi_{24} \\ \varphi_{31} & \varphi_{32} & \varphi_{33} & \varphi_{34} \\ \varphi_{41} & \varphi_{42} & \varphi_{43} & \varphi_{44} \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} Q_{t-1} \\ H_{t-1} \\ L_{t-1} \\ K_{t-1} \end{array} \right| + \left| \begin{array}{c} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \\ \varepsilon_{3t} \\ \varepsilon_{4t} \end{array} \right| \end{array}$$

Finalmente, se puede simplificar como:

$$BY_t = A_0 + A_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Con esta nueva expresión, se obtiene un Modelo **AR(1)** Vectorial, es decir, se obtiene un modelo **VAR(1)** que explica de forma clara y real la relación entre Capital humano y Crecimiento Económico Colombiano durante el periodo 1976-2003.

Sin embargo, dado que el modelo en forma estructural no se puede estimar directamente, se debe expresar en forma reducida de la siguiente manera;

$$Y_t = B^{-1} A_0 + B^{-1} A_1 Y_{t-1} + B^{-1} \varepsilon_t$$

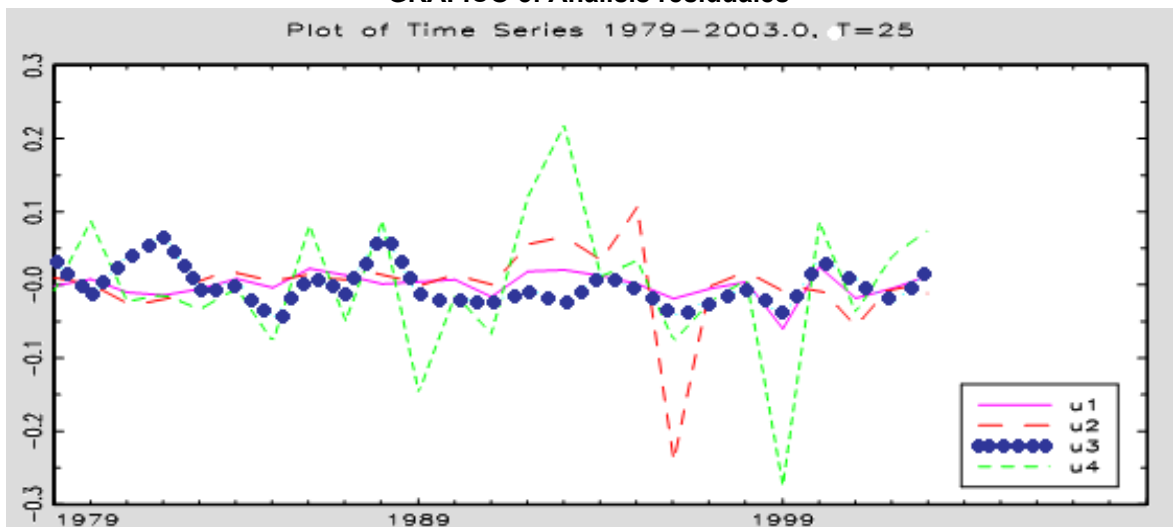
Con lo que finalmente se tiene el Modelo **VAR(1)** en forma reducida;

$$Y_t = \Gamma_0 + \Gamma_1 Y_{t-1} + e_t$$

## ESTIMACIÓN DEL MODELO VAR(p)

Análisis de Residuales.

GRÁFICO 5: Análisis residuales





La población ocupada total con años de escolaridad hasta 16 años o más, evidencia un crecimiento promedio del 5.1%, con ciertas particularidades en los años 1982, 1988, 2000 y 2001 que alcanzaron crecimiento superiores al 12%, sucedidos a causa de las reformas educativas que tuvieron lugar durante la década de 1985-2005 y que causaron cambios estructurales en la enseñanza, conllevando a reinsertiones escolares las que provocaron disminución en el personal ocupado, y algunas variaciones entre los contratos laborales, entre ellos los de aprendizaje causando con ello contrataciones de personal más joven.

Por su parte, el capital humano, medido a partir de los años de escolaridad, presenta una tasa de crecimiento promedio de de 1.8% con una alta volatilidad cercana al 5.6%, explicada básicamente al gran deterioro en este indicador durante 1996; aunque inicialmente parecería alarmante en el sentido que se presentó una disminución del 22.6%, y como se dijo anteriormente causada por las altas tasas de repitencia de alumnos durante el año 1996 y que por ende no liberó cupos para los nuevos alumnos lo que provocó la disminución presentada.

Lo que realmente genera gran inquietud, es el comportamiento de la formación bruta de capital, ya que solo creció en promedio un 4.2% pero con una inestabilidad del 11.2% producto de grandes variaciones y comportamientos tan volátiles como los observados por ejemplo durante 1993 que creció un 36% y años más tarde, en 1999 muestra una reducción del 25%.

#### Determinación del orden de p:

OPTIMAL ENDOGENOUS LAGS FROM INFORMATION CRITERIA

```
endogenous variables:      q_log_d1 ht_log_d1 pot_log_d1 k_log_d1
deterministic variables:  CONST
sample range:             [1987, 2003], T = 17
```

optimal number of lags (searched up to 10 lags of levels):

```
Akaike Info Criterion:    4
Final Prediction Error:   3
Hannan-Quinn Criterion:  4
Schwarz Criterion:       4
```

A partir de los diferentes criterios de selección; AKAIKE, FPE, H-Q y SCHWARZ, y trabajando en el programa **Jmulti** se recomiendan 2 rezagos.

El resultado de la estimación del Modelo VAR(2) en forma matricial es;

$$\begin{pmatrix} q\_log\_d1(t) \\ ht\_log\_d1(t) \\ pot\_log\_d1(t) \\ k\_log\_d1(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.515 & -0.038 & -0.027 & -0.007 \\ -0.567 & -0.113 & -0.089 & 0.132 \\ 0.071 & -0.97 & 0.214 & -0.072 \\ -0.493 & 0.011 & 0.167 & 0.554 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} q\_log\_d1(t-1) \\ ht\_log\_d1(t-1) \\ pot\_log\_d1(t-1) \\ k\_log\_d1(t-1) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -0.170 & 0.106 & 0.040 & 0.015 \\ 0.361 & -0.211 & 0.122 & -0.205 \\ -0.231 & 0.232 & -0.153 & -0.078 \\ 0.314 & 0.324 & 0.052 & -0.162 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} q\_log\_d1(t-2) \\ ht\_log\_d1(t-2) \\ pot\_log\_d1(t-2) \\ k\_log\_d1(t-2) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0.018 \\ 0.028 \\ 0.055 \\ 0.011 \end{pmatrix} \text{CONST} + \begin{pmatrix} u1(t) \\ u2(t) \\ u3(t) \\ u4(t) \end{pmatrix}$$

Y el cuadro de salida de Modelo VAR(p) es: Ver (Anexo 2b)

## VERIFICACIÓN DEL MODELO

Teniendo en cuenta que el error de forma reducida debe comportarse como Ruido Blanco, es decir, con Media cero, no Autocorrelación y no Heteroscedasticidad, se tiene que:

$$e_f = \begin{pmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \\ e_{3t} \\ e_{4t} \end{pmatrix} \sim RB(0, \sum e)$$

Donde

$$\sum e = \begin{pmatrix} G_{e1}^2 & G_{e1.2} \\ G_{e1.2} & G_{e2}^2 \end{pmatrix}$$

$$\text{Cov}(\hat{e}_t, \hat{e}_{t-k}) = 0 \quad \text{Para } k \neq 0$$

El resto de datos de verificación del modelo se encuentran Anexo 3.

Finalmente, el modelo VAR(3) obtenido después de haber hecho una serie de ajustes es;

$$\begin{array}{l}
 \left| \begin{array}{l} q\_log\_d1(t) \\ ht\_log\_d1(t) \\ pot\_log\_d1(t) \\ k\_log\_d1(t) \end{array} \right| = \left| \begin{array}{cccc} 0.221 & -0.003 & -0.135 & -0.007 \\ 0.399 & -0.329 & -0.183 & 0.058 \\ -0.180 & -0.143 & 0.270 & -0.082 \\ -1.750 & -0.035 & -0.279 & 0.592 \end{array} \right| \left| \begin{array}{l} q\_log\_d1(t-1) \\ ht\_log\_d1(t-1) \\ pot\_log\_d1(t-1) \\ k\_log\_d1(t-1) \end{array} \right| + \\
 \\
 \left| \begin{array}{cccc} 0.065 & 0.080 & 0.020 & 0.001 \\ -1.092 & -0.324 & -0.394 & 0.228 \\ -0.723 & 0.207 & -0.278 & 0.077 \\ 0.730 & 0.118 & -0.298 & 0.0019 \end{array} \right| \left| \begin{array}{l} q\_log\_d1(t-2) \\ ht\_log\_d1(t-2) \\ pot\_log\_d1(t-2) \\ h\_log\_d1(t-2) \end{array} \right| + \\
 \\
 \left| \begin{array}{cccc} 0.159 & 0.247 & 0.116 & -0.109 \\ 1.427 & -0.320 & 0.484 & -0.667 \\ 1.227 & 0.142 & 0.111 & -0.312 \\ 1.502 & 1.287 & 0.285 & -0.885 \end{array} \right| \left| \begin{array}{l} q\_log\_d1(t-3) \\ ht\_log\_d1(t-3) \\ pot\_log\_d1(t-3) \\ k\_log\_d1(t-3) \end{array} \right| + \\
 \\
 \left| \begin{array}{cc} 0.005 & 0.012 \\ -0.18 & 0.030 \\ 0.022 & 0.032 \\ 0.096 & -0.011 \end{array} \right| \left| \begin{array}{l} d92(t) \\ CONST \end{array} \right| + \left| \begin{array}{l} u1(t) \\ u2(t) \\ u3(t) \\ u4(t) \end{array} \right|
 \end{array}$$

Finalmente, las raíces características del polinomio de rezago evidencian que no existen raíces unitarias y por tanto el modelo es estacionario;

$$|z| = ( 1.14 \ 1.14 \ 1.19 \ 1.19 \ 1.03 \ 1.07 \ 1.11 \ 1.11 \ 1.23 \ 1.23 \ 2.23 \ 1.58 )$$

Además, a partir de los resultados obtenidos con la estimación de vectores autorregresivos, se explica la relación entre el Capital Humano y el Crecimiento Económico de Colombia durante el periodo 1976 – 2003 ajustado, como una continua complementariedad entre diferentes variables que dan cuenta de la realidad nacional, propuesta que concuerda plenamente con los planteamientos iniciales de este estudio.

## 7. CONCLUSIONES

### PRUEBAS DE CAUSALIDAD DE GRANGER.

Retomando la representación Matricial, se tiene que;

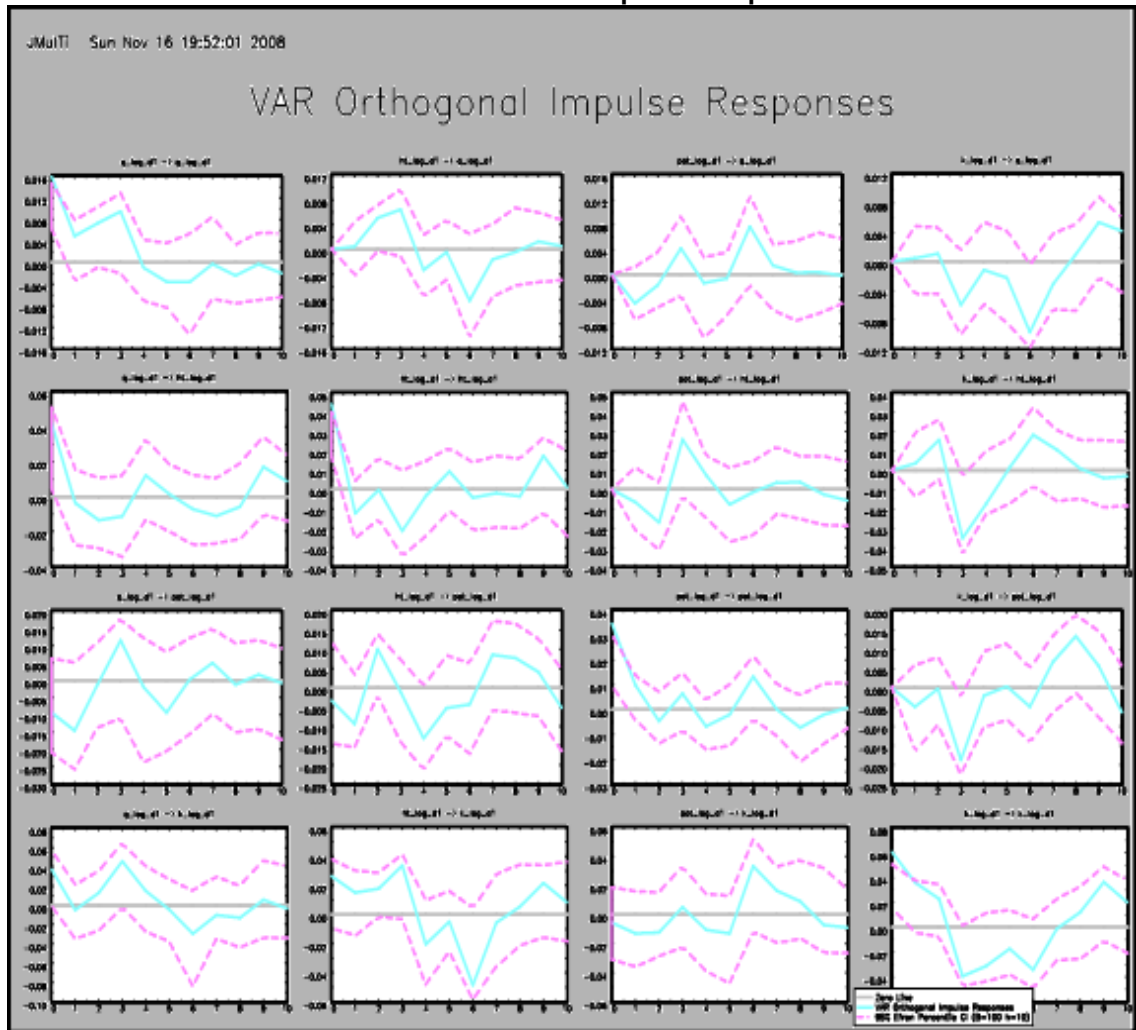
$$\begin{array}{c}
 \left| \begin{array}{cccc}
 1 & \theta_{12} & \theta_{13} & \theta_{14} \\
 \theta_{21} & 1 & \theta_{23} & \theta_{24} \\
 \theta_{31} & \theta_{32} & 1 & \theta_{34} \\
 \theta_{41} & \theta_{42} & \theta_{43} & 1
 \end{array} \right|
 \begin{array}{c}
 Q_t \\
 H_t \\
 L_t \\
 K_t
 \end{array}
 =
 \begin{array}{c}
 \varphi_{10} \\
 \varphi_{20} \\
 \varphi_{30} \\
 \varphi_{40}
 \end{array}
 +
 \begin{array}{c}
 \left| \begin{array}{cccc}
 \varphi_{11} & \varphi_{12} & \varphi_{13} & \varphi_{14} \\
 \varphi_{21} & \varphi_{22} & \varphi_{23} & \varphi_{24} \\
 \varphi_{31} & \varphi_{32} & \varphi_{33} & \varphi_{34} \\
 \varphi_{41} & \varphi_{42} & \varphi_{43} & \varphi_{44}
 \end{array} \right|
 \begin{array}{c}
 Q_{t-1} \\
 H_{t-1} \\
 L_{t-1} \\
 K_{t-1}
 \end{array}
 +
 \begin{array}{c}
 \varepsilon_{1t} \\
 \varepsilon_{2t} \\
 \varepsilon_{3t} \\
 \varepsilon_{4t}
 \end{array}
 \end{array}$$

Y teniendo en cuenta las relaciones en el sentido de causalidad de Granger (ANEXO 4), se puede concluir que para el caso Colombiano que, la producción afecta directamente la formación de capital humano, su efecto es rezagado en el tiempo, lo que se puede observar en los procesos de generación de empleo entre otros. Explica esto los ingentes esfuerzos de los gobiernos por incrementar el producto en espera que se revierta en mejores condiciones para la población (mayor capital humano) y, subsecuentemente, incrementos en la producción. En otros términos, se invierte en el producto para que este genere un círculo virtuoso de crecimiento y desarrollo.

Es observable, en diversos textos, una fuerte relación entre crecimiento económico y capital humano, destacándose Freire-Serén (2001), Rios (2001) y Gaviria (2005).

Por su parte, tanto la Formación de Capital Humano como la Formación Bruta de Capital afectan a las demás variables de forma contemporánea y de forma rezagada, es decir, estas variables generan un gran dinamismo en la economía, ya que generan impactos en el Crecimiento económico en el presente y en el futuro, situación apenas comprensible, ya que desde que las personas inician su proceso productivo, generan condiciones propicias para el crecimiento y se dinamiza en el sentido que a medida que se va generando mayor educación, mayor será el crecimiento económico, de igual forma la formación de capital, porque al tener formación de capital, se puede invertir y dicha inversión genera demanda en otros sectores en el presente, pero en el futuro se incrementará la oferta del sector al cual se le invirtieron los recursos.

Gráfico 6: Análisis de Impulso Respuesta



Los choques aleatorios en las diferentes variables, generarán diferentes respuestas observadas a partir del anterior gráfico de impulso respuesta.

Y como conclusión final, se puede determinar que el capital humano no ha sido un generador de crecimiento económico en Colombia, casos que ya había sido evidenciado por Posada (1993).

## 8. BIBLIOGRAFÍA

**BLANCHARD**, Oliver. (2006), *Macroeconomía*, 4a edición. Editorial pearson educación S.A, Madrid. Pag.30

**BENAVIDES** G., Oscar A. y **FORERO** P., Clemente (2002), Crecimiento endógeno: conocimiento y patentes. *Revista de economía institucional*, VOL. 4, No. 6, primer semestre 2002

**CÁRDENAS** SANTAMARÍA, Mauricio (2002). "Economic growing Colombia: a reversal of "fortune"?" *Archivos de macroeconomía*, No 179. Bogotá, marzo.

Constitución Política de Colombia 1991

**DE LA RICA**, Sara e **IZA**, Amaia (xxxx), *Capital humano, productividad y crecimiento: teorías y contrastes*. Universidad del País Vasco; *Ekonomiaz* No. 45

**FRANCO GONZÁLEZ**, Humberto y **RAMÍREZ HASSAN**, Andrés (2005), *El modelo Harrod-Domar: implicaciones teóricas y empíricas*. *Ecos de Economía* No. 21. Medellín Octubre de 2005., pp 127-151

**FREIRE** – **SERÉN**, María Jesús (2001), *Human Capital Accumulation and Economic Growth*.

**GAVIRIA** RIOS, Mario Alberto, (2005) *Capital Humano, Complementariedades factoriales y crecimiento económico en Colombia*.

**GAVIRIA** RIOS, Mario Alberto. EL CRECIMIENTO ENDÓGENO A PARTIR DE LAS EXTERNALIDADES DEL CAPITAL HUMANO. *Cuad. Econ.* [online]. ene./jun. 2007, vol.26, no.46 [citado 03 Octubre 2008], p.50-73. Disponible en la World Wide Web: <[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-47722007000100003&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-47722007000100003&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0121-4772.

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

**GREGORIO** GIMÉNEZ, Blanca Simón (2004), *Comparación entre indicadores de Capital Humano en un modelo de crecimiento económico*. Universidad de Zaragoza.

**HOWITT**, Peter (2005), *Health, Human Capital and economic growth: a Shumpeterian perspective*.

Informe Nacional Sobre el Desarrollo de la Educación en Colombia, 46 conferencia internacional de educación (CIE). Ginebra Suiza, Septiembre 5 al 7 de 2001.

**LUCAS**, Robert E. Jr. "ON THE MECHANICS OF ECONOMIC DEVELOPMENT" University of Chicago, Chicago, IL 60637, USA Received August 19~7, final version received February 1988 tomado de <http://qed.econ.queensu.ca/pub/faculty/lloyd-ellis/econ815/papers/lucas88.pdf>

**MINCER**, Jacob (1974), Progress in human capital analyses of the distribution of earnings. NBER working paper series No. 53.

**NEIRA**, Isabel y **GUISÁN**, Maria del Carmen (2002), *Modelos de capital humano y crecimiento económico: efecto inversión y otros efectos indirectos*.

**OSPINA PLAZA**, Natalia (2003) "Una nueva visión del capital humano: evidencia Para Colombia" consultado el 03 de octubre de 2008. Y Tomado de [http://www.congresos.ulpgc.es/aeet\\_aede/Descargas/Sesion2Sala5/Ospina.pdf](http://www.congresos.ulpgc.es/aeet_aede/Descargas/Sesion2Sala5/Ospina.pdf)

**PEREZ GARCÍA**, Francisco y **SERRANO MARTÍNEZ**, Lorenzo (1998), *Capital Humano, crecimiento económico y desarrollo regional en España (1964-1997)*.

**POSADA**, Carlos Esteban (1993), *Crecimiento económico, "Capital Humano" y educación: La teoría y el caso colombiano posterior a 1945*.

**RAMÍREZ OSPINA**, Duván Emilio (2007), Capital Humano como factor de crecimiento económico: caso departamento de caldas (Colombia). 1976-2003.

**RIOS BOLÍVAR**, Humberto (2001), *Capital humano en América Latina y su impacto en el crecimiento económico: estudio empírico 1994-1999*

**SAPELLI**, Claudio. Trabajo de ecuaciones de Mincer y las tasas de retorno a la ecuación en Chile: 1990-1998.

**SMITH**. Adam. Investigación de la Naturaleza y Causas de la Riqueza de las Naciones. Ediciones Orbis. Barcelona 1993. Original Escrito en 1794.

**SOLOW**, Robert (1956), *A Contribution to the Theory of Economic Growth*, *Quarterly Journal of Economics* 70, 65-94. Citado por Williamson Stephen D.

**WALRAS**, Leon (1874), Elementos de economía política pura (o Teoría de la riqueza social), Citado por Ramírez Ospina.

**WILLIAMSON**, Stephen D. (2007), *Macroeconomics Third Edition*. (cita las teorías de Solow y Malthus) cap. 6.

**YÁNEZ**, César (2003), “El capital humano y las políticas sociales en la agenda del desarrollo centrado en las personas”.



## 1. ANEXO 1. PIB Y FBKF (Formación Bruta de Capital Fijo)

	<b>PRODUCCIÓN PIB<sup>5</sup></b>	<b>CAPITAL FBKF<sup>6</sup></b>
	millones de pesos constantes del 75	millones de pesos constantes del 75
1976	424.263	68.039
1977	441.906	68.518
1978	479.335	74.923
1979	505.119	77.775
1980	525.765	88.021
1981	537.736	93.539
1982	542.836	96.307
1983	551.380	97.444
1984	569.855	98.656
1985	587.561	93.505
1986	621.781	100.650
1987	655.164	101.471
1988	681.791	112.502
1989	705.068	106.611
1990	735.259	103.046
1991	749.976	96.685
1992	780.312	108.690
1993	822.335	148.100
1994	870.151	179.833
1995	915.420	204.478
1996	934.240	201.623
1997	966.287	197.570
1998	971.678	182.829
1999	930.398	137.716
2000	956.446	137.959
2001	970.455	140.570
2002	989.220	154.487
2003	1.027.382	177.257

<sup>5</sup> Fuente: GRECO, empalme con las series de DANE, con las tasas de crecimiento de la series a precios constates de PIB 1994 =100.

<sup>6</sup> empalme con la series de DANE, con las tasas de crecimiento de la series a precios constates de FBKF 1994 =100.

## 1b. CAPITAL HUMANO

	<b>CAPITAL HUMANO<sup>7</sup></b>			
	Estudiantes matriculados	Estudiantes matriculados	Estudiantes matriculados	Total Estudiantes
	<b>Primaria</b>	<b>Secundaria</b>	<b>Universidad</b>	<b>Matriculados</b>
1976	4.223.959	1.367.868	204.563	5.904.991
1977	4.164.521	1.475.605	237.477	5.995.227
1978	4.118.820	1.578.296	253.547	6.087.203
1979	4.116.913	1.634.164	267.885	6.170.749
1980	4.102.193	1.674.338	271.630	6.222.530
1981	4.062.759	1.708.050	318.293	6.293.643
1982	3.929.742	1.718.128	336.964	6.188.859
1983	3.983.161	1.816.599	355.049	6.374.715
1984	4.009.423	2.053.399	378.586	6.660.424
1985	4.029.338	2.093.161	389.075	6.730.590
1986	4.049.252	2.136.239	417.768	6.879.735
1987	4.114.954	2.187.752	434.623	7.033.519
1988	4.160.581	2.235.284	457.680	7.165.853
1989	4.205.657	2.282.816	474.787	7.339.678
1990	4.246.658	2.330.405	487.448	7.443.741
1991	4.310.970	2.377.947	498.082	7.585.321
1992	4.525.958	2.686.515	535.320	8.216.172
1993	4.873.267	3.079.407	547.468	9.020.229
1994	4.900.489	3.235.010	576.540	9.393.604
1995	4.983.475	3.596.779	591.006	9.962.205
1996	4.659.085	2.379.316	673.353	7.711.754
1997	4.719.384	2.422.380	772.291	7.914.055
1998	5.062.284	2.626.668	879.840	8.568.792
1999	5.162.260	2.649.261	877.944	8.689.465
2000	5.221.018	2.637.176	934.085	8.792.279
2001	5.131.463	2.534.079	977.243	8.642.785
2002	5.193.464	2.772.278	1.000.148	8.965.890
2003	5.207.937	2.993.860	1.050.353	9.252.150

<sup>7</sup> Fuente : Icfes - Cálculos DNP - Umacro

## 1c. POBLACIÓN OCUPADA

### POBLACIÓN OCUPADA<sup>8</sup>

Empleo por años de escolaridad

	1-5 AÑOS	11 AÑOS	12-15 AÑOS	16+ AÑOS	TOTAL
1976	991.016	228.644	113.002	128.678	2.171.911
1977	989.784	252.643	126.621	166.225	2.266.937
1978	1.041.828	265.535	136.523	162.246	2.352.064
1979	1.126.712	296.113	140.806	190.033	2.548.040
1980	1.109.812	320.636	161.248	192.405	2.625.698
1981	1.159.012	406.040	160.244	221.403	2.819.109
1982	1.267.684	461.903	178.919	254.832	3.153.349
1983	1.291.934	488.391	208.515	268.793	3.322.885
1984	1.314.156	532.383	233.027	291.092	3.475.428
1985	1.283.543	590.881	234.998	301.733	3.508.746
1986	1.332.796	647.593	254.800	363.491	3.753.603
1987	1.371.696	740.961	247.616	398.654	3.968.610
1988	1.453.531	865.713	296.087	480.343	4.475.694
1989	1.511.090	908.429	322.120	511.147	4.662.659
1990	1.461.924	946.444	339.611	530.628	4.748.432
1991	1.428.274	1.051.701	399.477	598.223	4.915.926
1992	1.536.739	1.099.862	345.630	638.136	5.200.338
1993	1.546.278	1.177.539	386.079	647.227	5.327.493
1994	1.542.509	1.312.470	409.331	677.193	5.543.133
1995	1.512.560	1.365.235	427.369	734.934	5.678.303
1996	1.447.768	1.389.888	479.988	767.621	5.576.587
1997	1.428.301	1.541.287	550.817	838.188	5.837.601
1998	1.441.815	1.510.638	528.561	910.662	5.843.813
1999	1.423.481	1.586.653	509.049	893.428	5.854.740
2000	1.617.745	1.824.455	592.757	979.859	6.667.739
2001	1.802.160	2.057.952	695.497	1.203.213	7.576.003
2002	1.799.758	2.167.635	740.825	1.275.885	7.838.047
2003	1.788.800	2.221.177	884.828	1.371.475	8.192.740

<sup>8</sup> Dane, Encuesta de Hogares. Calculos DNP-Umacro, Actualizado: Mayo 2004

## 2. DATOS ECONOMÉTRICOS

### 2a. Prueba de estacionariedad de las series

Serie	Prueba	Determinísticos		estadístico	valores críticos		
		intercepto	tendencia		1%	5%	10%
Ln PIB	KPSS	793.3273	32.0111	0.1336	0.2160	0.1460	0.1190
		256.2558		0.6673	0.7390	0.4630	0.3470
	PP	1.0278	0.6621	-1.3844	-4.3393	-3.5875	-3.2292
		2.3832		-1.8950	-3.6999	-2.9763	-2.6274
	ADF	2.1034	1.8529	-2.0797	-4.3561	-3.5950	-3.2335
		2.3832		-2.2248	-3.6999	-2.9763	-2.6274
			2.4506	-2.6569	-1.9544	-1.6093	
Δ Ln PIB	KPSS	5.6456	-2.0731	0.0685	0.2160	0.1460	0.1190
		7.4290		0.2717	0.7390	0.4630	0.3470
	PP	2.3623	-1.2060	-3.3322	-4.3561	-3.5950	-3.2335
		2.5085		-3.0848	-3.7115	-2.9810	-2.6299
	ADF	2.3623	-1.2060	-3.3322	-4.3561	-3.5950	-3.2335
		2.5085		-3.0848	-3.7115	-2.9810	-2.6299
			-1.6313	-2.6569	-1.9544	-1.6093	

Serie	Prueba	Determinísticos		estadístico	valores críticos		
		intercepto	Tendencia		1%	5%	10%
Ln HT	KPSS	670.2109	12.1722	0.0995	0.2160	0.1460	0.1190
		521.9495		0.6326	0.7390	0.4630	0.3470
	PP	2.6598	2.3933	-2.7539	-4.3393	-3.5875	-3.2292
		1.0677		-0.8383	-3.6999	-2.9763	-2.6274
	ADF	2.6598	2.3933	-2.6530	-4.3393	-3.5875	-3.2292
		1.0677		-1.0537	-3.6999	-2.9763	-2.6274
				1.4206	-2.6534	-1.9539	-1.6096
Δ Ln HT	KPSS	0.7597	-0.0882	0.1008	0.2160	0.1460	0.1190
		1.4318		0.1041	0.7390	0.4630	0.3470
	PP	0.7360	-0.1087	-5.5556	-4.3561	-3.5950	-3.2335
		1.3911		-5.7025	-3.7115	-2.9810	-2.6299
	ADF	0.7360	-0.1087	-4.9289	-2.6569	-1.9544	-1.6093
		1.3911		-5.1046	-4.3561	-3.5950	-3.2335
				-5.2124	-3.7115	-2.9810	-2.6299
				-4.9322	-2.6569	-1.9544	-1.6093
serie	prueba	Determinístico		estadístico	valores críticos		
		Intercepto	tendencia		1%	5%	10%
Ln POT	KPSS	645.5588	32.4826	0.1354	0.2160	0.1460	0.1190
		207.2700		0.6733	0.7390	0.4630	0.3470
	PP	1.7860	1.6550	-1.7542	-4.3393	-3.5875	-3.2292
		0.8784		-0.7048	-3.6999	-2.9763	-2.6274
	ADF	1.7860	1.6550	6.1455	-2.6534	-1.9539	-1.6096
		0.8784		-1.7542	-4.3393	-3.5875	-3.2292
				-0.7176	-3.6999	-2.9763	-2.6274
				6.6616	-2.6534	-1.9539	-1.6096
Δ Ln POT	KPSS	3.6008	-0.4431	0.0756	0.2160	0.1460	0.1190
		6.7146		0.1059	0.7390	0.4630	0.3470
	PP	2.3586	-0.4451	-4.0143	-4.3561	-3.5950	-3.2335
		3.2767		-4.0711	-3.7115	-2.9810	-2.6299
	ADF	2.3586	-0.4451	-1.9724	-2.6569	-1.9544	-1.6093
		-4.1312		-4.0847	-4.3561	-3.5950	-3.2335
				-4.1312	-3.7115	-2.9810	-2.6299
				-2.1345	-2.6569	-1.9544	-1.6093

serie	prueba	Determinísticos		estadístico	valores críticos		
		Intercepto	tendencia		1%	5%	10%
Ln K	KPSS	183.9144	9.1486	0.0720	0.2160	0.1460	0.1190
		185.2893		0.5893	0.7390	0.4630	0.3470
	PP	1.7244	1.2646	-2.1764	-4.3393	-3.5875	-3.2292
		1.2213		-1.3341	-3.6999	-2.9763	-2.6274
	ADF			1.2809	-2.6534	-1.9539	-1.6096
		4.0160	3.6251	-4.0029	-4.3743	-3.6032	-3.2381
	1.6496		-1.6192	-3.7115	-2.9810	-2.6299	
Δ Ln K	KPSS	1.1511	-0.3809	0.0500	0.2160	0.1460	0.1190
		1.7114		0.0596	0.7390	0.4630	0.3470
	PP	0.6413	-0.1717	-2.8958	-4.3561	-3.5950	-3.2335
		1.0793		-2.9565	-3.7115	-2.9810	-2.6299
	ADF			-2.7385	-2.6569	-1.9544	-1.6093
		0.6413	-0.1717	-2.8503	-4.3561	-3.5950	-3.2335
	1.0793		-2.9161	-3.7115	-2.9810	-2.6299	
			-2.7122	-2.6569	-1.9544	-1.6093	

## 2b. VAR ESTIMATION RESULTS

endogenous variables: q\_log\_d1 ht\_log\_d1 pot\_log\_d1 k\_log\_d1  
 exogenous variables:  
 deterministic variables: CONST  
 endogenous lags: 2  
 exogenous lags: 0  
 sample range: [1979, 2003], T = 25

modulus of the eigenvalues of the reverse characteristic polynomial:  
 |z| = (2.4640 2.4640 1.6644 1.6644 1.6771 1.6771 2.1039 2.1039)

Legend: Equation 1 Equation 2 ...

-----  
 Variable 1 | Coefficient ...  
 | (Std. Dev.)  
 | {p - Value}  
 | [t - Value]

Variable 2 | ...

Lagged endogenous term:

=====

	q_log_d1	ht_log_d1	pot_log_d1	k_log_d1
q_log_d1 (t-1)	0.515	-0.567	0.071	-0.493
	(0.314)	(1.050)	(0.570)	(1.702)
	{0.101}	{0.589}	{0.900}	{0.772}
	[1.639]	[-0.540]	[0.125]	[-0.290]
ht_log_d1 (t-1)	-0.038	-0.113	-0.097	0.011
	(0.075)	(0.251)	(0.136)	(0.408)
	{0.616}	{0.653}	{0.477}	{0.978}
	[-0.501]	[-0.450]	[-0.711]	[0.028]
pot_log_d1(t-1)	-0.027	-0.089	0.214	0.167
	(0.130)	(0.434)	(0.236)	(0.704)
	{0.835}	{0.837}	{0.364}	{0.812}
	[-0.208]	[-0.205]	[0.908]	[0.238]
k_log_d1 (t-1)	-0.007	0.132	-0.072	0.554
	(0.071)	(0.239)	(0.130)	(0.387)
	{0.923}	{0.581}	{0.580}	{0.152}
	[-0.097]	[0.553]	[-0.553]	[1.432]
q_log_d1 (t-2)	-0.170	0.361	-0.231	0.314
	(0.314)	(1.050)	(0.570)	(1.701)
	{0.588}	{0.731}	{0.685}	{0.854}
	[-0.541]	[0.344]	[-0.406]	[0.184]
ht_log_d1 (t-2)	0.106	-0.211	0.232	0.324
	(0.075)	(0.251)	(0.136)	(0.407)
	{0.156}	{0.400}	{0.088}	{0.426}
	[1.417]	[-0.841]	[1.704]	[0.795]
pot_log_d1(t-2)	0.040	0.122	-0.153	0.052
	(0.122)	(0.407)	(0.221)	(0.659)
	{0.743}	{0.764}	{0.487}	{0.937}
	[0.328]	[0.300]	[-0.695]	[0.079]
k_log_d1 (t-2)	0.015	-0.205	-0.078	-0.162
	(0.072)	(0.239)	(0.130)	(0.387)
	{0.838}	{0.392}	{0.549}	{0.675}
	[0.204]	[-0.856]	[-0.599]	[-0.419]

-----

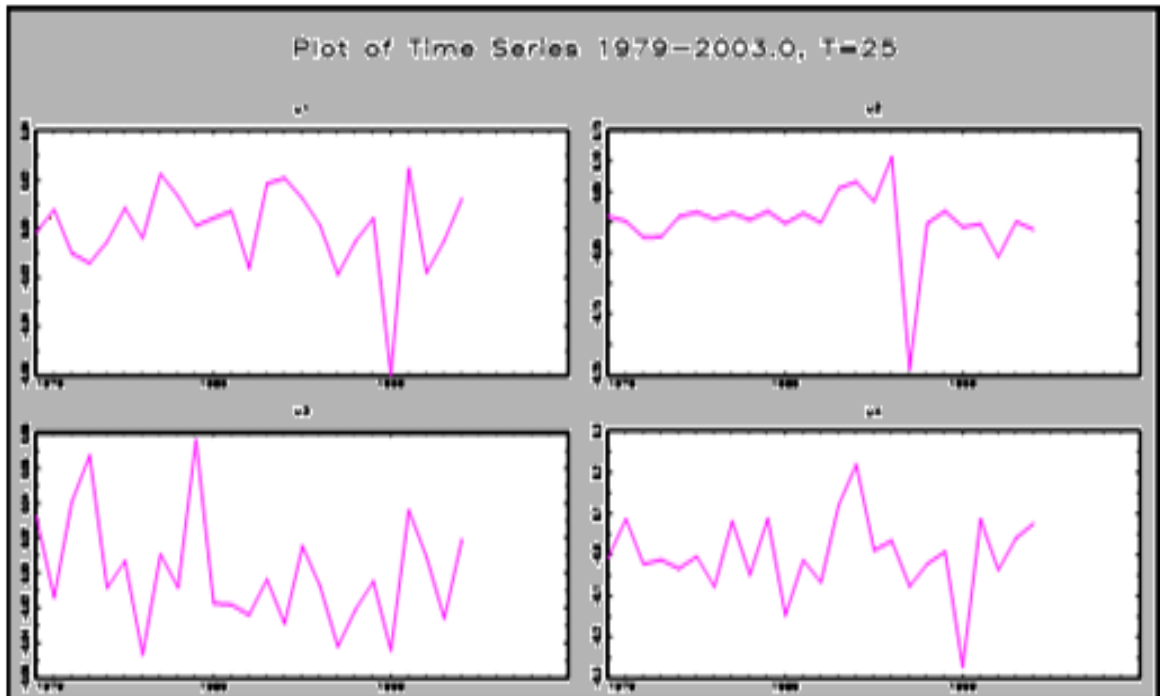
Deterministic term:

```
=====
q_log_d1 ht_log_d1 pot_log_d1 k_log_d1
-----
CONST | 0.018  0.028  0.055  0.011
      | (0.013) (0.045) (0.024) (0.073)
      | {0.190} {0.532} {0.024} {0.884}
      | [1.311] [0.625] [2.250] [0.146]
-----
```

### 3. VERIFICACIÓN DEL MODELO:

#### 3a. Análisis Gráfico

Gráfico 7: Pruebas de diagnóstico

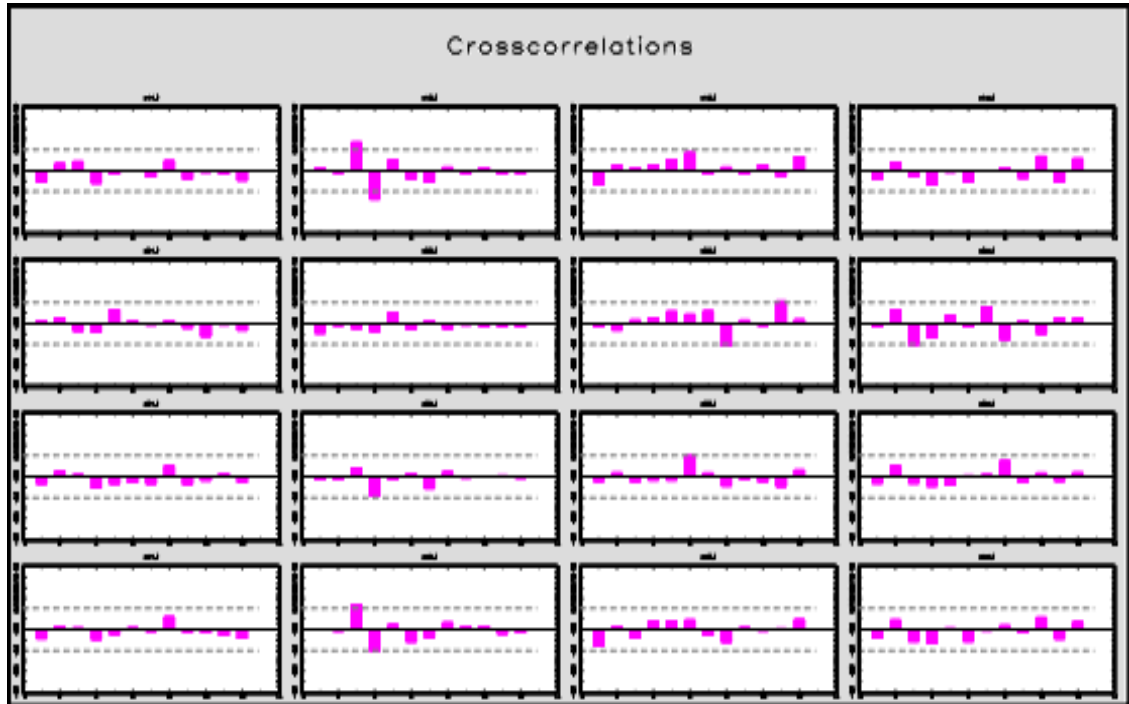


Se evidencia nuevamente, pero de forma gráfica, y por tanto más ilustrativa, el comportamiento de las diferentes series empleadas en el estudio, mostrando de forma más precisa la necesidad de generar algunas variables dummies para suavizar o eliminar los efectos nocivos que se puedan generar en la medición sobre el impacto del capital humano en el crecimiento económico de Colombia.



### 3b. Correlogramas

Gráfico 8: Correlogramas



Los gráficos de la diagonal principal, muestran las correlaciones simples y los otros, las correlaciones cruzadas, en otros términos se tiene que:

$$\gamma_K = Cov(e_{1t}, e_{1t+k}) = Cov(e_{1t-k}, e_{1t})$$

Covarianza Cruzada

$$Cov(e_{1t}, e_{2t+k}) \neq Cov(e_{2t}, e_{1t+k})$$

En términos generales, a partir de la simple observación, se podría concluir que la información no presenta problemas de correlación, por encontrarse entre las líneas de base.

### 3c. Autocorrelación.

PORTMANTEAU TEST ( $H_0: \rho_h = (\rho_1, \dots, \rho_h) = 0$ )

Reference: Lütkepohl (1993), Introduction to Multiple Time Series Analysis, 2ed, p. 150.

tested order: 10  
test statistic: 117.7224  
p-value: 0.7319  
adjusted test statistic: 153.5521

p-value: 0.0615  
degrees of freedom: 128.0000

En el p-valor, se muestran posibles problemas de autocorrelación, debido a que el porcentaje máximo permitido es del 5% y en estadístico ajustado nos genera un 6%, con lo que se deduce que hay problemas de autocorrelación.

### 3d. Autocorrelación muestra pequeña.

LM-TYPE TEST FOR AUTOCORRELATION with 4 lags  
Reference: Doornik (1996), LM test and LMF test (with F-approximation)  
LM statistic: 100.0000  
p-value: 0.0027  
df: 64.0000  
Insufficient degrees of freedom for the F-correction.

Con la muestra pequeña, se confirma la existencia de dichos problemas.

### 3e. Normalidad

Se pretende observar que;  $\hat{e}_t \sim n(0, \Sigma e$

$$\sum_e^{-1/2} . e_t \sim n(0, I)$$

Siguiendo las propuestas de Doornik & Hansen (1994) y Lütkepohl (1993), se parte en ambas que la Hipótesis Nula es que los errores del modelo siguen una distribución Normal, se tiene que;

#### TESTS FOR NONNORMALITY

Reference: Doornik & Hansen (1994)  
joint test statistic: 141.7501  
p-value: 0.0000  
degrees of freedom: 8.0000  
skewness only: 33.0188  
p-value: 0.0000  
kurtosis only: 108.7313  
p-value: 0.0000

Reference: Lütkepohl (1993), Introduction to Multiple Time Series Analysis, 2ed, p. 153  
joint test statistic: 126.7345  
p-value: 0.0000  
degrees of freedom: 8.0000  
skewness only: 35.0138

p-value: 0.0000  
 kurtosis only: 91.7207  
 p-value: 0.0000

Una vez analizadas las pruebas conjuntas, se puede rechazar la Hipótesis que los errores siguen una distribución Normal y por tanto se requiere observar individualmente que pasa con la Curtosis y la Asimetría.

### Jarque Bera univariada

#### JARQUE-BERA TEST

variable	teststat	p-Value(Chi^2)	skewness	kurtosis
u1	20.3333	0.0000	-1.4476	6.3374
u2	121.1714	0.0000	-2.5539	12.4993
u3	2.2571	0.3235	0.7358	3.0361
u4	3.7111	0.1564	-0.4820	4.6227

Se observan algunos problemas en los residuales del PIB y del Capital Humano; esta situación se explica por la gran dispersión que tienen los datos, provocados por valores atípicos de los años 1988, 1996 y 1999 explicados ya con anterioridad.

### ARCH LM

Para verificar el efecto ARCH se tiene en cuenta que:

$$\hat{\epsilon}_t^2 = \gamma_0 + \gamma_1 \hat{\epsilon}_{t-1}^2 + \dots + \gamma_q \hat{\epsilon}_{t-1}^2 + \omega_t$$

Para que no haya efecto ARCH se debe cumplir:

$$\gamma_i = 0$$

$$E(\hat{\epsilon}_t^2 \div \hat{l}_{t-1}) = h_t = \gamma_0 + \gamma_1 \cdot \hat{\epsilon}_{t-1}^2 + \dots + \gamma_q \cdot \hat{\epsilon}_{t-q}^2$$

Donde;

$H_0 : \gamma_1 = \gamma_2 = \dots = \gamma_q = 0$  No hay efecto ARCH

$H_a : H_i$  tal que  $\gamma_i \neq 0 \quad i = 1 \dots q$  Hay efecto ARCH

#### ARCH-LM TEST with 10 lags

variable	teststat	p-Value(Chi^2)	F stat	p-Value(F)
u1	10.4919	0.3984	3.4910	0.1198
u2	2.8091	0.9856	0.3456	0.9212
u3	11.5161	0.3187	4.9583	0.0683
u4	11.1694	0.3445	4.3737	0.0839

En ninguno de los casos se rechaza la Hipótesis Nula y por tanto, no existe efecto ARCH, con lo cual se determina que los errores del modelo no están autocorrelacionados.

A partir de las diferentes pruebas realizadas, se hace necesario incorporar tres variables Dummys, dos de pulso en 1980 y 1999 y una de paso durante 1992 hasta 1995.

Una vez incorporadas las variables Dummys se recalculó nuevamente el modelo VAR(p) y se determinó que el nuevo número óptimo de rezagos es de 3.

```
OPTIMAL ENDOGENOUS LAGS FROM INFORMATION CRITERIA
endogenous variables:      q_log_d1 ht_log_d1 pot_log_d1 k_log_d1
deterministic variables:  d92 CONST
sample range:             [1987, 2003], T = 17

optimal number of lags (searched up to 10 lags of levels):
Akaike Info Criterion:    3
Final Prediction Error:   3
Hannan-Quinn Criterion:  3
Schwarz Criterion:        3
```

Se corrigieron los problemas de autocorrelación, Normalidad de los Errores y continúa sin evidenciarse efecto ARCH como se observa a continuación;

```
PORTMANTEAU TEST (H0:Rh=(r1,...,rh)=0)
Reference: Lütkepohl (1993), Introduction to Multiple Time Series
Analysis, 2ed, p. 150.
tested order:             10
test statistic:           130.4614
  p-value:                 0.5121
adjusted test statistic:  165.9826
  p-value:                 0.1743
degrees of freedom:       112.0000
```

```
LM-TYPE TEST FOR AUTOCORRELATION with 2 lags
Reference: Doornik (1996), LM test and LMF test (with F-approximation)
LM statistic:             84.4499
  p-value:                 0.10240
df:                       32.0000
```

```
TESTS FOR NONNORMALITY
Reference: Doornik & Hansen (1994)
joint test statistic:     3.0612
  p-value:                 0.9305
degrees of freedom:       8.0000
skewness only:           1.9775
```

p-value: 0.7399  
kurtosis only: 1.0837  
p-value: 0.8969

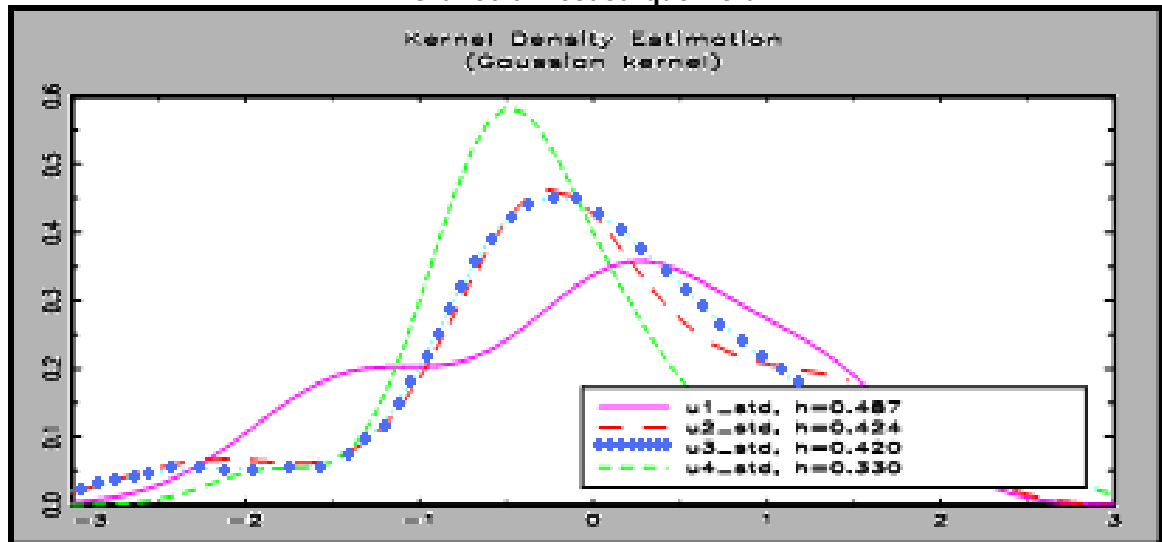
Reference: Lütkepohl (1993), Introduction to Multiple Time Series Analysis, 2ed, p. 153

joint test statistic: 6.1273  
p-value: 0.6330  
degrees of freedom: 8.0000  
skewness only: 1.8106  
p-value: 0.7705  
kurtosis only: 4.3167  
p-value: 0.3648

**JARQUE-BERA TEST**

variable	teststat	p-Value(Chi^2)	skewness	kurtosis
u1	1.2949	0.5234	-0.2810	2.0106
u2	0.4091	0.8150	-0.3115	3.1453
u3	0.7826	0.6762	-0.0221	3.8836
u4	2.9127	0.2331	0.8458	3.2265

**Gráfico 9: Test Jarque-Bera**



**ARCH-LM TEST with 10 lags**

variable	teststat	p-Value(Chi^2)	F stat	p-Value(F)
u1	9.5570	0.4802	3.0114	0.1975
u2	8.3645	0.5933	2.0779	0.2974
u3	11.1702	0.3444	5.5264	0.0931
u4	5.0159	0.8901	0.7816	0.6660

El análisis de estabilidad realizado a partir de la prueba de Chow, no determina un quiebre estructural significativo, a pesar de observar un ligero cambio en la tendencia después del año 2000.

#### CHOW TEST FOR STRUCTURAL BREAK

On the reliability of Chow-type tests..., B. Candelon, H. Lütkepohl, Economic Letters 73 (2001), 155-160

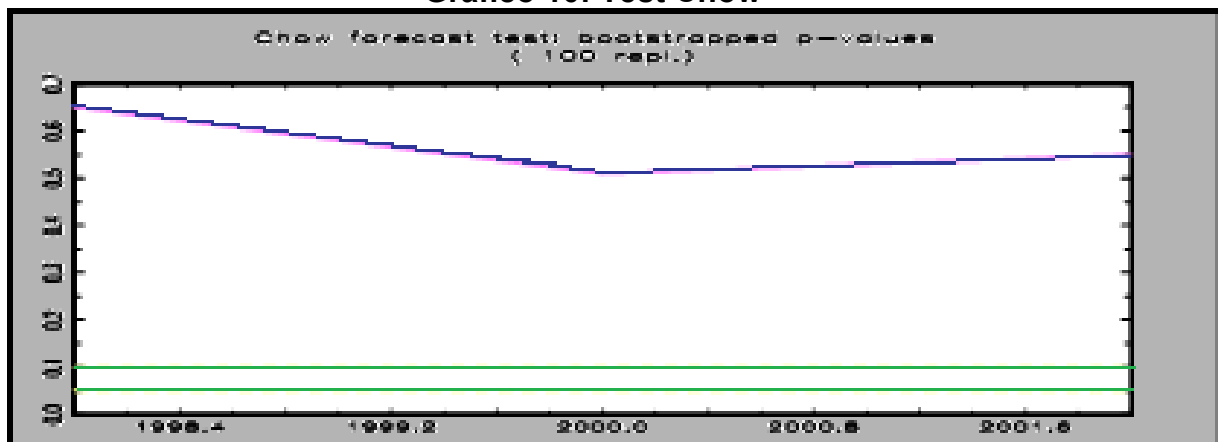
```

sample range:          [1980, 2003], T = 24
break date      chow_fc  boot p-val  F p-val  df1  df2
1998            0.9082   0.5300     0.6212   24   4
2000            0.9513   0.5300     0.5552   16   9
2002            1.0102   0.4600     0.4841    8  10

```

Gráficamente se tiene que:

**Gráfico 10: Test Chow**



#### 4. PRUEBAS DE CAUSALIDAD DE GRANGER.

##### TEST FOR GRANGER-CAUSALITY:

H0: "q\_log\_d1" do not Granger-cause "ht\_log\_d1, pot\_log\_d1, k\_log\_d1"

Test statistic l = 1.7284  
pval-F( l; 9, 40) = 0.1142

##### TEST FOR INSTANTANEOUS CAUSALITY:

H0: No instantaneous causality between "q\_log\_d1" and "ht\_log\_d1, pot\_log\_d1, k\_log\_d1"

Test statistic:  $c = 11.4509$   
pval-Chi(  $c; 3$ ) = 0.0095

**H0: "ht\_log\_d1" do not Granger-cause "q\_log\_d1, pot\_log\_d1, k\_log\_d1"**

Test statistic  $l = 4.0534$   
pval-F(  $l; 9, 40$ ) = 0.0009

TEST FOR INSTANTANEOUS CAUSALITY:

H0: No instantaneous causality between "ht\_log\_d1" and "q\_log\_d1, pot\_log\_d1, k\_log\_d1"

Test statistic:  $c = 11.8484$   
pval-Chi(  $c; 3$ ) = 0.0079

**H0: "pot\_log\_d1" do not Granger-cause "q\_log\_d1, ht\_log\_d1, k\_log\_d1"**

Test statistic  $l = 0.6484$   
pval-F(  $l; 9, 40$ ) = 0.7490

TEST FOR INSTANTANEOUS CAUSALITY:

H0: No instantaneous causality between "pot\_log\_d1" and "q\_log\_d1, ht\_log\_d1, k\_log\_d1"

Test statistic:  $c = 3.1850$   
pval-Chi(  $c; 3$ ) = 0.3640

**H0: "k\_log\_d1" do not Granger-cause "q\_log\_d1, ht\_log\_d1, pot\_log\_d1"**

Test statistic  $l = 2.5511$   
pval-F(  $l; 9, 40$ ) = 0.0203

TEST FOR INSTANTANEOUS CAUSALITY:

H0: No instantaneous causality between "k\_log\_d1" and "q\_log\_d1, ht\_log\_d1, pot\_log\_d1"

Test statistic:  $c = 9.2498$   
pval-Chi(  $c; 3$ ) = 0.0261