

Apuntes del CENES

ISSN 0120-3053

Volumen 30 - N°. 51

Primer Semestre 2011

Págs. 61 - 102

# **Relaciones dinámicas entre innovación tecnológica y distribución del ingreso**

*Dynamic relationships between  
technological innovation and Income  
Distribution*

*Lina María Pedraza \**

*Oscar Arturo Benavides\*\**

Fecha de recepción: 30 de septiembre de 2010

Fecha de aprobación: 12 de noviembre de 2010

---

\* Magíster en Ciencias Económicas Universidad Nacional de Colombia, Egresada y Docente Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Correo electrónico: linamariapego@gmail.com

\*\* Doctor en ciencias económicas, Docente e Investigador, Escuela de Economía, Universidad Nacional de Colombia.

Correo electrónico: oabenavidesg@unal.edu.co

## Resumen

En el presente trabajo se analizan los efectos que sobre la distribución del ingreso tiene el proceso de crecimiento económico como consecuencia del avance tecnológico y la acumulación de capital humano. A partir de los antecedentes teóricos y empíricos, hechos estilizados, y un modelo de tres sectores, se explica la dinámica de las relaciones entre crecimiento endógeno y distribución del ingreso cuando el capital humano y el avance tecnológico se integran de manera complementaria. El resultado final muestra que el crecimiento afecta la distribución del ingreso por medio de la rentabilidad del capital humano y de la proporción que representa el capital humano dentro de los activos totales de los consumidores.

**Palabras clave:** crecimiento económico, distribución del ingreso, innovación tecnológica, capital humano.

Clasificación JEL: O41, I121, O31, J24

## Abstract

This study analyzes how human capital accumulation and technological change influence both Economic growth and income inequality. By means of theoretical antecedents, empirical antecedents, stylized facts and a three sectors model, we explain the dynamic of relationship between endogenous Economic growth and income distribution when human capital and technological change are complementary. The results identify that Economic growth process affects income distribution through human capital returns and the composition that human capital represents in the total actives of the consumers.

**Key words:** economic growth, income distribution, technological change, human capital.

JEL Classification: O41, I121, O31, J24

## 1. Introducción

El crecimiento económico, definido como el comportamiento de la tasa de crecimiento del ingreso per cápita en el largo plazo, es para muchos el problema más importante de la teoría macro-económica; en los últimos veinte años ha renacido el interés en estudiar los factores, que desde la perspectiva teórica, determinan el crecimiento en el largo plazo e igualmente las políticas tendientes a alcanzar las mayores tasas de crecimiento posible<sup>1</sup>. Muchos de estos estudios realizados desde la perspectiva neoclásica, muestran la importancia del crecimiento como fuente de bienestar; sin embargo, muchos no abordan los

problemas que tratan la relación que existe entre crecimiento y distribución del ingreso. Más aun, se considera que debido a que los problemas distributivos se han presentado principalmente en los países con bajo ingreso per cápita, el proceso de crecimiento mejoraría la distribución del ingreso y de la riqueza<sup>2</sup>.

La relación entre crecimiento económico y distribución del ingreso ha sido analizada por la escuela neoclásica desde dos perspectivas: la primera, analiza el efecto que tiene la distribución del ingreso y de la riqueza sobre el crecimiento; de acuerdo con esta perspectiva, la desigualdad es necesaria para el crecimiento en la medida en que

<sup>1</sup> Es importante destacar los trabajos de Romer (1986), Lucas (1988), Barro (1990), Rebelo (1991), Romer (1990) y Aghion y Howitt (1992). Para una presentación sistemática del problema del crecimiento ver Barro y Sala-i-Martin (1994) y Aghion y Howitt (1998).

<sup>2</sup> Ver el trabajo de Van Den Berg (2001) y Weil (2005) para un análisis sobre la relación entre crecimiento y distribución del ingreso y de la riqueza.

genera los incentivos para la acumulación de factores<sup>3</sup>. En ese sentido, las políticas distributivas desmejorarían el crecimiento potencial de la economía y finalmente, se generaría un *trade off* entre justicia social y eficiencia productiva. En esta perspectiva es necesaria una concentración en el ingreso que permita recuperar los costos hundidos que se requieren para generar innovaciones tecnológicas y por esta vía, crecimiento.

La segunda perspectiva analiza el efecto que tiene el crecimiento económico en la distribución del ingreso. La hipótesis de Kuznets señala que el crecimiento económico tiende a generar estructuras inequitativas al comienzo del proceso de crecimiento, pero en el largo plazo generan estructuras más equitativas, es decir, la relación entre crecimiento económico y distribución tiene forma de U invertida<sup>4</sup>. En este caso se considera que la escasez de algunos factores, el

capital por ejemplo, hace que su remuneración tienda a ser alta y luego, a medida que el factor sea menos escaso con respecto al trabajo, la situación se revierte dado que la productividad marginal de los factores es decreciente.

La relación entre crecimiento económico y distribución ha sido analizada de manera amplia y detallada en los últimos años. Los estudios empíricos de Juhn, Murphy y Pierce<sup>5</sup>, y trabajos teóricos de Perotti<sup>6</sup>, Galor y Zeira<sup>7</sup>, Galor y Tsiddon<sup>8</sup>, Atkinson<sup>9</sup>, Piketty<sup>10</sup>, cuestionan la hipótesis planteada por Kuznets. Recientemente, Barro<sup>11</sup> y Quadrini<sup>12</sup> muestran empíricamente que no se valida económicamente la hipótesis de U invertida de Kuznets e igualmente los citados trabajos de Juhn, y Bourguignon muestran que se ha presentado un incremento en las desigualdades salariales en los países de la OECD durante los últimos 25 años.

<sup>3</sup> Ver Quadrini para una presentación actualizada sobre el tema la relación desigualdad y crecimiento.

<sup>4</sup> KUZNETS, Simon. Economic Growth and Income Inequality. En: American Economic Review. 1955. 45:1. p. 1-28.

<sup>5</sup> Juhn, Chinhui; MURPHY, Kevin y PIERCE, Brooks. Wage inequality and the rise in the returns to skills. En: Journal of Political Economy. June 1993. 101(3). p. 410 – 442.

<sup>6</sup> PEROTTI, Roberto. Political equilibrium, income distribution and Growth. En: Review of economics studies. Oct. 1993. 60 (4). p. 755 -776.

<sup>7</sup> GALOR, Oded and ZEIRA, Joseph. Income Distribution and Macroeconomics. En: Review of Economic Studies. 1993. 60:1. p. 35-52.

<sup>8</sup> GALOR Oded and TSIDDON Daniel. Income Distribution and Growth: The Kuznets Hypothesis Revisited. En: Economica, New Series, 1996. Vol. 63, No. 250, Supplement: Economic Policy and Income Distribution. The London School of Economics and Political Science. p. S103-S117.

<sup>9</sup> ATKINSON, Anthony B. Seeking to Explain the Distribution of Income in New Inequalities: The Changing Distribution of Income and Wealth in the United Kingdom. John Hills. Cambridge: Cambridge U. Press. 1996. p. 19-48.

<sup>10</sup> PIKETTY, Thomas. Inegalites et Redistribution. En: Revue d'Economie Politique. 1996. 104:6. p. 769-800.

<sup>11</sup> BARRO, Robert. Inequality and growth in a panel of countries. En: Journal of Economic Growth. Volume 5. Number 1. 2000. p. 5 -32.

<sup>12</sup> QUADRINI, Vincenzo. Growth and Inequality (Macro perspectives). En: The New palgraves dictionary of Economics. (2nd Ed.).

Por último, el trabajo de García Peñalosa<sup>13</sup> muestra desde una perspectiva teórica, con base en los planteamientos neo-schumpeterianos, que la relación entre crecimiento y distribución no es clara. Es importante destacar que aunque para muchas economías tanto en vía de desarrollo como de países desarrollados, se ha observado un comportamiento relativamente estable en términos del crecimiento durante los últimos 30 años, no se presenta una tendencia claramente decreciente en términos de desigualdad y más aun se observan tendencias crecientes de desigualdad.

El presente trabajo se ubica en la segunda perspectiva, pues busca analizar los efectos que sobre la distribución del ingreso tiene el proceso de crecimiento económico como consecuencia del avance tecnológico y la acumulación de capital humano. por medio de un modelo de crecimiento endógeno se pretende explicar cómo los incrementos en productividad originados en el avance tecnológico afectan los salarios relativos y por lo tanto, la distribución del ingreso salarial; así mismo, la relación que existe entre trabajadores no calificados y calificados a partir de los activos que poseen. Finalmente, se analizan los efectos que tiene sobre la tasa de crecimiento del consumo per cápita en estado estacionario, la acumulación de activos por parte de los individuos, como su remuneración salarial.

El objetivo del trabajo es dar respuesta a preguntas acerca de la relación existente entre crecimiento económico y distribución del ingreso a partir de la hipótesis propuesta por Kuznets. Con la elaboración de este trabajo, se espera obtener un referente teórico para entender los hechos estilizados observados en los últimos 40 años, en el que se analicen los efectos que sobre la distribución del ingreso tiene el proceso de crecimiento económico como consecuencia del avance tecnológico.

El presente trabajo se divide en cuatro partes. Luego de esta introducción se presentan los antecedentes teóricos del análisis sobre crecimiento y distribución haciendo énfasis en las dos principales perspectivas que se han identificado. La primera sobre el capital humano, y la segunda, el efecto de la innovación tecnológica tanto en el crecimiento como en la distribución del ingreso. En la segunda parte se hace referencia a la evidencia empírica y hechos estilizados que permiten verificar que la relación existente entre crecimiento económico y distribución del ingreso ha mostrado un comportamiento que no permite validar la hipótesis planteada por Kuznets. En la tercera sección, se plantea un modelo teórico de crecimiento endógeno con tres sectores de producción mediante el cual se identifica el crecimiento de largo plazo como la distribución del ingreso medida en términos de las tasas de crecimiento

<sup>13</sup> GARCÍA-PENALOSA, Cecilia. The economics of distribution and growth: Recent issues. En: Fourth Annual DG ECFIN Research Conference: Growth and income distribution in an integrated Europe: Does EMU make a difference? September. 2007. 38p.

del consumo per cápita de los diferentes tipos de trabajo en función de las remuneraciones salariales y la posesión de activos. Por último, en la cuarta parte se presentarán las conclusiones.

## 2. Antecedentes

### 2.1 Aspectos teóricos

#### 2.1.1 *La perspectiva del capital humano*

Recientemente algunos estudios que se han enfocado en la relación entre crecimiento y la desigualdad del ingreso han hecho énfasis en la inversión en capital humano. Como señala el trabajo de Galor y Tsiddon<sup>14</sup>, la inversión en capital humano se convierte en un factor que genera tasas de salario diferenciales de acuerdo con la calificación e inciden en el progreso tecnológico retornando en inversión en capital humano. De esta manera, se presenta crecimiento de la producción y desigualdad del ingreso en las primeras etapas y, crecimiento y menor desigualdad, en las etapas posteriores, corroborando así lo propuesto por Kuznets. Estudian la interacción entre la distribución de capital humano, el progreso tecnológico y el crecimiento económico; analizan y demuestran que la composición del

capital humano y su nivel, son factores importantes en el proceso de crecimiento económico y que el patrón de evolución de la distribución del capital humano, la distribución del ingreso y el crecimiento económico están determinados de manera simultánea por la interrelación entre externalidades de ambiente local y tecnológico global.

En su trabajo de 1996 plantean un modelo de equilibrio general en el que la evolución de la distribución del ingreso y del crecimiento de la producción corrobora la hipótesis de Kuznets. El modelo desarrollado presenta una estructura de una economía pequeña que opera en un mundo perfectamente competitivo, con la existencia de generaciones traslapadas en las que se encuentran individuos con altos y bajos niveles de capital humano. En esta economía se producen bienes homogéneos con rendimientos constantes a escala y la oferta de capital físico es resultado del ahorro de los individuos y del capital internacional. Igualmente destacan la inversión en capital humano como un factor que origina incrementos en la tasa de salarios debido a la mayor productividad laboral y que evoluciona dinámicamente entre generaciones<sup>15</sup>. El progreso tecnológico potenciador del

<sup>14</sup> GALOR Oded and TSIDDON Daniel. Income Distribution and Growth: The Kuznets Hypothesis Revisited. En: *Economica*, New Series, 1996. Vol. 63, No. 250, Supplement: Economic Policy and Income Distribution. The London School of Economics and Political Science. p. S103-S117.

<sup>15</sup> Los individuos viven tres periodos: en el primero invierten recursos en la producción de capital humano, en el segundo ofrecen mano de obra a la tasa de salarios de mercado y destinan ingreso neto al consumo y al ahorro y, en el tercero se retiran usando los ahorros para el consumo. En cada generación existen individuos con alto y bajo nivel de formación en capital humano, el crecimiento de la población es constante y los individuos invierten en capital humano, ya sea con recursos propios o tomando prestado capital a una tasa  $r$  constante.

trabajo, el incremento en la productividad y el crecimiento en la producción están dados por las externalidades del capital humano. Estas externalidades son directas por medio de un ambiente doméstico por los incentivos a la mayor escolarización en comparación con la generación anterior, e indirectas, por las contribuciones de capital humano en la sociedad lo cual incide en el progreso tecnológico de la próxima generación mediante la productividad laboral.

De esta manera, existe oferta de trabajo calificado como resultado de la inversión en capital humano, cuya evolución entre generaciones determina los niveles de salarios y de retorno del capital, que están dados, e igual ocurre con el progreso tecnológico. En el comportamiento de la evolución del capital humano dentro y a través de las generaciones, se presenta un sistema dinámico caracterizado por múltiples equilibrios localmente estables.

El modelo demuestra que en las primeras etapas de desarrollo, un incremento en el nivel agregado de capital humano no es conveniente para su distribución del ingreso pues puede generar desigualdad. Es decir, los individuos con alta formación se pueden superar en situaciones de bajo equilibrio económico incrementando su tasa de salarios y su inversión en capital humano, la inequidad en el ingreso es mayor y el conocimiento acumulado baja a los segmentos de la

sociedad por el progreso tecnológico en la producción. Así, de acuerdo con la hipótesis de Kuznets, durante las primeras etapas de desarrollo el crecimiento de la producción está asociado con una amplia desigualdad en el ingreso, por lo que en las últimas etapas el crecimiento de la producción está acompañado de una mejor distribución de capital humano e ingreso.

Para complementar este primer trabajo, Galor y Tsiddon<sup>16</sup> realizan una profundización de los principales aspectos planteados en el modelo mediante la formalización matemática del comportamiento de las externalidades derivadas del proceso de formación de capital humano en las dos generaciones y de los efectos de las externalidades en la evolución de la distribución del capital humano en la economía, con tecnología estacionaria y progreso tecnológico endógeno. Así mismo, analizan otros aspectos como el altruismo intergeneracional resultante en la evolución del capital humano dentro de una generación y la incertidumbre en los resultados de la inversión en capital humano que realizan los individuos.

Las externalidades se analizan desde dos perspectivas: local, que hace referencia al ambiente doméstico que permite el incremento del capital humano de los individuos en relación con el de sus padres o con la generación anterior, y

<sup>16</sup> GALOR Oded and GALOR Daniel. The Distribution of Human Capital and Economic Growth. En: Journal of Economic Growth, 1997. March. Kluwer Academic Publishers, Boston. p 93-124.

tecnológica global, que se refiere a la contribución de la inversión en capital humano en la sociedad. Tanto la externalidad local como la global se derivan de los incentivos de los padres a invertir en sus hijos en una mejor formación escolar; desde el hogar, la decisión de los padres de brindar una mejor escolaridad afecta local y directamente el nivel de capital humano de sus hijos y global e indirectamente, incide en el nivel de capital humano de la sociedad y en la magnitud del progreso tecnológico potenciador de trabajo de la próxima generación. Este progreso tecnológico incrementa la tasa de retorno de la inversión en capital humano lo cual estimula a mayor inversión en capital humano.

El estudio sugiere que una economía relativamente pobre que valora tanto la equidad como también el crecimiento puede confrontar *trade-off* entre equidad en el corto plazo seguido por equidad y estancamiento en el largo plazo, e inequidad en el corto plazo, seguido por equidad y prosperidad en el largo plazo. La economía puede encontrar beneficioso subsidiar la educación de un grupo selecto de individuos que finalmente generen suficientes externalidades para llevar a la sociedad a un estado de prosperidad y equidad; además, si la economía de

manera prematura implementa una política diseñada a reforzar igualdad en la distribución del ingreso puede ser atrapada innecesariamente en estados de bajo crecimiento sin llegar a alcanzar prosperidad.

También dentro de los desarrollos recientes, existen estudios que han examinado los efectos de la escolaridad en el proceso de formación de capital humano y que inciden en el crecimiento económico. Bils y Klenow<sup>17</sup> construyen un modelo en el que examinan la relación entre escolaridad, capital humano y crecimiento a partir de observaciones de corte transversal para 52 países, cuantifican los efectos de la escolaridad sobre el crecimiento mediante el análisis de las relaciones causales escolaridad –crecimiento y crecimiento– escolaridad y, la estimación de tres aspectos: el impacto de la escolaridad sobre el crecimiento del capital humano, el impacto de la escolaridad sobre el crecimiento de la tecnología y el impacto del crecimiento esperado sobre la escolaridad.

La investigación fue realizada con base en los estudios de Gary Becker<sup>18</sup>, Nelson y Phelps<sup>19</sup>, Jacob Mincer<sup>20</sup>, Sherwin Rosen<sup>21</sup> y Robert Barro y Xavier Sala-i-Martin<sup>22</sup>.

<sup>17</sup> BILS Mark y KLENOW, Peter. Does Schooling Cause Growth, En: The American Economic Review, 2000 Vol 90, No.5.

<sup>18</sup> BECKER, Gary S. Human Capital. Columbia University Press. 1964.

<sup>19</sup> NELSON, Richard y PHELPS, Edmund. Investment in Human, Technological Diffusion and Economic Growth. En: The American Economic Review. 1966. Vol 56, No. 1/2

<sup>20</sup> MINCER, Jacob. Schooling, experience and earnings. New York: Columbia University Press. 1974

<sup>21</sup> ROSEN, Sherwin. A theory of Lifetime earnings. En: Journal of Political Economy. August 1976. 84 (4) p. 45 - 57.

<sup>22</sup> BARRO, Robert J. y SALA-I-MARTIN, Xavier. Economic Growth. NY: McGraw-Hill. 1995.

Para explicar la dinámica de la causalidad escolaridad - crecimiento, se presenta un modelo en el que los individuos tienen vida finita, el capital humano puede crecer con el aumento de la escolaridad y por consiguiente, contribuir con la tasa de crecimiento del país; se considera que la contribución es significativa y se incorpora una externalidad positiva del capital humano sobre el nivel de la tecnología. La función de producción está determinada por el *stock* de capital físico, el *stock* de capital humano y el estado de la tecnología; el *stock* de capital humano es la sumatoria de este factor correspondiente a la cohorte que está trabajando en la economía, se supone que la cohorte va a la escuela durante todos los años de escolaridad y trabaja después de terminar la escuela hasta el final de su vida, existe sustitución perfecta entre los diferentes niveles de capital humano.

El capital humano está determinado por la contribución de los profesores en la formación de capital humano, los años de escolaridad y la experiencia, y el porcentaje de las ganancias recibidas por cada año; esta condición permite cuantificar el impacto de la escolaridad sobre el crecimiento del capital humano. La calidad de la escolaridad incrementa con la contribución de los profesores en el capital humano, el salario de los individuos está relacionado con los años de escolaridad y los años de experiencia. Como el capital humano no solamente

tiene efectos sobre el crecimiento sino también sobre el nivel de tecnología, la tasa de crecimiento de la tecnología para un país estaría dada por el crecimiento exógeno o "*frontera tecnológica mundial*" y el nivel promedio de capital humano en un país; los países cercanos a la frontera pueden experimentar un crecimiento económico lento y los que tienen altos niveles de capital humano, alcanzan tasas aceleradas de crecimiento y adoptan rápido la tecnología.

La causalidad crecimiento – escolaridad es explicada a partir de un modelo de economía abierta que enfrenta una tasa de interés mundial constante y el precio de la producción está dado. La función de producción de las empresas está determinada por la tasa de depreciación del capital físico y la tasa de salario por unidad de capital humano. Los individuos deciden su consumo y los años de escolaridad maximizando una función de utilidad que muestra que los beneficios de ir a la escuela generan un efecto ingreso sobre la demanda por escolarización; la restricción presupuestaria del individuo está dada por los ingresos salariales y su tasa de descuento y por el costo de oportunidad en términos del tiempo que el individuo gasta en estudiar. Las decisiones de escolaridad pueden explicar el efecto potencial de la escolaridad sobre el crecimiento. El crecimiento económico, siempre que haya neutralidad en las habilidades,

incrementa el salario obtenido por escolaridad. Por lo tanto, puede que el crecimiento conduzca a la escolaridad más que la escolaridad conduzca al crecimiento.

La estimación del impacto de la escolaridad sobre el crecimiento del capital humano<sup>23</sup> permite concluir, para la mayoría de los países, que la casualidad escolaridad –crecimiento se relaciona con la causalidad capital humano– crecimiento. Sin embargo, la falta de retornos decrecientes es contradictoria con la evidencia empírica, y para la escolarización el valor del parámetro de formación de capital humano de la generación anterior implica crecimiento en el capital humano promedio y no explica las mejoras de la tecnología desde 1960 a 1990.

El impacto de la escolaridad sobre el crecimiento de la tecnología es estimado teniendo en cuenta las observaciones descritas en el párrafo anterior y el hecho de que en 1960, las altas tasas de escolarización pueden ser asociadas al rápido crecimiento de la tecnología puesto que el crecimiento en capital humano facilita la adopción de tecnología. Si los trabajadores necesitan más formación para usar tecnologías más avanzadas, el crecimiento de capital humano puede traer mejoras

tecnológicas. La conclusión es similar a la anterior estimación, las diferencias en las tasas de crecimiento del capital humano explican una fracción relativamente pequeña de los países que muestran relación entre escolaridad y crecimiento.

La estimación del impacto del crecimiento esperado sobre la escolaridad<sup>24</sup> establece que la relación entre las tasas de escolaridad y el crecimiento del ingreso puede explicarse empíricamente por dos razones: los países que en 1960 tienen altas tasas de escolaridad muestran rápidas tasas de crecimiento de la oferta laboral entre 1960 y 1990 y, las políticas y otros factores (mejores incentivos a los derechos de propiedad) están asociados con altos niveles de escolaridad y rápido crecimiento en la productividad total de los factores durante el mismo periodo; mayor crecimiento esperado en la tecnología induce a mayor escolarización.

La relación puede tener una causalidad inversa, es decir, la escolaridad puede estar respondiendo a la tasa anticipada de crecimiento del ingreso. Finalmente, el estudio realizado para los 52 países permite concluir que la causalidad crecimiento esperado –escolarización genera más explicaciones empíricas puesto que la causalidad escolarización– crecimiento esperado tiene explicaciones

<sup>23</sup> Para este proceso los autores realizan ajustes en los parámetros de edad, retornos por escolaridad y experiencia, y la contribución de los profesores en el capital humano en la función de capital humano inicial; los retornos por experiencia y escolaridad se basan en estimaciones de las diferentes fuentes de salarios a través de las ecuaciones de Mincer.

<sup>24</sup> Existen rendimientos decrecientes *mincerianos* en la escolaridad y en la experiencia y, se incluye una anualidad que representa el valor anual esperado del crecimiento futuro impulsado por el consumo y las ganancias presentes.

solo para un tercio de las observaciones que presentan relación entre escolaridad y crecimiento del ingreso; sin embargo, parte de la relación entre escolaridad y crecimiento puede reflejar factores omitidos que están relacionados con las tasas de escolaridad en 1960 y tasas de crecimiento para el periodo 1960 – 1990.

### **2.1.2 La perspectiva de la innovación tecnológica**

Desde otra perspectiva de análisis, la relación entre la acumulación de capital humano, crecimiento económico e inequidad en la distribución del ingreso también ha sido analizada. Eicher y García Peñalosa<sup>25</sup> enfatizan en la oferta y demanda de trabajo, tanto calificado como no calificado en los procesos de aprendizaje por la práctica e investigación y desarrollo, (I+D). El trabajo realizado está motivado en que no existe una clara relación entre inequidad y crecimiento en los procesos de desarrollo presentados en los estudios empíricos acerca del tema, por lo que pretenden demostrar que esta falta de claridad puede estar determinada por el papel que desempeña el capital humano en el proceso de desarrollo<sup>26</sup>. Uno de los principales estudios en los que está basado su análisis es el realizado por Tinbergen quien sugirió que la inequidad

está determinada por los efectos opuestos que la tecnología y la educación ejercen sobre la oferta y demanda de trabajo calificado respectivamente, y por lo tanto, sobre los salarios relativos por lo que la relación entre crecimiento e inequidad es determinado por “*la carrera entre el desarrollo tecnológico y la educación*”<sup>27</sup>.

A lo largo del documento se pretende explicar, por medio de un modelo endógeno en el que se acumulan capital humano y tecnología, que la relación entre crecimiento y desigualdad es compleja debido a los efectos de la oferta y la demanda laboral, ya que el efecto directo de una mayor oferta de capital humano es el bajo salario relativo, por lo que se genera inequidad. Sin embargo, la acumulación de capital humano indirectamente genera innovación lo que incrementa la demanda por trabajadores calificados para absorber las nuevas tecnologías en la producción. En el documento se destacan tres partes en las que se explican los aspectos referenciados anteriormente: en la primera, se describe la estructura del modelo; en la segunda, el equilibrio general y el estado estacionario, y por último, se discute la relación entre capital humano, inequidad y crecimiento.

<sup>25</sup> EICHER, Theo and GARCIA-PEÑALOSA Cecilia. Inequality and Growth: the dual role of human capital in development. En: Journal of Development Economics. 2001. Vol. 66. p173–197.

<sup>26</sup> Los autores argumentan que el trabajo de Kuznetz (1955) finalmente no describe los hechos estilizados y la dinámica específica de las variables que emergen en la relación entre crecimiento e inequidad.

<sup>27</sup> TINBERGEN J. (1975). Income Distribution: Analysis and policies. North Holland. Amsterdam. Citado por EICHER, Theo and GARCIA-PEÑALOSA Cecilia. Inequality and Growth: the dual role of human capital in development. En: Journal of Development Economics. 2001. Vol. 66. p173–197.

La estructura del modelo está caracterizada por una función de producción de bienes finales en un mercado competitivo<sup>28</sup>, con producción homogénea utilizando capital humano y variedad de insumos intermedios; la oferta de los factores se explica a través de los incentivos a invertir en educación dados los retornos relativos del trabajo calificado y no calificado y, el cambio tecnológico se plantea a partir de dos maneras: aprendizaje por la practica e investigación y desarrollo, (I+D).

Las productividades relativas del trabajo calificado y no calificado presentan variaciones dada la rapidez del cambio tecnológico y por lo tanto, cambian con el nivel de desarrollo de una economía<sup>29</sup>. La demanda de trabajo está determinada por el salario relativo y el cambio tecnológico. Un incremento en la oferta relativa de trabajo calificado disminuye el salario relativo, mientras que un aumento del cambio tecnológico lo incrementa.

La oferta de factores está dada por la población total de la economía compuesta por trabajadores calificados y no calificados, los calificados pueden ser empleados en procesos de producción o en investigación<sup>30</sup>. Cuando surgen

nuevas tecnologías, los agentes pueden aprender a trabajar y llegar a ser trabajadores calificados (los agentes son diferentes en sus habilidades para aprender), por lo que al inicio de su vida laboral deciden si invertir en educación o permanecer no calificados.

La educación está determinada por costos directos y costos de oportunidad instantáneos de la educación, pues en algunos casos se adquiere mas rápido y por consiguiente, los costos son menores; los costos directos disminuyen cuando el número de agentes que se están educando es mayor, se asume que cuanto mayor es el *stock* de capital humano mayor es la calificación adquirida dado un nivel de inversión en educación, por lo tanto existen externalidades. Adicionalmente, el asalariado calificado paga impuestos diferenciales.

El cambio tecnológico se origina de dos maneras: el aprendizaje por la práctica (APP) y los objetivos de inversión en investigación y desarrollo (I+D). El aprendizaje por la práctica se da cuando los trabajadores descubren nuevas formas en la producción de bienes intermedios y cuando el trabajo calificado es escaso con respecto al requerido en las actividades de investigación y

<sup>28</sup> La estructura de producción de bienes finales está basada en Romer, cada bien intermedio requiere una unidad de capital para transformar una nueva tecnología en un nuevo bien intermedio, lo que permite hacer endógenas las diferencias en productividad que tienen el trabajo calificado y no calificado. Así mismo, la tecnología no es igualmente complementaria entre el trabajo calificado y no calificado y los trabajadores calificados tienen gran capacidad para absorber e implementar las nuevas tecnologías.

<sup>29</sup> El término desarrollo se toma de manera textual del trabajo de los autores.

<sup>30</sup> Los agentes viven dos periodos: cuando son jóvenes trabajan y cuando envejecen consumen.

desarrollo<sup>31</sup>. Cuando se emplea trabajo calificado dedicado a investigación y desarrollo, la producción de bienes está determinada por el APP e I+D, por lo que el aprendizaje no se suspende cuando se emprende I+D y continúa contribuyendo a la producción tecnológica. Se asume que un gran número de trabajadores calificados investigadores son necesarios para generar un cambio tecnológico que exceda el APP, como la I+D es económicamente factible ésta ocasiona mayores avances en el conocimiento.

El resultado del modelo explica cuatro patrones de comportamiento: los dos primeros se caracterizan porque existe equilibrio cuando grandes niveles de capital humano y crecimiento están asociados con el aumento en la inequidad, hay disminución de la oferta laboral y de la demanda relativa de trabajo calificado cuando hay I+D, existe fuerte externalidad de la educación, un bajo grado de sustitución entre trabajadores calificados y no calificados, y baja productividad por aprendizaje.

El tercer patrón consiste en que la relación inequidad - crecimiento disminuye con el incremento en el *stock* de trabajo calificado; el equilibrio con bajo crecimiento está asociado con baja equidad, y con alto crecimiento se asocia

con mayores niveles de inequidad. El cuarto patrón de comportamiento muestra equilibrios únicos en situaciones de investigación y desarrollo, y aprendizaje por la práctica; en los dos casos se alcanza el equilibrio independientemente de las condiciones iniciales. Si la economía converge hacia la I+D, se puede dirigir hacia un único estado de equilibrio; si converge hacia el equilibrio de APP la I+D no se realiza, independientemente del nivel inicial de trabajo calificado. La existencia de un equilibrio único depende del costo de la educación, la externalidad de la educación y la productividad por la investigación.

Otro trabajo destacado de García Peñalosa<sup>32</sup> acerca de la relación crecimiento económico y distribución del ingreso, y que hace énfasis en el componente tecnológico, muestra que el proceso de crecimiento es el resultado del cambio tecnológico, la acumulación de capital físico y humano, y los cambios en la oferta laboral. El análisis de estas variables se realiza mediante la construcción de un modelo en el que se representan la función de producción, la tasa de crecimiento de la producción y la oferta de trabajo. Inicialmente, la función de producción depende del nivel de tecnología, el stock agregado de capital físico y el *stock* agregado del insumo

<sup>31</sup> Los autores señalan que es importante distinguir las características de los países que tienen aprendizaje por la práctica e investigación y desarrollo de aquellos que endógenamente la inician, se asume que el umbral endógeno está determinado en la existencia o no de un número suficiente de investigadores y que la investigación está financiada por entidades públicas a través de los ingresos por impuestos.

<sup>32</sup> GARCÍA-PENALOSA, Cecilia. The economics of distribution and growth: Recent issues. Fourth Annual DG ECFIN Research Conference: Growth and income distribution in an integrated Europe: Does EMU make a difference? September. 2007. 38p.

trabajo, con rendimientos constantes a escala; el insumo trabajo depende de la calidad o capital humano y de la cantidad de trabajo empleado u oferta laboral en donde los niveles de capital humano varían entre individuos o no existe sustitución perfecta. La tasa de crecimiento de la producción depende del crecimiento de la tecnología, el capital físico, el capital humano, y la oferta laboral y sus participaciones.

La distribución del ingreso está determinada por el impacto de las variables capital físico, capital humano y oferta laboral. Para medir la inequidad, se establece que la redistribución del ingreso relativo de los individuos es explicada por variables como la participación del capital físico, el capital humano, las horas de trabajo relativo, y la población y su tasa de participación. Así mismo, si la tasa de salario de los agentes no es proporcional a su capital humano, el salario en la distribución del ingreso estaría determinado por el salario promedio, por lo que la inequidad depende de la participación de los factores, la distribución del capital (físico y humano), la distribución de las horas de trabajo y la tasa de participación. Cada uno de los anteriores aspectos relaciona de manera causal o no, la inequidad y el crecimiento<sup>33</sup>.

El efecto de la acumulación del capital físico en la relación inequidad

–crecimiento, es explicado por medio de un modelo en el que existe diferente dotación inicial de capital para los individuos, y los agentes maximizan su utilidad condicionados a una función de riqueza; al resolver este modelo se puede demostrar que la tasa de crecimiento del consumo (que es la misma para todos los agentes) al igual que la tasa de crecimiento de la producción están en función de la productividad agregada la cual depende del *stock* de capital presente. De esta manera, todos los agentes acumularían capital a la misma tasa y por lo tanto, la distribución relativa del capital permanece invariable.

Las políticas públicas pueden incidir en la tecnología entre países, el crecimiento económico y la distribución del ingreso. Al incluir un impuesto proporcional y constante en la función de riqueza del individuo y un parámetro que representa que los recaudos por impuestos son usados para financiar una parte de las transferencias, las funciones de la tasa de crecimiento y el ingreso relativo de los individuos pueden explicar los siguientes hechos: mayores impuestos se asocian a una distribución más equitativa del ingreso con lentas tasas de crecimiento, las diferencias en tecnología resultan en una correlación positiva entre crecimiento e inequidad antes de impuestos, las diferencias en las tasas de impuestos conducen a una correlación negativa entre crecimiento e inequidad

<sup>33</sup> Un índice de inequidad se puede definir como una función del ingreso relativo de los individuos.

después de impuestos, una mayor desigualdad en la riqueza origina un lento crecimiento, y las diferencias en desigualdad de la riqueza pueden orientar a una correlación positiva o negativa entre crecimiento e inequidad después de impuestos.

Las anteriores consideraciones indican que no existe dinámica en la riqueza debido a que tasas constantes de crecimiento implican que todos los individuos acumulan capital a la misma tasa y la distribución de la riqueza relativa permanece invariable.

Cuando los individuos cuentan con una riqueza inicial y sus preferencias son homotéticas, ahorran una fracción constante del total de su riqueza<sup>34</sup>; como los ahorros son lineales en la función de riqueza del individuo, el ahorro agregado es independiente de la distribución del capital por lo que el comportamiento agregado de la economía con agentes heterogéneos es idéntico a la de un consumidor representativo. Si dos individuos cuentan con diferentes dotaciones de capital, por preferencias homotéticas ambos gastan la misma proporción de riqueza total y tienen la misma tasa de crecimiento de su riqueza total; puesto que sus salarios crecen a la misma tasa con mayor ponderación para el individuo pobre que para el individuo rico, su capital cambiará más rápido y en

la medida en que la economía acumula capital, el *stock* de capital crece rápidamente y la inequidad disminuye. Dada la función de riqueza sin impuestos de los individuos, la distribución del capital es igual a través del tiempo y por lo tanto, la distribución del ingreso llega a ser más equitativa.

El proceso de acumulación del capital humano no se puede separar del cambio tecnológico, en el sentido de que la educación incrementa la capacidad de los individuos para innovar y adaptarse a las nuevas tecnologías, por lo que son necesarios más trabajadores educados para generar cambio tecnológico y crecimiento económico a través de la Investigación y el desarrollo<sup>35</sup>. Como los individuos tienen diferentes niveles de educación, no son sustitutos perfectos y sus salarios relativos dependen de la rapidez y del tipo de cambio tecnológico; estas consideraciones han originado muchos estudios que exploran el concepto de cambio tecnológico parcial y sus implicaciones sobre la inequidad salarial.

Al incorporar el ocio como un componente más de la función de utilidad y de la función de riqueza, se modifica el equilibrio macroeconómico y el resultado indica que una fuerte preferencia por el ocio tiende a reducir la oferta laboral, el producto marginal del capital y por lo

<sup>34</sup> Definida como la suma futura de todas sus ganancias por trabajo y pago por intereses.

<sup>35</sup> Los autores referencian este aspecto basados en los estudios de Nelson y Phelps. Investments in Humans, Technological Diffusion and Economic Growth. American Economic Review. 1966, 61: 69-75.

tanto, la tasa de crecimiento<sup>36</sup>. El grado de inequidad del ingreso también es afectado por el ocio puesto que el tiempo de trabajo de los individuos depende de la oferta laboral, de la tasa de salario y de su *stock* de capital lo cual genera un efecto riqueza que induce al individuo que tiene riqueza a trabajar menos horas y a disfrutar más del ocio; dadas sus dotaciones relativas de capital se genera un equilibrio en la distribución del ingreso, una oferta laboral menor implica altos salarios, bajo retorno de capital, menor crecimiento e igual distribución del ingreso.

## 2.2 Evidencia empírica y hechos estilizados

En recientes estudios del Fondo Monetario Internacional FMI se analiza si los cambios dramáticos de la economía mundial durante las dos últimas décadas, como el proceso de globalización financiera, han afectado el ingreso de la población y la brecha entre ricos y pobres en los países<sup>37</sup>. A partir de datos recientes sobre ingreso disponible y consumo, la investigación realizada señala que la inequidad ha crecido durante las dos décadas pasadas en muchas regiones, tales como el Asia en desarrollo, la Europa Emergente, Latinoamérica y las economías de Asia recientemente industrializadas, así como también algunas economías avanzadas; efecto

contrario se ha dado en África sub – sahariana y las comunidades de Estados Independientes.

A pesar del crecimiento en la inequidad, el ingreso per cápita ha mejorado para la mayoría de la población; para la población pobre ha mejorado en términos absolutos y en muchos casos, el ingreso ha crecido de manera rápida para quienes estaban en una buena condición. En África Sub – sahariana y la antigua Unión Soviética, el ingreso de los pobres ha tenido un crecimiento rápido; en Latinoamérica, las crisis económicas han afectado el ingreso de los pobres en algunos países. Existen cuatro resultados importantes de la investigación que pueden explicar el comportamiento de la inequidad en la distribución del ingreso entre países.

Primero, el principal factor que ha impulsado el crecimiento en la inequidad ha sido el progreso tecnológico puesto que ha permitido explicar la mayoría de incrementos en el coeficiente de Gini desde los años ochenta; las nuevas tecnologías, en las economías desarrolladas y en desarrollo, incrementan la remuneración en la calificación y en los sustitutos para los insumos relativamente menos calificados. En los países desarrollados, el efecto del progreso tecnológico es más fuerte en Asia que en América Latina, posiblemente reflejando

<sup>36</sup> La dotación de capital de los individuos es heterogénea.

<sup>37</sup> JAUMOTTE, Florence et Al. Globalization and Inequality: Technology widening Rich – Poor Gap. Estudio del FMI publicado en World Economic Outlook. 10 de octubre de 2007.

una proporción mayor de tecnología intensiva en la fabricación de manufacturas en Asia.

Segundo, el proceso de globalización ha tenido un efecto relativamente más pequeño que el cambio tecnológico reflejando influencias opuestas de la globalización financiera y comercial sobre la inequidad; la globalización comercial ha ayudado a reducir la inequidad, particularmente en el sector agrícola, especialmente en los países en vías de desarrollo donde la agricultura emplea una gran proporción de la fuerza de trabajo.

Tercero, el efecto de la reducción en las tarifas ha jugado un papel positivo en la reducción de la inequidad. Para las economías desarrolladas, el incremento de las importaciones desde los países en vías de desarrollo se ha asociado con la disminución de la inequidad en el ingreso a través de la sustitución de las bajas remuneraciones en los trabajos manufacturados semiacabados; en economías desarrolladas, con altas remuneraciones en los trabajos del sector servicios, tales como la venta al detalle y el consumo financiero.

Cuarto, la Inversión Extranjera Directa IED ha tenido un efecto negativo en la distribución del ingreso. La mayor afluencia de la IED ha incrementado la demanda de trabajo calificado en los países en vías de desarrollo, por lo que la IED hacia afuera en las economías

desarrolladas ha reducido la demanda para los trabajadores poco calificados en estos países.

La contribución de la globalización a la inequidad en el ingreso ha sido mayor en las economías desarrolladas, debido a que en estos países la globalización financiera ha sido más rápida comparada con los que están en vías de desarrollo, en donde la globalización comercial ha sido predominante; sin embargo, en las economías en vías de desarrollo es la tecnología el factor que impulsa el crecimiento en el coeficiente de Gini y la globalización proporciona un pequeño contrapeso.

Otros factores como el desarrollo financiero han contribuido a incrementar la inequidad en la medida en que los grupos con altos ingresos han aprovechado las ventajas de los créditos. Así mismo, el mejor acceso a la educación ha ocasionado un mejoramiento en la distribución del ingreso; una mejor educación posibilita que una gran proporción de la población adquiera las destrezas requeridas por la emergencia global y las economías basadas en el conocimiento y, facilita un cambio en el empleo desde la agricultura a la industria y los servicios, por tanto incrementa la productividad relativa del sector agrícola en la economía.

Finalmente, el progreso tecnológico y la IED están asociados con alto crecimiento y sus efectos en la desigualdad reflejan

un incremento en los retornos de adquirir mayor calificación. Las políticas apropiadas no deberían reducir la IED o el progreso tecnológico, pero sí incrementar el acceso a la educación como una prioridad; mejor acceso a la educación permite a la población con menor calificación y menor ingreso, aprovechar las oportunidades del progreso tecnológico y la globalización. De la misma manera, el acceso a la financiación por medio de instancias que promuevan el préstamo a los pobres puede mejorar la distribución del ingreso, dado que el desarrollo financiero puede llevar hacia el crecimiento. El papel positivo de las exportaciones agrícolas puede mejorar la distribución del ingreso en economías en vías de desarrollo debido al acceso a los mercados de las economías avanzadas, por lo cual las políticas se deben orientar para proporcionar una mayor distribución del ingreso y mayor crecimiento desde este sector, tanto para economías desarrolladas como en vías de desarrollo.

De manera ampliada, los autores referenciados examinan la relación entre crecimiento y distribución y demuestran que el proceso de innovación tecnológica ha tenido un impacto mayor que el que ha tenido el proceso de globalización sobre la distribución del ingreso<sup>38</sup>. El

fenómeno observado a partir del análisis para América Latina y el Caribe, África al sur del Sahara y países de centro y norte de Africa, Europa, los países desarrollados de Asia, muestra que a medida que la economía se incorpora al mercado mundial y desarrolla o adopta nuevas tecnologías, se tiende a remunerar de manera creciente el capital humano, que a su vez tiende a deteriorar la distribución del ingreso salarial.

La explicación para este comportamiento es que a medida que el proceso de crecimiento y de internacionalización se presenta, existe una mayor demanda de trabajadores calificados con respecto a los no calificados, lo que hace que ante crecimientos similares en los dos tipos de trabajo se observe una mayor dispersión entre los salarios de unos y otros. Al igual que los modelos destacados en la perspectiva teórica, la recomendación de este trabajo es que un amplio acceso a la educación a grandes grupos de la población permite aprovechar para la población en su conjunto de los beneficios de la innovación tecnológica.

Igualmente es importante destacar el trabajo de So Young Kin<sup>39</sup>, en el que plantea la existencia de una curva de Kuznets en un escenario de innovación

<sup>38</sup> Dentro de los trabajos empíricos y recientes que analizan la relación existente entre distribución del ingreso y crecimiento es importante destacar el elaborado por Florence Jaumotte, Subir, Lall, y Chris Papageorgiou titulado *Rising income inequality: Technology, or trade and financial globalization*, un Working Paper, 185 del Fondo monetario internacional de Julio de 2008.

<sup>39</sup> Young Kin, So. *¿Technological Kuznets Curve? Technology, Income inequality and government policy*. En: *The School of Humanities and Social Sciences*. Universidad de Corea. Agosto de 2008.

tecnológica de naturaleza schumpeteriana como motor de crecimiento pero ante todo de fuente de inequidad en la distribución del ingreso. Para verificar esta hipótesis, el autor toma 39 países de África al sur del Sahara, 18 países del centro y norte de África, 11 países de Asia Central y 10 del Sudeste asiático, 32 países de Latinoamérica, 21 países de Europa Oriental y 18 de Europa occidental, dos países de Norte América y Australia.

El resultado del trabajo econométrico con datos desde 1960 hasta 1999 muestra que a pesar de que el avance tecnológico, medido por ejemplo por medio de patentes, ha sido relativamente alto, no se observa como lo sugiere la hipótesis planteada con Kuznets, tanto en su versión estática que relaciona de manera inversa el nivel de ingreso per cápita con el coeficiente Gini. Tampoco observa una relación inversa entre el ingreso per cápita y el coeficiente Gini en su versión longitudinal. El argumento del autor para explicar este comportamiento radica en que el avance tecnológico genera ganadores y perdedores, es decir, que adopta la perspectiva schumpeteriana de creación destructiva. Al igual que el citado trabajo de Eicher y García Peñalosa muestra que el efecto de una política gubernamental de subsidiar la acumulación de capital humano puede atenuar el efecto nocivo sobre la distribución del ingreso del avance tecnológico.

Por último es importante destacar que la Universidad de las Naciones Unidas

ONU y World Institute for development Economic Research WIDER, publicaron World Income Inequality Database en mayo de 2008. La información que allí se encuentra recoge información sobre la distribución del ingreso para países desarrollados, en desarrollo y economías emergentes. Las cifras corresponden a coeficientes Gini, estimaciones del ingreso por quintiles y deciles como sus correspondientes participaciones. Los datos abarcan desde 1953 hasta 2006 para América Latina, América del Norte, Europa, Asia, África y Australia.

El resultado del coeficiente Gini y la relación entre el 5% de mayores ingresos con respecto al 5% de menores ingresos muestra que la tendencia para prácticamente todos los países en un período cercano a cincuenta años es relativamente la misma. Es decir que para un periodo caracterizado por altas tasas de crecimiento del ingreso per cápita, existe la tendencia a la inequidad en la distribución del ingreso, proceso que es acentuado principalmente en el periodo comprendido entre 1980 hasta 2005.

### **3. El modelo**

#### **3.1 Generalidades**

En el análisis reciente acerca de las relaciones dinámicas entre innovación tecnológica y distribución del ingreso, el punto de partida lo constituye un conjunto de modelos de crecimiento endógeno, como se mostró en la primera sección. En relación con los modelos de

crecimiento es importante destacar que los trabajos desarrollados en las últimas dos décadas coinciden en señalar que el crecimiento sostenido del producto per cápita en el largo plazo puede ser un resultado de fuerzas endógenas dentro del mismo proceso de acumulación de factores y por esa misma razón, afectarían la distribución del ingreso. Algunos de esos trabajos, como los de Paul Romer<sup>40</sup>, Robert Lucas<sup>41</sup>, Robert Barro<sup>42</sup> y Sergio Rebelo<sup>43</sup>, obtienen un crecimiento positivo en el largo plazo si la productividad marginal del capital es no decreciente, incluso si el nivel de tecnología se mantiene constante.

Específicamente, el otorgamiento de un subsidio financiado con impuestos al ingreso, permitiría, por ejemplo, internalizar las externalidades y modificaría la tasa de crecimiento de largo plazo. El modelo de Barro<sup>44</sup> plantea de manera clara la forma de modificar la tasa de crecimiento en estado estacionario mediante la política fiscal. Desde el punto de vista teórico en estos modelos es necesario mantener fijo el nivel de conocimiento tecnológico porque es la condición para que haya

competencia perfecta, es decir, para que sea posible explicar el crecimiento del ingreso per cápita en el largo plazo en un marco competitivo. Este aspecto es fundamental porque si la economía funciona bajo esquemas competitivos, las estructuras distributivas no tenderían a desmejorar, como se demostrará más adelante.

En otros modelos, como los de Paul Romer<sup>45</sup>, Gene Grossman y Elhanan Helpman<sup>46</sup> y Phillippe Aghion y Peter Howitt<sup>47</sup> el crecimiento autosostenido es el resultado de avances de la tecnología. El conocimiento tecnológico, avanza como resultado de las actividades de investigación y desarrollo (I+D) que las firmas llevan a cabo, aspectos que es retomado en este documento.

Adicionalmente la tecnología, al ser un factor de producción no rival y parcialmente excluible, genera rendimientos crecientes y estructuras monopolísticas, hecho que resulta fundamental en la distribución del ingreso que se deriva de dichos procesos de crecimiento. No obstante, lo más importante en términos distributivos que

<sup>40</sup> ROMER, Paul. Increasing Returns and Long-Run Growth. En: Journal of Political Economy. 1986. 94, 5.

<sup>41</sup> LUCAS, Robert Jr. On the Mechanics of Economic Development. En: Journal of Monetary Economics. 1988. 22.

<sup>42</sup> BARRO, Robert, J. Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth. En: Journal of Political Economy. 1990. Vol 98. No 5. Part II.

<sup>43</sup> REBELO, Sergio. Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth. En: Journal of Political Economy. 1991. 99,3.

<sup>44</sup> BARRO, Robert, J. Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth. En: Journal of Political Economy. 1990. Vol 98. No 5. Part II.

<sup>45</sup> ROMER, Paul. Endogenous Technological Change. En: Journal of Political Economy. 1990a. 98, 5. y Growth Based on Increasing Returns Due to Specialization. En: AEA Papers and Proceedings. 1987. 77, 2.

<sup>46</sup> GROSSMAN, Gene M. y HELPMAN, Elhanan. Innovation and Growth in the Global Economy. Cambridge. MIT Press. 1991.

<sup>47</sup> AGHION, Philippe y HOWITT, Peter. Endogenous Growth Theory. En: MIT Press. 1998.

se deriva de este tipo de modelos es que necesariamente implican el otorgamiento de poder de mercado y los efectos distributivos de este tipo de estructuras de mercado no garantizan que por medio del proceso de crecimiento las estructuras distributivas mejoren.

Un tercer grupo de modelos desarrollados desde la primera mitad de la década del noventa hasta hoy, integran las dos perspectivas en las que se presenta de manera simultánea acumulación de capital humano y avance tecnológico. Dentro de este grupo se encuentran los trabajos de William Easterly et. al.<sup>48</sup>, Theo S. Eicher<sup>49</sup>, Jinli Zeng<sup>50</sup>, Rodolfo Manuelli y Anant Seshari<sup>51</sup>, Antonio Ciccone<sup>52</sup> y Charles Jones<sup>53</sup>. Específicamente, Easterly et. al., desarrollan un modelo en el cual se combinan los dos mecanismos de crecimiento, aunque están enfocados en la adopción de tecnologías más que en su creación. Su modelo es similar al propuesto por Romer, pero con acumulación de capital

humano derivada de los procesos de capacitación y aprendizaje de nuevos bienes intermedios. En esta perspectiva también se ubica el trabajo desarrollado por Jones, quien plantea y analiza empíricamente un modelo de adopción de tecnología similar al de Eastery et.al. Sin embargo, Jones hace énfasis en la acumulación de capital humano para la adopción de tecnología retomando las ideas planteadas por Richard Nelson y Edmund Phelps<sup>54</sup> y Ben-Porath<sup>55</sup> con las que busca acercarse a la perspectiva neoschumpeteriana del crecimiento inicialmente desarrollada por Aghion y Howitt.

El trabajo de Eicher<sup>56</sup> analiza formal y empíricamente la interacción entre capital humano y tecnología, cuando estos factores son acumulados endógenamente; encuentra que la acumulación de estos factores modifica los salarios relativos en la economía, a medida que se demanden mayores niveles de calificación para el desarrollo o la

<sup>48</sup> EASTERLY, William, LEVINE; Ross, KING, Robert y REBELO, Sergio. Policy, Technology adoption and Growth, NBER WP 4681. 1994.

<sup>49</sup> EICHER, Theo. Interaction Between Endogenous Human Capital an Technological Change. En: The Review of Economic Studies. 1996. Vol 63. No. 1.

<sup>50</sup> ZENG, Jinli. Physical and Human Capital Accumulation. En: R&D and Economic Growth, Southern Economic Journal. 1997. Vol 63, No.4.

<sup>51</sup> MANUELLI, Rodolfo y SESHADRI, Ananth. Human Capital and the Wealth of Nations, Department of Economics, University of Wisconsin-Madison. 2005.

<sup>52</sup> CICCONE, Antonio y PAPAIONNOU. Human Capital: The Structure of Production and Growth. En: European Central Bank. may 2006. WP 623.

<sup>53</sup> JONES, Charles. The Weak Link : Theory of Economic Development. En: Department of Economics. June 2006. UC Berkeley and NBER.

<sup>54</sup> NELSON, Richard y PHELPS, Edmund. Investment in Human, Technological Diffusion and Economic Growth. En: The American Economic Review. 1966. Vol 56, No. 1/2.

<sup>55</sup> BEN-PORATH, Yoram. The production of human capital and the Life Cycle of Earnings. En: The Journal of Political Economy. 1967. Vol 75.

<sup>56</sup> EICHER, Theo. Interaction Between Endogenous Human Capital an Technological Change. En: The Review of Economic Studies. 1996. Vol 63. No. 1.

adopción de tecnologías. En ese sentido este trabajo constituye un antecedente del problema distributivo que genera el avance tecnológico, y que desarrolla en el citado trabajo de Eicher y García Peñalosa de 2001. Zeng<sup>57</sup>, integra los modelos de crecimiento basados en la acumulación endógena de capital (físico o humano) y los basados en las ideas (tecnología) en un modelo de cuatro sectores, bienes finales, intermedios, capital humano e I+D. El modelo de Zeng se asemeja al planteado por Aghion y Howitt<sup>58</sup>, pero considera adicionalmente la acumulación de capital humano. A diferencia de los modelos anteriores, se pueden considerar dos formas de innovación tecnológica: incremento en la cantidad de bienes intermedios o el mejoramiento en su calidad, que remite a la idea schumpeteriana de *destrucción creativa*, desarrollada por Aghion y Howitt. No obstante, Zeng no analiza la variación de los precios relativos, ni la oferta ni la demanda de trabajo calificado (con capital humano) y no permite ser un buen punto de partida para el análisis de los efectos distributivos del crecimiento.

Por último es importante destacar los trabajos de Manuelli y Sheshari<sup>59</sup>, quienes haciendo énfasis en la acumulación de capital humano y en particular en su calidad, muestran el efecto que tiene sobre

la productividad total de los factores. También muestran la manera cómo el mercado de bienes finales afecta la acumulación de capital humano, pero no su función de producción, también a partir de las ideas de Ben-Porath. Por su parte, Ciccone, adoptando las ideas de Nelson y Phelps, plantea un modelo en el que empíricamente y a nivel sectorial, identifica los canales a través de los cuales la acumulación de capital humano afecta al crecimiento. Finalmente, el trabajo de Charles Jones al indagar sobre los diferenciales en la riqueza entre los países destaca la importante de la complementariedad de factores dentro de las funciones de producción y muestra cómo la endogenización de capital y tecnología al actuar de manera complementaria y generan eslabonamientos entre sí que permiten explicar los diferenciales en la tasa de crecimiento de largo plazo. Sin embargo, en la gran mayoría estos modelos no se analizan el impacto del crecimiento sobre la distribución del ingreso.

El presente documento hace parte del tercer grupo de modelos en los que se integran la producción de capital humano y el avance tecnológico de manera complementaria para explicar las relaciones entre crecimiento endógeno y distribución del ingreso. Sin embargo, la acumulación de capital humano difiere

<sup>57</sup> ZENG, Jinli. Physical and Human Capital Accumulation. En: R&D and Economic Growth, Southern Economic Journal. 1997. Vol 63, No.4.

<sup>58</sup> AGHION, Philippe y HOWITT, Peter. A Model of Growth Through Creative Destruction. En: Econometrica. 1992. 60, 2.

<sup>59</sup> MANUELLI, Rodolfo y SESHADRI, Ananth. Human Capital and the Wealth of Nations, Department of Economics, University of Wisconsin-Madison. 2005.

del planteamiento de Lucas<sup>60</sup>, Rebelo<sup>61</sup>, Stokey<sup>62</sup> en términos de los modelos de crecimiento. Este documento se inspira más en algunas ideas planteadas por Jones<sup>63</sup> y Mark Bils y Peter Klenow<sup>64</sup>, en términos de crecimiento. Y también se diferencia de los planteamientos de Galor y Tsiddon<sup>65</sup> en la medida que no incorpora externalidades de ningún tipo en la producción y uso del capital humano dentro de la perspectiva que analiza el crecimiento y la distribución. Igualmente, en el presente documento, el avance tecnológico adopta la forma de ampliación de cantidad de bienes intermedios *a la* Romer de manera similar a lo propuesto por Barro y Sala-i-Martin, capítulo VII, aunque también se incluyen los planteamientos de Jones (1996).

### 3.2 Los productores

Para el análisis se considera una economía con lo siguientes sectores: producción de bienes finales e intermedios; producción de capital humano (conocimiento rival) y el sector que produce tecnología (conocimiento no rival). La producción de bienes finales requiere únicamente de trabajo no

calificado y bienes intermedios, cuya cantidad determina el avance de la tecnología. Esta especificación de la función de producción implica que el trabajo no calificado solo puede utilizarse en la producción de bienes finales, pero no en los demás sectores de la economía pues son intensivos en conocimiento. O mejor aun que en este sector los trabajadores calificados solo aportan trabajo, pero no conocimiento. Por su parte, los bienes intermedios cuya variación cuantitativa da cuenta del avance tecnológico, son no rivales, pero sujetos a exclusión.

Como es habitual en este tipo de modelos, la no rivalidad genera rendimientos crecientes en la función de producción, o en términos más amplios no convexidades en el conjunto de producción. La exclusión mediante patentes, por ejemplo, genera estructuras de mercado no competitivas al otorgar a su creador monopolio perpetuo o durante el tiempo de vigencia de la patente. Este aspecto será muy importante en la determinación de la distribución del ingreso, pero curiosamente no ha sido considerado en la literatura citada en este documento.

<sup>60</sup> LUCAS, Robert Jr. On the Mechanics of Economic Development. En: Journal of Monetary Economics. 1988. 22.

<sup>61</sup> REBELO, Sergio. Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth. En: Journal of Political Economy. 1991. 99,3.

<sup>62</sup> STOKEY, Nancy. Human capital, Product Quality and Growth. En: Quarterly Journal of Economics. 1991. 106. p. 587-615.

<sup>63</sup> JONES, Charles. Human Capital, Ideas, an Economic Growth. Department of Economics. Stanford University. 1996.

<sup>64</sup> BILS, Mark y KLENOW, Peter. Does Schooling Cause Growth. En: The American Economic Review. 2000. Vol 90. No.5.

<sup>65</sup> GALOR Oded and TSIDDON Daniel. Income Distribution and Growth: The Kuznets Hypothesis Revisited. En: Economica, New Series, 1996. Vol. 63, No. 250, Supplement: Economic Policy and Income Distribution. The London School of Economics and Political Science. p. S103-S117. y The Distribution of Human Capital and Economic Growth. En: Journal of Economic Growth, 1997. March. Kluwer Academic Publishers, Boston. p. 93-124.

El segundo sector, es decir, el que produce capital humano, constituye la piedra angular dentro del modelo. Siguiendo las ideas de Bils y Klenow<sup>66</sup>, la producción de capital humano requiere principalmente de capital humano y se ignoran aquellos factores no humanos, dado que de acuerdo con Kendrick, el tiempo de los profesores y tiempo de los estudiantes constituyen el 90% de los costos totales. El capital humano resultante de este proceso productivo, genera trabajo calificado, que se utilizará en la producción de más capital humano o en la producción de tecnología<sup>67</sup>. Desde esa perspectiva, un aumento de individuos capacitados o del nivel promedio de capacitación son sustitutos perfectos entre sí. Esto, a diferencia de trabajos como el de Eicher y García Peñalosa<sup>68</sup> quienes consideran diversos grados de sustitución entre el trabajo no calificado y el que tiene capital humano. No obstante, existen ciertas similitudes entre los dos modelos, como se verá más adelante.

Por último, la función de producción de tecnología sólo utiliza capital humano como factor de producción y la misma tecnología y las actividades de investigación y desarrollo pueden adoptar

la forma de incremento en la cantidad de insumos. Adicionalmente, el avance tecnológico requiere la recuperación de los costos de invención y también los de producción de los bienes. La estructura del modelo se puede sintetizar así: el capital humano se produce a partir de capital humano y se destina a reproducir capital humano o a producir tecnología; la tecnología se destina a la producción de bienes finales, que se pueden consumir o reinvertir en la producción de bienes finales. A su vez, la producción de bienes finales afecta la acumulación de capital humano mediante los cambios en la productividad y en los salarios de los trabajadores no calificados, ya que constituyen un factor determinante de la rentabilidad de la inversión en capital humano.

### 3.2.1 Sector de bienes finales

El producto final  $Y$  es una función del trabajo no calificado y la tecnología. La función de producción de  $Y$  se desarrolla en varios pasos, en forma similar a la de Romer<sup>69</sup>. En la función de bienes finales, la tecnología se introduce de la siguiente manera: primero, se considera la tecnología como un conjunto infinito de bienes intermedios  $X(i)$ , disponibles en

<sup>66</sup> BILS, Mark y KLENOW, Peter. Does Schooling Cause Growth. En: The American Economic Review. 2000. Vol 90. No.5.

<sup>67</sup> Es importante destacar que el trabajo no calificado se puede calificar mediante la educación, pues no se considera dentro de este modelo la acumulación de capital humano a través de la experiencia, pues se busca identificar variables de política para el crecimiento y la distribución.

<sup>68</sup> EICHER, Theo and GARCIA-PEÑALOSA Cecilia. Inequality and Growth: the dual role of human capital in development. En: Journal of Development Economics. 2001. Vol. 66. p173–197.

<sup>69</sup> ROMER, Paul. Endogenous Technological Change. En: Journal of Political Economy. 1990a. 98, 5. y Growth Based on Increasing Returns Due to Specialization. En: AEA Papers and Proceedings. 1987. 77, 2.

el momento  $t$ , es decir,  $A$  cambia a medida que se inventan nuevos bienes intermedios. Si  $i$  es un índice de los bienes intermedios (donde  $i$  es una variable continua), y puesto que en la producción de bienes finales se utiliza una cantidad fija de trabajo no calificado, su función de producción es la siguiente:

$$Y_t = L \prod_{i=1}^A (x_i)^{\alpha} \quad (1)$$

Donde  $L$  representa el trabajo no calificado y  $x_i$  el bien intermedio  $i$ , donde  $i=1,2,\dots,A$  y por lo tanto,  $A$  representa el número de bienes intermedios existentes en el momento  $t$ .

En ese sentido, el modelo inicialmente es similar al planteado por Romer de generación de tecnología, aunque no se considera que el trabajo no calificado esté fijo. Sin embargo, en otros modelos como en Easterly et. al.<sup>70</sup> y Jones<sup>71</sup> se utiliza una variación que consiste en analizar el proceso de difusión tecnológica, para esto la frontera superior está dada no por el número de bienes intermedios sino por el nivel de capital humano de los trabajadores. En este caso los bienes intermedios entran como una función aditivamente separable, donde hay una firma distinta para cada bien  $i$ . Este hecho, sumado a que se supone que los

bienes intermedios son sustitutos imperfectos entre sí, implica estructura de competencia monopolística como en Romer. Si se considera adicionalmente que los bienes intermedios se utilizan en proporción constante,  $x$  la ecuación (1) se convierte en

$$Y_t = L \bar{x}^{\alpha} \prod_{i=1}^A x_i \quad (1a)$$

Debido a que  $A$  determina el conjunto de los bienes duraderos que pueden producirse y debido a que se requieren de capital físico por unidad de bienes duraderos de acuerdo con la siguiente expresión,  $K = Ax$  despejando  $x$  de esta expresión y sustituyendo en (1a) se obtiene lo siguiente:

$$Y_t = A L K^{\alpha} \quad (1b)$$

Como en Bils y Klenow<sup>72</sup> la productividad marginal del capital en la producción de bienes finales, que bajo condiciones de equilibrio es igual a la tasa de interés es la siguiente:

$$\frac{Y}{K} = \alpha \left( \frac{Y}{K} \right)^{\alpha} r \quad (2)$$

<sup>70</sup> EASTERLY, William, LEVINE; Ross, KING, Robert y REBELO, Sergio. Policy, Technology adoption and Growth, NBER WP 4681. 1994.

<sup>71</sup> JONES, Charles. Human Capital, Ideas, an Economic Growth. Department of Economics. Stanford University. 1996.

<sup>72</sup> BILS, Mark y KLENOW, Peter. Does Schooling Cause Growth. En: The American Economic Review. 2000. Vol 90. No.5.

Este resultado es muy importante porque representará la tasa de interés a la cual los individuos descuentan el flujo de ingresos futuros, tanto en las actividades de acumulación de capital humano como en la innovación tecnológica. De igual manera, la productividad marginal del trabajo no calificado que bajo condiciones de equilibrio es igual al salario de los trabajadores no calificados se define de la siguiente manera:

$$\frac{Y}{L} = \frac{Y}{L} w_L \quad (3)$$

Es importante destacar varias cosas de este resultado. Primero, la productividad de los trabajadores no calificados aumenta en la medida en que el nivel de producto es mayor y el crecimiento del producto se genera en la medida en que se produzcan bienes intermedios. En segundo lugar, el salario de los trabajadores no calificados representará el costo de oportunidad de quienes deciden acumular capital humano. En particular constituye el costo de oportunidad de educarse durante el proceso educativo aunque también necesario restarlo de los ingresos totales recibidos por el trabajador calificado desde el momento en que se incorpora el mercado laboral hasta el momento en que se jubila (o se muere).

Igualmente de la ecuación (1a) se puede obtener la función de demanda de la

cantidad de bienes intermedios por parte de los productores de bienes finales.

$$\frac{Y}{\bar{x}} = (1 - \alpha)L A \bar{x}^{-\alpha} p_{\bar{x}} \quad (4)$$

$$\frac{(1 - \alpha)L A}{\bar{x}^{\alpha}} p_{\bar{x}}$$

Despejando la cantidad demandada de  $x$  de la ecuación (4) y considerando que los bienes intermedios  $x$  están sujetos a exclusión mediante una patente que le otorga un derecho de exclusividad, el precio de monopolio si el costo marginal es igual a 1, es igual a

$$p_{\bar{x}} = 1/(1 - \alpha) \quad (4a)$$

Al sustituir este resultado en la ecuación (4) se convierte en:

$$[(1 - \alpha)^2 L A]^{1/\alpha} \bar{x} \quad (4b)$$

En este caso se encuentra la demanda de bienes intermedios realizada por los productores de bienes finales. El hecho de que los bienes intermedios  $x$  estén sujetos a exclusión mediante patentes implica que los productores de bienes finales paguen un precio superior a costo marginal de producirlos y les confiere a los productores de bienes intermedios beneficios positivos y remuneraciones por encima de su productividad marginal.

### 3.2.2 Sector de capital humano

Se define el capital humano como un conjunto de las habilidades y conocimientos incorporados en los individuos que son el resultado de un proceso de aprendizaje. Este proceso puede ser intencional o accidental. En este documento se considera únicamente el adquirido de manera intencional, es decir, cuando el individuo dedica una fracción de su tiempo y de sus recursos (o los de sus padres) a la educación, con el propósito de aumentar o mejorar las capacidades productivas y, por esa vía, sus ingresos<sup>73</sup>. A diferencia de los modelos que analizan la relación entre crecimiento y distribución reseñados en la introducción, no se considera el capital humano que se adquiere a través de la experiencia, ni tampoco externalidades entre generaciones.

Este tratamiento del mercado de capital humano es el que proponen Lucas<sup>74</sup>, Stokey<sup>75</sup>, Rebelo<sup>76</sup> y Caballé-Santos<sup>77</sup>, autores que subrayan la acumulación de

capital humano como fuente de crecimiento autosostenido y como una alternativa al cambio tecnológico. Así mismo, consideran que los retornos de la educación se mantienen constantes durante toda la vida del individuo. Este supuesto contrasta tanto desde la perspectiva teórica como empírica con lo planteado por Becker<sup>78</sup> sobre el capital humano, quien considera que el retorno de la educación cambia a través del tiempo<sup>79</sup>.

Igualmente, teniendo en cuenta el trabajo de Nelson y Phelps<sup>80</sup>, se puede argumentar que el capital humano en dichos modelos es “sencillamente otro factor de producción”, y no se considera el impacto que tiene sobre la generación y la adopción de tecnología.

Los resultados acerca de la relación entre capital humano y tecnología muestran que el crecimiento de la productividad se incrementaría con el nivel educativo y particularmente con la vinculación en la secundaria y la educación superior. De

<sup>73</sup> La acumulación accidental de capital humano es el resultado del aprendizaje en la práctica, sin embargo, al no considerar esta forma de acumulación, el capital humano a nivel individual permanece constante durante el tiempo que cada individuo destina a trabajar.

<sup>74</sup> LUCAS, Robert Jr. On the Mechanics of Economic Development. En: Journal of Monetary Economics. 1988. 22

<sup>75</sup> STOKEY, Nancy. Human capital, Product Quality and Growth. En: Quarterly Journal of Economics. 1991. 106. p. 587-615.

<sup>76</sup> REBELO, Sergio. Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth. En: Journal of Political Economy. 1991. 99,3.

<sup>77</sup> CABALLÉ, Jordi y SANTOS, Manuel. On Endogenous Growth with Physical and Human Capital. En: Journal of Political Economy. 1993. 101, 6.

<sup>78</sup> BECKER, Gary S. Human Capital: a theoretical and empirical analysis with special reference to education, NBER, University of Chicago Press. 1993.

<sup>79</sup> Ver Aghion-Howitt. 1998, capítulo 10, p. 330.

<sup>80</sup> NELSON, Richard y PHELPS, Edmund. Investment in Human, Technological Diffusion and Economic Growth. En: The American Economic Review. 1966. Vol 56, No. 1/2.

hecho, tanto Aghion y Howitt<sup>81</sup> como Romer<sup>82</sup> muestran que la tasa de crecimiento del producto en estado estacionario depende del stock de trabajadores en I+D. Este resultado contrasta con Lucas, Stokey, Rebelo y Caballé-Santos, quienes consideran que lo determinante es la productividad del sector educativo, e insisten en el flujo de capital humano como factor determinante del crecimiento en el largo plazo. Así mismo, en Lucas, Stokey, Rebelo y Caballé-Santos, el sector educativo afecta la tasa de crecimiento de largo plazo, pero no se ve afectado ni por la producción de bienes finales, ni por el avance de la tecnología.

En contraste, Benhabib y Spiegel<sup>83</sup> muestran que la contribución de la educación al crecimiento de largo plazo es significativa siempre que exista una estrecha relación entre logro educativo y la innovación tecnológica o el logro educativo y difusión tecnológica. Estos resultados de complementariedad entre capital humano e innovación tecnológica también generan implicaciones en términos distributivos. Específicamente, toda política que afecte el proceso de

innovación tecnológica genera a su vez efectos sobre la demanda de trabajo calificado y esta a su vez sobre la distribución del ingreso. De acuerdo con Aghion y Howitt<sup>84</sup> el gobierno podría incrementar el promedio de años de educación no solo por medio de la política educativa, sino indirectamente financiando las actividades de investigación y desarrollo que demanden trabajo calificado.

Aunque el debate entre la línea iniciada por Nelson-Phelps y la iniciada por Lucas no ha concluido, es necesario considerar un modelo en el que tanto el *stock* como el flujo de capital humano sean factores determinantes para el crecimiento. Recientemente, Bils y Klenow<sup>85</sup>, inspirados en Nelson y Phelps y Ben-Porath<sup>86</sup> construyeron un modelo para mostrar la relación entre capital humano y crecimiento. Bils y Klenow muestran una relación de doble vía a partir de un enfoque microeconómico para aprovechar la evidencia empírica sobre estimaciones de rentabilidad.

Por último, Manuelli y Sheshadri<sup>87</sup>, y Jones<sup>88</sup> también inspirados en Ben-Porath

<sup>81</sup> AGHION, Philippe y HOWITT, Peter. A Model of Growth Through Creative Destruction. En: *Econometrica*. 1992. 60, 2.

AGHION, Philippe y HOWITT, Peter. *Endogenous Growth Theory*. En: MIT Press. 1998.

<sup>82</sup> ROMER, Paul. *Endogenous Technological Change*. En: *Journal of Political Economy*. 1990a. 98, 5.

<sup>83</sup> BENHABIB, Jess y SPIEGEL, Mark. The role of Human Capital in Economic Development: Evidence for aggregate cross country data. En: *Journal of Monetary Economics*. October 1994. 34 (2). p. 143 – 74.

<sup>84</sup> AGHION, Philippe y HOWITT, Peter. *Endogenous Growth Theory*. En: MIT Press. 1998.

<sup>85</sup> BILS, Mark y KLENOW, Peter. Does Schooling Cause Growth. En: *The American Economic Review*. 2000. Vol 90. No.5.

<sup>86</sup> BEN-PORATH, Yoram. The production of human capital and the Life Cycle of Earnings. En: *The Journal of Political Economy*. 1967. Vol 75.

<sup>87</sup> MANUELLI, Rodolfo y SESHADRI, Ananth. *Human Capital and the Wealth of Nations*, Department of Economics, University of Wisconsin-Madison. 2005.

<sup>88</sup> JONES, Charles. *The Weak Link : Theory of Economic Development*. En: Department of Economics. June 2006. UC Berkeley and NBER.

y Becker<sup>89</sup> muestran que la acumulación de capital humano es el resultado de un proceso de maximización de los consumidores. Específicamente, consideran que los individuos maximizan el valor presente neto de su ingreso considerando el flujo de ingresos futuros, es decir, el beneficio de la adquisición de capital humano e igualmente consideran el costo total, que incluye el tiempo que dejan de trabajar por estar estudiando, es decir, los ingresos no percibidos y el costo de los insumos que implica la educación<sup>90</sup>.

En síntesis, los trabajos desarrollados en los últimos quince años muestran que se requiere el análisis detallado y explícito de la producción de capital humano para analizar su efecto sobre la tasa de crecimiento del producto en estado estacionario y también para analizar los efectos distributivos del crecimiento. Estos efectos se dan tanto en la difusión tecnológica, como lo plantean Easterly et. al <sup>91</sup> y Jones<sup>92</sup> como también sobre la generación de innovaciones tecnológicas como lo plantean Romer<sup>93</sup> y Aghion y Howitt<sup>94</sup>, ya que en estos dos últimos modelos no se analiza de manera explícita el capital humano, pues se considera un *stock* dado.

Para analizar la relación entre capital humano y crecimiento es necesario considerar que la acumulación de capital humano resulta del equilibrio entre la oferta y la demanda, es decir, cuando el costo de ofrecer educación es menor o igual a la valoración neta de la inversión. La ventaja de este tratamiento consiste en que no sólo considera como costo el tiempo dedicado a estudiar sino también los recursos utilizados en su producción, como lo sugiera Ben-Porath (1967) y también se considera la relación que existe entre este sector y la producción de bienes finales y de tecnología. Se define el stock total de capital humano de manera similar a Bils y Klenow<sup>95</sup>, pero en este caso se considera que los individuos estudian desde el momento  $d$  hasta el momento  $g$ . Y posteriormente trabajan desde el momento  $g$  hasta  $f$  en la producción de capital humano o de tecnología. El capital humano en el momento  $t$  se define de la siguiente manera:

$$H(t) = \int_g^f h(a,t)L(a,t)da \quad (5)$$

Donde  $L(a,t)$  representa el número de trabajadores de la cohorte  $a$  en el

<sup>89</sup> BECKER, Gary S. Human Capital: a theoretical and empirical analysis with special reference to education, NBER, University of Chicago Press. 1993.

<sup>90</sup> Ver Ben-Porath. 1967, p. 354 a 361.

<sup>91</sup> EASTERLY, William, LEVINE; Ross, KING, Robert y REBELO, Sergio. Policy, Technology adoption and Growth, NBER WP 4681. 1994.

<sup>92</sup> JONES, Charles. Human Capital, Ideas, an Economic Growth. Department of Economics. Stanford University. 1996.

<sup>93</sup> ROMER, Paul. Endogenous Technological Change. En: Journal of Political Economy. 1990a. 98, 5.

<sup>94</sup> AGHION, Philippe y HOWITT, Peter. A Model of Growth Through Creative Destruction. En: Econometrica. 1992. 60, 2.

<sup>95</sup> BILS, Mark y KLENOW, Peter. Does Schooling Cause Growth. En: The American Economic Review. 2000. Vol 90. No.5.

momento  $t$  y el término  $h(a,t)$  su nivel de capital humano. Para un número fijo de trabajadores  $L(a,t)$  el crecimiento de  $H(t)$  está dado únicamente por mejoras en el nivel de capital humano de los trabajadores  $h(a,t)$ , es decir, por un mayor capital humano por trabajador (profundización del capital humano). Además, si se considera un nivel de calificación determinado, el aumento del capital humano obedece a un aumento de la cantidad de personas que deciden invertir, es decir, a la ampliación del capital humano<sup>96</sup>. A su vez, el nivel de capital humano para la cohorte  $a$ , se encuentra en función del capital humano de los profesores, es decir, de capital humano acumulado en fases previas, del tiempo que los individuos destinan a acumular conocimiento y habilidades productivas y de la experiencia laboral. En términos formales, se definiría así:

$$h(a,t) = f\{h(a-n,t), e^{-(g-d)(a-n)}\} \quad (6)$$

Donde el primer término  $h(a+n,t)$  representa el capital humano de los profesores y el parámetro  $\theta$  captura su influencia sobre el nivel de capital humano de la cohorte  $a$ . Esta especificación permite generalizar la planteada por Lucas (1988)<sup>97</sup>, Rebelo (1991)<sup>98</sup> y Stokey (1991)<sup>99</sup> quienes

consideran que  $\theta = 1$ . Igualmente esta ecuación implica que el capital humano es más intensivo en capital humano que en capital físico y se adopta esta característica en su versión extrema a partir de Kendrick (1976)<sup>100</sup> quien considera que los costos de enseñanza son principalmente los asociados a profesores y estudiantes, más que a los demás factores de producción como capital físico.

En el segundo término se asume que  $u=(g-d)$  que representa el tiempo que los individuos dedican a estudiar y, por lo tanto,  $e^{-(g-d)(a-n)}$  que captura la importancia de los años de educación en la acumulación de capital humano de la cohorte  $a$ . En este caso, si  $u=0$ , el capital humano para la cohorte  $a$ , dependería únicamente del alcanzado en la generación anterior (el de los profesores), si a esto agregamos que el capital humano está incorporado a los individuos y que al jubilarse o retirarse se pierde el capital humano, no se garantizaría la existencia de capital humano a lo largo del tiempo. A diferencia de Bils y Klenow, no se considera que la experiencia afecte la acumulación de capital humano para hacer énfasis en la que se da mediante la educación, de tal manera que  $D(a-u)=0$ .

<sup>96</sup> Esta afirmación implica que la cantidad de trabajadores y su nivel de calificación son sustitutos perfectos en la producción de cualquiera de los sectores en los que el capital humano interviene como factor (educación y tecnología).

<sup>97</sup> LUCAS, Robert Jr. On the Mechanics of Economic Development. En: Journal of Monetary Economics. 1988. 22.

<sup>98</sup> REBELO, Sergio. Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth. En: Journal of Political Economy. 1991. 99,3.

<sup>99</sup> STOKEY, Nancy. Human capital, Product Quality and Growth. En: Quarterly Journal of Economics. 1991. 106. p. 587-615.

<sup>100</sup> KENDRICK, John. The formation and stocks of total capital. New York: Columbia University Press. 1976.

La ventaja de este tratamiento es que se puede conciliar con la ecuación minceriana para calcular los retornos a la inversión en capital humano, pues el logaritmo del ingreso laboral se puede relacionar con los años de educación  $u=(g-d)$  y con los años de experiencia. Tomando logaritmo de la ecuación (6) (9) y diferenciando con respecto al tiempo se obtiene la siguiente expresión:

$$\frac{\ln h}{u} \quad (7)$$

Esta ecuación expresa que un aumento en el tiempo destinado a la educación  $u$ , aumenta el nivel de capital humano  $h$  en un  $B$  por ciento, que representa el efecto que tiene un aumento del tiempo dedicado a la educación sobre las unidades efectivas de trabajo calificado  $h$  y también en  $H$ . Para propósitos de presente artículo la variación de capital humano a nivel individual se rige por la siguiente ecuación:

$$\dot{h} = B h^1 e^{(u)} \quad (8)$$

En esta ecuación  $B$  representa un parámetro tecnológico en la producción de capital humano;  $h$  el capital humano que se dedica a acumular capital humano y  $u$  la cantidad de tiempo que la gente dedica a educarse, aunque las personas también adquieren conocimiento y habilidades fuera de la educación formal. La depreciación del capital humano obedece a pérdidas en las habilidades, mortalidad de quienes lo poseen o pérdida de habilidades cuando avanza la

tecnología, es decir, habilidades y conocimientos que eran específicas de una tecnología que cae en desuso. En este caso  $[0,1]$ . Retomando a Bils y Klenow utilizando las ecuaciones (6) a (8) para determinar el monto de capital humano que los individuos acumularán a través del tiempo. La decisión de acumular capital humano dependerá de los ingresos netos atribuibles a la inversión en este activo menos los costos totales que representa su adquisición encontramos lo siguiente:

$$\int_g^f [w_L h(a,t) - w_L] e^{-rt} dt - \int_d^g [w_L h(a,t) - w_L] e^{-r(s-d)} dt \quad (9)$$

Donde el primer término a la izquierda de la desigualdad representa el flujo de ingresos netos de la inversión en capital humano, compuesto por la sumatoria desde el momento en que el individuo termina de acumular capital humano  $g$  hasta el final de su vida laboral  $f$ . El primer término corresponde a los ingresos para un individuo que ha acumulado capital humano y el término  $W_L$  los ingresos correspondientes al salario que recibiría si no hubiera acumulado capital humano durante ese mismo período. La diferencia entre estos dos montos salariales se trae a valor presente a través de la tasa de interés  $r$ . Por su parte, el término al lado derecho de la desigualdad corresponde a los costos totales de adquirir capital humano durante el tiempo en el que se destina a la educación, es decir, durante el periodo  $(g-d)$ . El primer término del paréntesis angular corresponde a los costos directos, mientras que el segundo a los costos de

oportunidad. El primero entendido como el salario de los profesores y el segundo el salario que se deja de percibir por dedicar el tiempo a la acumulación de capital humano. También llevado a valor presente a través de la tasa de interés  $r$ :

De la ecuación (3) podemos sustituir  $W_L$ , de la ecuación (6)  $h(a,t)$  y de la ecuación (2)  $r$ . De acuerdo con Heckman, Lochner y Todd también se puede expresar como el valor presente neto del flujo de los ingresos laborales. La expresión es la siguiente:

$$V(s) = \int_0^f [w_L h(a,t) - w_L] e^{-rt} dt + \int_0^g [w_L h(a,t) - w_L] e^{-r(s-d)} dt \quad (10)$$

De acuerdo con Heckman, Lochner y Todd la solución a este problema comprende tres términos. El primer término representa el efecto de los ingresos laborales originados por la educación a lo largo de la vida laboral del individuo y representa una fracción del valor presente total. El segundo término representa un promedio ponderado del efecto de la educación sobre el logaritmo de los ingresos y la experiencia. El tercer término representa el costo total de la educación, tanto los costos directos como los de oportunidad. La solución que habitualmente se desarrolla desde 1958 con Mincer ha sido considerar que los costos son igual a cero, pero considerando que las diferentes generaciones están unidas por el

altruismo se puede considerar que el límite superior de los ingresos, es decir,  $f$  reduce el problema a lo siguiente:

$$r_H = f^{-1} \left( \int_0^f [w_L h(a,t) - w_L] e^{-rt} dt + \int_0^g [w_L h(a,t) - w_L] e^{-r(s-d)} dt \right) \quad (11)$$

Como se señaló previamente, la solución para esta ecuación genera la tasa interna de retorno para la inversión en capital humano en el sector educativo. No obstante, quienes han acumulado capital humano también pueden vincularse con la actividad innovadora de tal manera que el capital humano obtendrá una remuneración en ese sector que dependerá tanto del costo de adquisición como de los ingresos percibidos en ese sector, como se verá a continuación.

### 3.2.3 Sector de tecnología

El concepto de tecnología que aquí se utiliza es similar al de Romer<sup>101</sup>. Se define un índice de nivel de tecnología como un conjunto de bienes intermedios que incluye diseños, programas de computador, patentes, planos y otros desarrollos que implican cambios en las instrucciones para combinar los insumos, que son el resultado de actividades de investigación y desarrollo (I+D) pero que se desligan de sus creadores. Estos bienes intermedios pueden ser utilizados por varias firmas a la vez, es decir, la tecnología es un insumo no rival y su uso como factor de producción genera rendimientos crecientes.

<sup>101</sup> ROMER, Paul. Endogenous Technological Change. En: Journal of Political Economy. 1990a. 98, 5.

Además, la producción de conocimiento tecnológico se lleva a cabo en mercados competitivos y está sujeta a exclusión parcial, lo que implica que quienes la ‘producen’ tienen poder de mercado y perciben rentas monopólicas<sup>102</sup>. En la medida en que quienes producen tecnología obtienen una patente pueden obtener, como se demostró en la sección 3.2.3, beneficios positivos que a su vez se traducen en que los factores de producción se les remunera por encima de su productividad marginal, lo que para efectos del presente documento genera un efecto distributivo que difiere significativamente del obtenido en esquemas competitivos que resultan afines con la hipótesis de Kuznets. Adicionalmente solo se considera que el avance tecnológico está en función de las actividades de I+D, pero no se incluye el proceso de aprendizaje en la práctica, como lo hacen Eicher y García Peñalosa<sup>103</sup>.

Puesto que los resultados de las actividades de I+D aumentan la capacidad productiva y se usan en más de un proceso productivo, es posible considerarlos como un bien de capital nuevo cualitativamente diferente a los ya existentes. La exclusión por parte del productor de tecnología genera estructuras de competencia imperfecta. Este hecho es el que va a incidir en la distribución del ingreso. Las estructuras

de competencia imperfecta son una consecuencia del mecanismo escogido para inducir el proceso de innovación tecnológica. Para producir tecnología se requiere la acumulación previa de capital humano y que los innovadores respondan a los incentivos del mercado, pues de lo contrario no se destinaría ningún recurso a este tipo de producción, como señala Romer. En particular, quien destina recursos a actividades de I+D (por generar bienes parcialmente excluibles) no sólo percibe una remuneración ‘ordinaria’ sino que percibe cuasi rentas, el mecanismo que garantiza su reproducción. Así, la producción de conocimiento tecnológico se puede expresar mediante la función:

$$\dot{A} = [(1 - v)H] \quad (12)$$

En la anterior expresión  $\dot{A}$  representa el conjunto de nuevas ideas producidas en el momento  $t$ , que es función de la tasa a la que se descubren nuevas ideas  $\dot{A}$ , de la fracción del capital humano  $[(1-v)H]$ , donde  $v \in (0,1)$ .  $R$ , mientras que la parte restante se utiliza en la producción de capital humano como se vio en la sección previa. De acuerdo con Jones<sup>104</sup> la tasa a la cual se inventan las ideas podría ser constante, lo cual implicaría que  $\dot{A}$  es constante, sin embargo, se podría pensar que depende de manera positiva de las ideas ya existentes, es decir que es una

<sup>102</sup> ROMER, Paul. The Origins of Endogenous Growth. En: Journal of Economic Perspectives. 1994. 8,1. p.12 -13.

<sup>103</sup> EICHER, Theo and GARCIA-PENALOSA Cecilia. Inequality and Growth: the dual role of human capital in development. En: Journal of Development Economics. 2001. Vol. 66. p173-197.

<sup>104</sup> JONES, Charles. Human Capital, Ideas, an Economic Growth. Department of Economics. Stanford University. 1996.

función creciente de  $A$ , lo cual es similar a lo propuesto por Romer<sup>105</sup>. Adicionalmente la producción de nuevas ideas podría ser una función decreciente con respecto a  $A$ . Si se considera que

$$\dot{A} = A^{\alpha} \quad (13)$$

donde  $\alpha$  y  $\beta$ , son constantes, para todo valor de  $\beta > 0$  la productividad en la generación de nuevas ideas es creciente con respecto a  $A$ . Para valores de  $\beta < 0$  corresponde al caso de sobre explotación en el que con el tiempo cada vez es más difícil obtener nuevas ideas. Finalmente si  $\beta = 0$  el descubrimiento de nuevas ideas es independiente de las ya existentes. Sustituyendo la ecuación (13) en la (12) obtenemos lo siguiente:

$$\dot{A}(t) = A^{\alpha} [(1 - \nu)H] \quad (14)$$

dividiendo entre  $A$  la ecuación (16) se obtiene lo siguiente:

$$\frac{\dot{A}}{A} = \frac{[(1 - \nu)H]}{A^1} \quad (14a)$$

En el estado  $A/A = g_A$  estacionario es constante si y solo el numerador y el denominador del lado derecho de la ecuación crecen a la misma tasa. Aplicando logaritmos y derivando con respecto al tiempo se obtiene lo siguiente:

$$0 = \frac{\dot{H}}{H} - (1 - \nu) \frac{\dot{A}}{A} \quad (15)$$

Donde  $H_A / H_A$  es la tasa de crecimiento del capital humano utilizado en la producción de tecnología. De esta expresión podemos obtener lo siguiente:

$$\frac{(\dot{H}/H)}{(1 - \nu)} = \frac{\dot{A}}{A} = g_A \quad (15a)$$

De la ecuación (15a) podemos concluir que la tasa de crecimiento de la tecnología depende de dos parámetros  $\alpha$  y  $(1 - \nu)$  y de la tasa de crecimiento del capital humano, que de acuerdo con la ecuación (5) depende de la tasa de crecimiento de la población  $L/L = n$  y de la tasa de crecimiento del capital humano individual que de acuerdo con la ecuación (8) es igual a:

$$\frac{\dot{h}}{h} = \frac{B}{h} e^{-\beta} = n_h \quad (16)$$

El costo de inventar un nuevo diseño es igual al producto marginal del trabajo calificado en la producción de tecnología, éste, a su vez, en condiciones de equilibrio, es igual al salario de los investigadores y a la productividad del capital humano en el sector que produce capital humano, es decir

$$\frac{\dot{A}}{H} = \frac{A [(1 - \nu)H]}{H} = w_H \quad (17)$$

<sup>105</sup> ROMER, Paul. Endogenous Technological Change. En: Journal of Political Economy. 1990a. 98, 5.

Una vez inventado el nuevo bien intermedio, su productor maximiza el valor presente neto, que es igual a lo siguiente:

$$A (1 - \nu) H^{-1} p_x \int_0^{\infty} \bar{x} e^{-rt} dt \quad (18)$$

El término representa el costo marginal de generar innovaciones. La expresión de la derecha de la igualdad es el valor presente del flujo de ingresos futuros, donde  $p_x$ , ecuación (4a) es el precio de monopolio que impone el productor del nuevo bien intermedio y  $x$ , ecuación (4b) la cantidad demandada por los productores de bienes finales. El costo marginal de producir el bien intermedio es igual a 1. El exponente de  $e$  representa la tasa de interés promedio en el período. La condición de equilibrio implica igualar el valor presente neto con el costo de inventar un nuevo bien intermedio. Si  $\nu = -1$  y el costo de crear (inventar) un nuevo bien es fijo e igual a  $A (1-\nu)$ , como plantean Barro-Sala-i-Martín (1995)<sup>106</sup>, despejando  $r$  en (18) se obtiene

$$r_A = \frac{1}{(1 - \nu)} + 1 \frac{[(1 - \nu)^2 L A]^{\frac{1}{\nu}}}{A (1 - \nu) H^{-1}} \quad (19)$$

La ecuación (19) representa la tasa de retorno de la producción de tecnología, es decir, de la invención y producción de nuevos bienes intermedios. Esta ecuación

implica una relación inversa entre la tasa de retorno de este tipo de inversión  $r_A$  y el costo de inventar el bien intermedio  $A (1-\nu)$ . Entre mayor sea la productividad de los trabajadores en el sector de tecnología mayores van a ser sus salarios y por lo tanto los costos, tal como ocurre con los modelos planteados por Romer<sup>107</sup> y Barro y Sala-i-Martin<sup>108</sup>. Con estos elementos podemos entrar a definir los salarios relativos entre trabajadores no calificados, ecuación (3) y trabajadores calificados, ecuación (17), obtenemos lo siguiente:

$$\frac{w_L}{w_H} = \frac{L^{-1} \bar{x}^{-1} A}{A (1 - \nu) H^{-1}} \quad (20)$$

La ecuación (20) muestra desde el lado de la producción que los salarios relativos entre los trabajadores no calificados y los calificados están determinados por dos factores estándar: las ofertas relativas de los factores y sus productividades. Un incremento en la oferta de trabajadores calificados reduce los salarios relativos de los calificados con respecto a los no calificados, mientras que un incremento en la producción tecnológica los aumenta. Por su parte, al analizar la oferta de los dos tipos de trabajos encontramos que la oferta de trabajo no calificado depende de la tasa de crecimiento de la población  $n$ , mientras que la de trabajo

<sup>106</sup> BARRO, Robert J. y SALA-I-MARTIN, Xavier. Economic Growth. NY: McGraw-Hill. 1995.

<sup>107</sup> ROMER, Paul. Endogenous Technological Change. En: Journal of Political Economy. 1990a. 98, 5.

<sup>108</sup> BARRO, Robert J. y SALA-I-MARTIN, Xavier. Economic Growth. NY: McGraw-Hill. 1995.

calificado  $H/H$  tanto del crecimiento de la población como del capital humano de los individuos  $h/h$ . Estos trabajadores calificados se pueden emplear en la producción de tecnología  $(1-\nu)H$  o en la producción de capital humano  $\nu H$ .

### 3.3 Los consumidores

Los agentes derivan su utilidad del consumo de  $C(t)$  unidades (que se producen en el sector de bienes finales) en cada momento. Las preferencias se caracterizan por una función de utilidad  $U[C(t)]$ , donde

$$\frac{U}{C} > 0 \text{ y } \frac{\partial^2 U}{\partial C^2} < 0 \quad C > 0$$

Para simplificar los cálculos y facilitar la comparación de este modelo con otros, se adopta la siguiente función de utilidad instantánea con horizonte infinito:

$$U(t) = \int_0^t \frac{C^1}{1} e^{-\rho t} dt \quad (21)$$

Donde  $\rho$  es la tasa de descuento,  $C_t$  el consumo en el momento  $t$  y  $\rho \in [0, \infty)$  el grado de concavidad de la función de utilidad. Si consideramos que hay dos tipos de agentes en la economía, aquellos que no poseen capital humano, es decir, trabajadores no calificados y aquellos que lo han adquirido por medio de la educación, el problema para saber cómo se afecta la distribución del ingreso en este caso consiste en analizar el comportamiento en estado estacionario del consumo de los dos tipos de agentes.

Se plantea la misma función de utilidad para los dos tipos de agentes.

i. Para el caso de los trabajadores no calificados, que no poseen capital humano, la maximización de utilidad en términos per cápita se maximiza sujeto a la restricción presupuestal:

$$\mathcal{H} = \frac{c_L^1}{1} e^{-\rho t} [w_L + (r - n)k_L - c_L] \quad (22)$$

Donde  $k_L$  representan la fracción del capital humano que poseen los trabajadores no calificados,  $r$  la productividad marginal del capital y  $n$  la tasa de crecimiento poblacional. La solución al problema como es habitual en este tipo de modelos es igual a:

$$\frac{\dot{c}_L}{c_L} = -\rho \quad (23)$$

De acuerdo con la ecuación (2),  $r = (1-\nu)Y/K$ . Siempre que la productividad marginal del trabajo sea mayor que la tasa de descuento, el crecimiento del consumo per cápita en estado estacionario será positivo, en este caso se puede ver que debido a que el nivel de producto  $Y$  crece más que  $K$ , este resultado se observa.

ii. En el caso de los trabajadores calificados la tasa de crecimiento del consumo per cápita se obtiene al resolver el siguiente hamiltoniano:

$$\mathcal{H} = \frac{c_H^1}{1} e^{-\rho t} [r_H(\nu h) + r_H(1-\nu)h - r k_H - c_H] \quad (24)$$

Donde  $r_H$  es la tasa interna de retorno del capital humano,  $(1-v)$  la fracción del capital humano utilizada en la producción de capital humano, la fracción del capital humano utilizada en la producción de tecnología. Finalmente  $r$  representa la productividad marginal del capital físico y  $k_H$  el capital físico que es propiedad de los trabajadores calificados. Si consideramos  $h+k_H = z$  que representa la suma de los activos per cápita, donde  $h/z=d$  y  $k_H/z = (1-d)$  la restricción de hamiltoniano que maximiza el crecimiento del consumo de los trabajadores calificados queda planteado de la siguiente manera:

$$\mathcal{H} = \frac{c_H^{-1}}{1} e^{-(n-r)c_H} [dz(r_H - n) - (1-d)z(r - n) - c_H] \quad (25)$$

Resolviendo el hamiltoniano cuya variable control es  $c$  y variable estado  $z$ , se obtiene el siguiente resultado:

$$\frac{\dot{c}_H}{c_H} = \frac{dr_H - (1-d)r}{c_H} \quad (26)$$

Es importante recordar que en este caso  $d$  es la fracción que representa el capital humano dentro del total de los activos que poseen los trabajadores calificados en estado estacionario por la rentabilidad de la inversión en capital humano. El resultado también dice que el término restante  $(1-d)$  es la fracción que representa el capital físico entre el total de activos de los trabajadores calificados en estado estacionario multiplicado por la productividad marginal del capital físico.

Para que la tasa de crecimiento del consumo per cápita de los trabajadores calificados sea positiva se debe presentar que el numerador sea positivo ya que el denominador es positivo. Una forma de expresar este resultado es la siguiente:

$$(r_H - r)d > r \quad (27)$$

A diferencia del caso de los trabajadores no calificados, el primer término incrementa el consumo de los trabajadores siempre que la tasa interna de retorno de la inversión en capital humano sea mayor que la productividad marginal del capital físico. Si este término es positivo y considerando que  $r > 0$ , la tasa de crecimiento del consumo per cápita de los trabajadores calificados es mayor que la de los trabajadores no calificados como consecuencia de la posesión de un activo: el capital humano. Es importante señalar que en este modelo no se incluyeron externalidades de ningún tipo en la acumulación de capital humano ni cambio tecnológico originado en el aprendizaje por la práctica. Este resultado muestra que entre mayor es la diferencia entre la tasa interna de retorno y la productividad marginal del capital físico, mayor es el crecimiento del consumo per cápita de los trabajadores calificados. Igualmente, el resultado muestra que entre mayor sea la proporción que representa el capital humano dentro de los activos totales, mayor será el crecimiento del consumo de los trabajadores calificados con respecto a los no calificados y por tanto mayor la inequidad en la distribución del ingreso.

## Conclusiones

En el presente trabajo se presenta un modelo de crecimiento endógeno que permite identificar los factores que generan el crecimiento del ingreso per cápita en estado estacionario y la distribución del ingreso que resulta de este proceso. El modelo integra los planteamientos de Lucas, Romer, Jones, Zeng, Manuelli y Seshadri, Ciccone y Jones, en donde se permite la acumulación de capital humano y el avance en el conocimiento tecnológico de manera simultánea y complementaria. Los modelos pioneros de Lucas y Romer, implican conceptualizaciones que en términos de política sólo se considera una fuente de crecimiento, y por tanto, una variable de manejo. Si embargo, en este modelo se integran las dos perspectivas para identificar las variables que determinan el crecimiento en el largo plazo y en particular la distribución del ingreso medida mediante las tasas de crecimiento del consumo de los trabajadores no calificados y de los calificados.

En el modelo presentado en este documento se hace énfasis en la generación de tecnología, aunque con pequeñas variaciones daría también cuenta del proceso de difusión, en la medida en que ambas clases de modelos dependen de manera fundamental del

capital humano. El modelo contrasta con los desarrollados por Galor y Tsiddon en cuanto en la producción de capital humano no presenta externalidades de ningún tipo. Igualmente, con respecto al modelo desarrollado por Eicher y García Peñalosa se plantea un modelo en el que el avance tecnológico depende únicamente de las actividades de Investigación y Desarrollo (I+D), pero no incluye el avance derivado del aprendizaje por la práctica.

El sector que produce bienes finales se asemeja al planteado por Romer pero no considera a la población constante y solo depende de los bienes intermedios y del trabajo no calificado. En el sector que produce capital humano se adopta la perspectiva planteada por Nelson y Phelps y adoptada posteriormente por Bis y Klenow, sin embargo, se modifica para poder determinar la tasa interna de retorno de la inversión en capital humano. La complementariedad entre los diferentes sectores de la economía se asemeja al trabajo de Jones, quien destaca la importancia de la complementariedad de factores. No obstante, en ambos modelos se muestra cómo la endogenización de capital humana y la tecnología al actuar de manera complementaria generan eslabonamientos entre sí, que permiten explicar los diferenciales en la tasa de crecimiento de largo plazo y también cambios en la distribución del ingreso.

El sector que produce tecnología requiere únicamente que se destine capital humano y en caso de que no se destine este factor, no habrá avance tecnológico y este modelo de tres sectores se convierte en uno de dos sectores pero no garantiza crecimiento positivo en el largo plazo. Igualmente, si solo se acumula capital humano, pero no se definen derechos de propiedad que permitan otorgar el derecho exclusivo a los innovadores, no se garantiza crecimiento sostenido.

Finalmente, en términos de distribución del ingreso, el resultado del modelo de crecimiento muestra que la desagregación de la tasa de crecimiento para los trabajadores no calificados es menor con

respecto a la de los trabajadores calificados debido a que la acumulación de un activo, el capital humano, ofrece una fuente de ingreso adicional que genera una diferencia entre las tasas de crecimiento de los dos grupos. De hecho, la diferencia entre la tasa de retorno de la inversión en capital humano y la productividad marginal del capital físico determina la diferencia en la distribución del ingreso. Aunque el modelo no incluye externalidades ni aprendizaje en la práctica, es lo suficientemente amplio para verificar el fenómeno observado en los últimos treinta años tanto en economías desarrolladas como en economías emergentes, en el sentido de que la distribución del ingreso se ha deteriorado.

## Referencias bibliograficas

1. AGHION, Philippe y HOWITT, Peter. A Model of Growth Through Creative Destruction. En: *Econometrica*. 1992. 60, 2.
2. AGHION, Philippe y HOWITT, Peter. Endogenous Growth Theory. En: MIT Press. 1998.
3. ATKINSON, Anthony B. Seeking to Explain the Distribution of Income in New Inequalities: The Changing Distribution of Income and Wealth in the United Kingdom. John Hills. Cambridge: Cambridge U. Press. 1996.
4. BARRO, Robert J. y SALA-I-MARTIN, Xavier. *Economic Growth*. NY: McGraw-Hill. 1995.
5. BARRO, Robert, J. Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth. En: *Journal of Political Economy*. 1990. Vol 98. No 5. Part II.
6. BARRO, Robert. Inequality and growth in a panel of countries. En: *Journal of Economic Growth*. Volume 5. Number 1. 2000. p. 5 -32.
7. BECKER, Gary S. *Human Capital*. Columbia University Press. 1964.
8. BECKER, Gary S. *Human Capital: a theoretical and empirical analysis with special reference to education*, NBER, University of Chicago Press. 1993.
9. BECKER, Gary S.; MURPHY, Kevin y TAMURA, Robert. Human Capital, Fertility, and Economic Growth. En: *Journal of Political Economy*. 1990. 98,5.
10. BENHABIB, Jess y SPIEGEL, Mark. The role of Human Capital in Economic Development: evidence for aggregate cross country data. En: *Journal of Monetary Economics*. October 1994. 34 (2). p. 143 – 74.
11. BEN-PORATH, Yoram. The production of human capital and the Life Cycle of Earnings. En: *The Journal of Political Economy*. 1967. Vol 75.
12. BILS, Mark y KLENOW, Peter. Does Schooling Cause Growth. En: *The American Economic Review*. 2000. Vol 90. No.5
13. CABALLÉ, Jordi y SANTOS, Manuel. On Endogenous Growth with Physical and Human Capital. En: *Journal of Political Economy*. 1993. 101, 6.
14. CICCONE, Antonio y PAPAIONNOU. Human Capital: The Structure of Production and Growth. En: *European Central Bank*. may 2006. WP 623,
15. EASTERLY, William, LEVINE; Ross, KING, Robert y REBELO, Sergio. Policy, Technology adoption and Growth, NBER WP 4681. 1994.
16. EICHER, Theo. Interaction Between Endogenous Human Capital and Technological Change. En: *The Review of Economic Studies*. 1996. Vol 63. No.1.

17. EICHER, Theo and GARCIA-PEÑALOSA Cecilia. Inequality and Growth: the dual role of human capital in development. En: *Journal of Development Economics*. 2001. Vol. 66. p173–197
18. GALOR Oded and TSIDDON Daniel. Income Distribution and Growth: The Kuznets Hypothesis Revisited. En: *Economica, New Series*, 1996. Vol. 63, No. 250, Supplement: Economic Policy and Income Distribution. The London School of Economics and Political Science. p. S103-S117.
19. GALOR Oded and GALOR Daniel. The Distribution of Human Capital and Economic Growth. En: *Journal of Economic Growth*, 1997. March. Kluwer Academic Publishers, Boston. p. 93–124.
20. GALOR, Oded and ZEIRA, Joseph. Income Distribution and Macroeconomics. En: *Review of Economic Studies*. 1993. 60:1. p. 35-52.
21. GARCÍA-PEÑALOSA, Cecilia. The economics of distribution and growth: Recent issues. En: *Fourth Annual DG ECFIN Research Conference: Growth and income distribution in an integrated Europe: Does EMU make a difference?* September. 2007. 38p.
22. GROSSMAN, Gene M. y HELPMAN, Elhanan. *Innovation and Growth in the Global Economy*. Cambridge. MIT Press. 1991.
23. JAUMOTTE, Florence et Al. Globalization and Inequality: Technology widening Rich – Poor Gap. Estudio del FMI publicado en “World Economic Outlook” 10 de Octubre de 2007.
24. JONES, Charles. *Human Capital, Ideas, and Economic Growth*. Department of Economics. Stanford University. 1996.
25. JONES, Charles. *The Weak Link : Theory of Economic Development*. En: Department of Economics. June 2006. UC Berkeley and NBER.
26. JUNH, Chinhui; MURPHY, Kevin y PIERCE, Brooks. Wage inequality and the rise in the returns to skills. En: *Journal of Political Economy*. June 1993. 101(3). p. 410 – 442.
27. KUZNETS, Simon. Economic Growth and Income Inequality. En: *American Economic Review*. 1955. 45:1. p. 1-28.
28. LUCAS, Robert Jr. On the Mechanics of Economic Development. En: *Journal of Monetary Economics*. 1988. 22.
29. MANUELLI, Rodolfo y SESHADRI, Ananth. *Human Capital and the Wealth of Nations*, Department of Economics, University of Wisconsin-Madison. 2005.
30. MINCER, Jacob. *Schooling, experience and earnings*. New York: Columbia University Press. 1974
31. NELSON, Richard y PHELPS, Edmund. Investment in Human, Technological Diffusion and Economic Growth. En: *The American Economic Review*. 1966. Vol 56, No. 1/2
32. PEROTTI, Roberto. Political equilibrium, income distribution and Growth. En: *Review of economics studies*. October 1993. 60 (4). p. 755 -776.
33. PIKETTY, Thomas. *Inegalites et*

- Redistribution. En: *Revue d'Economie Politique*. 1996. 104:6. p. 769-800.
34. QUADRINI, Vincenzo. Growth and Inequality (Macro perspectives). En: *The New palgraves dictionary of Economics*. Second edition. 2008.
35. REBELO, Sergio. Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth. En: *Journal of Political Economy*. 1991. 99,3.
36. REDDING, Stephen .1996. The Low-Skill, Low Quality Trap: Strategic Complementary between Human capital an R&D, *The Economic Journal*, Vol 106, No 435
37. ROMER, Paul. ¿Are Nonconvexities Important for Understanding growth? En: *AEA Papers and Proceedings*. 1990b. 80.
38. ROMER, Paul. Endogenous Technological Change. En: *Journal of Political Economy*. 1990a. 98, 5.
39. ROMER, Paul. Growth Based on Increasing Returns Due to Specialization. En: *AEA Papers and Proceedings*. 1987. 77, 2.
40. ROMER, Paul. Increasing Returns and Long-Run Growth. En: *Journal of Political Economy*. 1986. 94, 5
41. ROMER, Paul. The Origins of Endogenous Growth. En: *Journal of Economic Perspectives*. 1994. 8,1.
42. ROSEN, Sherwin. A theory of Lifetime earnings. En: *Journal of Political Economy*. August 1976. 84 (4) p. 45 - 57
43. SALA-I-MARTIN, Xavier. *Apuntes de Crecimiento Económico*. s.l.: Antoni Bosch Editor. 1994.
44. SOLOW, Robert. 1956. "A Contribution to the Theory of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics* 70, 1.
45. STIGLITZ, Joseph E. *Economía*. Barcelona. Ariel Editores. 1993.
46. STOKEY, Nancy. Human capital, Product Quality and Growth. En: *Quarterly Journal of Economics*. 1991. 106. p. 587-615
47. VAN DEN BERG, Hendrik. *Economic Growth and development*. Boston. McGraw hill. 2001.
48. WEIL, David N. Accounting for the Effect of Health on Economic Growth. En: *NBER Working Paper 11455*, June 2005.
49. ZENG, Jinli. Physical and Human Capital Accumulation. En: *R&D and Economic Growth*, *Southern Economic Journal*. 1997. Vol 63, No.4