

Desde el segundo semestre del 2007 se creó un espacio académico extra-clase, sugerido por los estudiantes y dirigido a ellos, denominado *Semillero de Investigación: Los Apóstoles del Buen Gusto*, en el cual se pretende profundizar en el conocimiento de temas teóricos y prácticos que son impartidos durante los pregrados de la Facultad de Economía. Este grupo cuenta con el financiamiento del Fondo de Innovación Pedagógica de la Universidad del Rosario y el apoyo de la Facultad de Economía.

Su nombre —lejos de ser una copia del así denominado grupo de Cambridge (1820), del que fue ilustre representante John Maynard Keynes— responde a una mezcla de conceptos vernáculos y científicos propios. Antes de convertirse en una iniciativa avalada por la Facultad, la profundización que buscaron sus integrantes fue hacia el análisis matemático y su guía fue el libro de **Tom Apostol**, de allí se desprende la primera parte del sustantivo. **Del Buen Gusto** rememora las tertulias presididas por Doña Manuela Sanz de Santamaría, en las que se reunían intelectuales neogranadinos de principios del siglo XIX a discutir autores clásicos, representantes de la nueva ciencia, y artículos cifrados en los periódicos extranjeros.

*El Semillero de Investigación: Los Apóstoles del Buen Gusto*, iniciativa abierta para estudiantes interesados en la investigación académica, busca asegurar que las discusiones trasciendan más allá de su simple planteamiento y por ello se han creado grupos de trabajo que profundizan temas particulares en reuniones periódicas. La serie *Documentos de trabajo de estudiantes* se creó como mecanismo de difusión de las investigaciones del *Semillero* y espera contar con el aporte de aquellos interesados en publicar sus trabajos, invitación que se extiende a todos los estudiantes universitarios que hayan sido finalistas en alguno de los Foros Nacionales Estudiantiles.

Los autores interesados pueden consultar la página web <http://losapostoles.awardspace.com/>  
O comunicarse al correo electrónico [losapostoles@urosario.edu.co](mailto:losapostoles@urosario.edu.co)



Oscar Iván Ávila Montealegre

# Salud y crecimiento económico: un modelo de generaciones traslapadas, expectativa de vida endógena y capital humano

Documento de trabajo de estudiantes No. 2

Semillero de Investigación

Facultad de Economía



UNIVERSIDAD DEL ROSARIO  
Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario - 1653



**Salud y crecimiento económico: un modelo de  
generaciones traslapadas, expectativa de vida  
endógena y capital humano**

Óscar Iván Ávila Montealegre

Universidad del Rosario  
Facultad de Economía  
Editorial Universidad del Rosario  
Bogotá D.C.  
2008

ÁVILA MONTEALEGRE, Óscar Iván

Salud y crecimiento económico: un modelo de generaciones traslapadas, expectativa de vida, endógena y capital humano / Óscar Iván Ávila Montealegre.—Facultad de Economía. Bogotá: Editorial Universidad Rosario, 2008. 52 p.

Crecimiento económico / Capital humano / Demografía / Pobreza / Expectativa de vida / I. Título.

338.9861 SCDD 20

Óscar Iván Ávila Montealegre  
Editorial Universidad del Rosario

\* Las opiniones de los artículos sólo comprometen a los autores y en ningún caso a la Universidad del Rosario. No se permite la reproducción total ni parcial sin la autorización de los autores.  
Todos los derechos reservados.

Primera edición: abril de 2008  
Impreso y hecho en Colombia  
Printed and made in Colombia

# Salud y crecimiento económico: un modelo de generaciones traslapadas, expectativa de vida endógena y capital humano<sup>1</sup>

Óscar Iván Ávila Montealegre<sup>2</sup>

## Resumen

Este trabajo plantea un modelo de generaciones traslapadas con expectativa de vida endógena y acumulación de capital físico. Recoge parte de la evidencia empírica acerca de la transición demográfica explicada por Notestein en 1945, donde variaciones en la longevidad de los individuos afectan positivamente el crecimiento económico de un país. El modelo establece que la falta de incentivos para invertir en salud estanca a una economía en una trampa de pobreza, a su vez, muestra que incrementos en la productividad en el sector de producción de capital humano, al igual que cambios tecnológicos sesgados al uso intensivo del capital humano, incrementan el producto de estado estacionario y pueden sacar a una economía de una trampa de pobreza.

**Keywords** : generaciones traslapadas, expectativa de vida endógena, capital físico, capital humano, crecimiento económico, transición demográfica, trampa de pobreza.

---

<sup>1</sup> Trabajo de grado. Facultad de Economía, Universidad del Rosario. Agradezco al doctor Hernando Zuleta por el acompañamiento y comentarios a lo largo de este trabajo.

<sup>2</sup> Estudiante de Economía y Finanzas y Comercio Internacional.

## 1. Introducción

El crecimiento económico es una de las principales variables de interés para los economistas, por lo que establecer sus determinantes ha sido una tarea que ha conllevado a diversos desarrollos teóricos y empíricos. La teoría del crecimiento económico encuentra sus fundamentos en los modelos de Solow (1956) y Swan (1956) donde se muestra que el ahorro mediante la acumulación de capital físico es fundamental para el desempeño económico de un país.

En el modelo Solow-Swan la única fuente de crecimiento es el incremento en el stock de capital físico, paradigma que reinó durante muchos años. Décadas después surgieron trabajos que empezaron a mostrar la importancia de la inversión en capital humano como determinante del crecimiento<sup>3</sup>. No obstante, los primeros avances teóricos y empíricos establecieron que la inversión en capital humano se daba únicamente a través de la educación; no obstante, desde la década de 1970 algunos estudiosos han encontrado que la inversión en salud también es importante en la formación de capital humano y, por tanto, en el crecimiento económico.

Grossman (1972) plantea un modelo en el que los individuos invierten en su salud reduciendo el número de días-enfermo durante el año, generando un incremento en la oferta laboral agregada. La relación entre salud y días-enfermo es una relación negativa y no lineal<sup>4</sup>, dado que incrementos adicionales en el stock de salud cada vez tienen un efecto menor sobre la disminución en la cantidad de días-enfermo de los individuos, de esta forma, Grossman encuentra una relación positiva pero no lineal entre inversión en salud y productividad. Aunque el autor no considera explícitamente la inversión en salud como formación de capital humano, encuentra una relación positiva entre salud y productividad laboral, la cual es necesaria para un aumento en el producto de una economía.

Trabajos posteriores han encontrado que la inversión en salud afecta el crecimiento económico: con la mejora en la educación, el incremento en la rentabilidad del capital físico y el dividendo demográfico<sup>5</sup>.

---

<sup>3</sup> Mankiw, Romer y Weil (1992).

<sup>4</sup> Mayor inversión en salud genera menos días-enfermo.

<sup>5</sup> Estos términos se desarrollarán más adelante.

Este trabajo explica el crecimiento económico a través de la inversión en capital humano, resaltando la importancia de la inversión en salud para el desarrollo de un país. Además, busca mostrar cómo incrementos en la expectativa de vida, asociada con el estado de salud de la población, afectan el crecimiento económico de un país. Para esto se plantea un modelo de generaciones traslapadas, en el que los individuos acumulan capital humano por medio de la inversión en salud y educación, y enfrentan una probabilidad de supervivencia determinada por la cantidad de recursos destinados a salud. El modelo recoge algunas regularidades empíricas, como la transición demográfica y permite la existencia de trampas de pobreza; a su vez, plantea dos mecanismos que sacan a una economía de esta situación.

El trabajo está compuesto por cuatro secciones incluyendo esta introducción, la segunda sección describe el marco teórico y los antecedentes, basándose en las teorías de la transición epidemiológica y demográfica, al igual que en los modelos de expectativa de vida y crecimiento económico. La tercera plantea un modelo de generaciones traslapadas con expectativa de vida endógena y acumulación de capital humano mediante la inversión en salud y educación, a su vez, se muestran algunas simulaciones del comportamiento de economías hipotéticas, en las que se evidencia que la productividad multifactorial en la producción de capital humano es esencial para el crecimiento económico de un país. Finalmente, el trabajo logra concluir que los cambios tecnológicos sesgados al uso intensivo de capital humano, al igual que los aumentos en la productividad multifactorial en la producción de capital humano, logran sacar a una economía de una trampa de pobreza, llevándola a una senda de crecimiento en el corto plazo y a un estado estacionario con un nivel de producto positivo.

## 2. Descripción del trabajo

### 2.1. Marco teórico

#### Expectativa de vida y las transiciones epidemiológica y demográfica

La expectativa de vida, entendida como el número de años que un individuo espera vivir, es uno de los principales indicadores del estado de salud de una población, pues la forma más apropiada de incrementar la longevidad de las personas es mediante una mejora en las condiciones de vida, entre éstas, los servicios de salud, las condiciones sanitarias y la nutrición de los individuos.

El comportamiento de la expectativa de vida a lo largo del tiempo puede resumirse en dos patrones. El primero de ellos caracterizado por un estancamiento, es decir, un periodo en el que la expectativa de vida no tuvo cambios significativos; mientras que el segundo se enmarca en un periodo de crecimiento en la longevidad de las personas, en mejoras sanitarias y en desarrollos médicos. Estos dos periodos se describen ampliamente en lo que se conoce como transición epidemiológica, Omran (1971,1982), y transición demográfica, Nostestein (1945) y Bloom, Canning y Sevilla (2001).

Bloom, Canning y Sevilla (2001) dan evidencia de que a partir de 1940 se dieron importantes avances en sanidad, agua potable, y el desarrollo de antibióticos, hechos que se reflejaron en el incremento de la expectativa de vida en todo el mundo.

Bloom, Canning y Jamison (2004) muestran que entre los siglos XVI y XIX la expectativa de vida en el planeta fluctuaba alrededor de 40 años sin presentar una tendencia definida, a su vez, encuentran que para las últimas décadas el comportamiento de la expectativa de vida ha sido creciente, pasando de 50 años en 1960 a 67 años en el 2001 (datos promedio mundo). No obstante, aunque la tendencia es positiva para el promedio de países, existen diferencias significativas entre países; por ejemplo, en África subsahariana se evidencia que en el periodo 1990-2001 la expectativa de vida pasó de 50 años a 46 años, fenómeno explicado principalmente por el alto porcentaje de personas víctimas de sida. Caso contrario el de los países de altos ingresos, donde a pesar de presentar un comportamiento estancado durante la última década, la expectativa de vida es la más alta del mundo, siendo ésta de 78 años (ver Tabla 1).

Tabla 1. Expectativa de vida

Región	Esperanza de vida, años			Ritmo de variación en años por década	
	1960	1990	2001	1960-199	1990-200
<b>Bajo y mediano Ingreso</b>	44	63	64	6,	0,
África subsaharian	40	50	46	3,	-3,6
América Latina y el Caribe	56	68	71		2,
Asia meridiona	44	58	63	4,	4,
Asia continental y el Pacífico	39	67	69	9,	1,
Europa y Asia centra	n/	69	69	n/	
Oriente Medio y Norte de Áfric	47	64	68	5,	3,
<b>Ingreso alto</b>	69	76	78	2,	1,
<b>Mund</b>	50	65	67		1,

Fuente: World Development Indicators 2003 (Washington: Banco Mundial, 2003)

Nota: promedio de la esperanza de vida del hombre y de la mujer. La clasificación de los países por región se ciñe a la convención adoptada por el Banco Mundial para 2003, indicada en el reverso de la contraportada de WDI 2003.

### Transición epidemiológica

Esta teoría comienza con la premisa de que la mortalidad es un factor fundamental en la dinámica demográfica y que la transición representa el paso de un periodo en el que la mortalidad es atribuida a enfermedades infecciosas, a uno en el que es causada principalmente por enfermedades degenerativas. Esta transición está asociada con un incremento en los estándares de vida y una mejora en la nutrición, hechos que se presentaron a lo largo del siglo XIX. Adicionalmente se enmarca en tres modelos distintos, los cuales representan la transición de los países europeos (transición clásica), Japón y Asia del Este (transición acelerada) y, África, América Latina y algunos países asiáticos (transición retardada).

La transición seguida por los países europeos se resume en tres fases. Una fase preindustrial en la que las pestilencias y las hambrunas generaron un comportamiento cíclico en el crecimiento poblacional, con frecuentes picos en las tasas de mortalidad; seguida por una fase intermedia en la que las pandemias comienzan a desaparecer y la mortalidad disminuye gradualmente (siglo XIX). Finalmente un periodo donde las enfermedades degenerativas aparecen y son la principal causa de la mortalidad; éstas se presentan en individuos que han

vivido por un periodo prolongado. Este comportamiento es determinado por factores económicos que impulsaron mejoras en la calidad de vida y la nutrición de los individuos; al igual que por avances en medicina y en las condiciones sanitarias de las poblaciones. Los mejores estándares de vida generaron menores tasas de mortalidad infantil y estimularon una disminución en la fertilidad de estos países (transición demográfica).

El comportamiento de Japón y los países del Este asiático fue similar al de los países de Europa pero el cambio en la tasa de mortalidad fue más rápido generando una transición acelerada. Por su parte, los países de África, América Latina y el resto de Asia durante algún tiempo han presentado un comportamiento distinto, pues la disminución en la tasa de mortalidad no ha sido acompañada por menores tasas de fertilidad generando una explosión poblacional. Para el caso de América Latina y de acuerdo con datos de la Cepal durante los últimos 50 años ha presentado una disminución significativa en la tasa de mortalidad, la cual durante 1950-1965 no fue acompañada por una disminución en la tasa de fertilidad provocando un incremento significativo en la población de estos países. A partir de 1965 las dos tasas han tenido una tendencia decreciente. Este rezago prolongado en la tasa de fertilidad es evidencia de la transición retardada que han tenido los países de América Latina (ver Gráfico1).

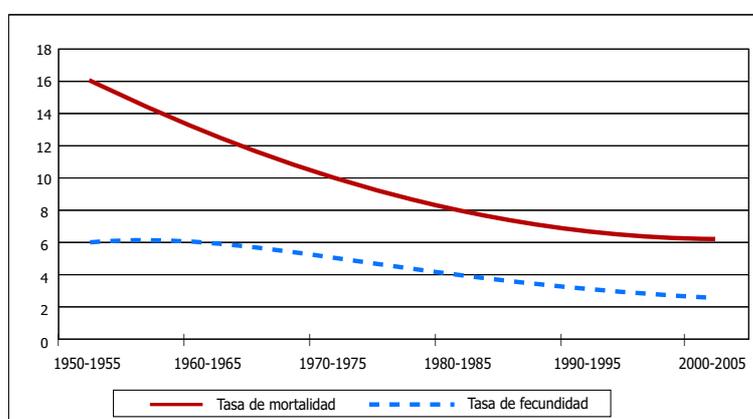


Gráfico 1. Mortalidad y fertilidad en América Latina 1950-2005

Fuente: Celade. Base de datos del Boletín demográfico N° 73. Cálculos del autor.

## Transición demográfica

### Efectos de la estructura demográfica

El comportamiento económico entre países difiere de acuerdo con la estructura de edades de sus individuos. Países con un alto porcentaje de población infantil destinan una gran cantidad de recursos a su educación y cuidado, y puesto que los infantes no forman parte de la fuerza laboral, la inversión que en ellos se hace no se refleja inmediatamente en mayores tasas de crecimiento económico. De otra parte, economías cuya población se concentra en personas jóvenes o en edad de trabajar aprovechan ampliamente estos recursos incrementando la producción e impulsando el crecimiento. Finalmente, países con una gran proporción de individuos mayores destinan un porcentaje significativo de su PIB a su cuidado, por lo que se reduce la cantidad de recursos destinados al apoyo de actividades que impulsan el crecimiento económico. De esta forma, la estructura de la población determina en gran medida cuál será su patrón de crecimiento, de aquí la importancia de entender la dinámica que ha seguido esta estructura durante las últimas décadas<sup>6</sup>.

Lo anterior muestra que cada grupo de la población se comporta de manera distinta. Los niños requieren de una inversión intensiva en salud y educación, los adultos ofrecen trabajo y ahorran, mientras que los viejos necesitan de cuidado médico y de una pensión para su sustento. Este comportamiento se ilustra en el Gráfico 2.

La idea detrás de una transición demográfica es que siempre que la tasa de mortalidad cae es seguida, con cierto rezago, por una disminución en la fertilidad afectando la estructura de edades de la población y el comportamiento económico de la misma. Davis (1945) atribuye a la revolución industrial el cambio demográfico presentado a partir del siglo XVIII en Europa y el resto del mundo.

Davis realiza un análisis a partir del cambio en las tasas de mortalidad y fertilidad en Europa, pues, demográficamente hablando el

---

<sup>6</sup> Bennet y Olshansky (1996), al igual que Smith y Stanley (1981), consideran las presiones sobre el sistema de seguridad social en Estados Unidos, pensiones y servicios de salud, de incrementos en la expectativa de vida, y resaltan la importancia de modificar este sistema en la medida en que la estructura de edades de la población cambia.

crecimiento en la población es determinado únicamente por dos factores, fertilidad y mortalidad; cualquier otro factor, sea sociológico o económico, debe tener efecto mediante estos dos. El autor encuentra que no hay evidencia que soporte la hipótesis de que el crecimiento poblacional se dio por incrementos en la fertilidad, pues este hecho es atribuible a la disminución en las tasas de mortalidad presentada a partir del siglo XVIII.

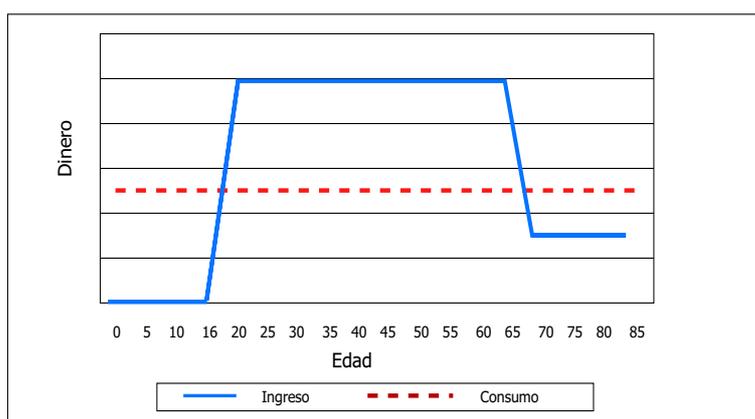


Gráfico 2. Ciclo de vida - Ingreso y consumo

Fuente: Economic Growth and the Demographic Transition.

La reducción en la mortalidad se asocia principalmente con mejoras en la alimentación de las personas, generadas por una abundante y variada oferta de productos agrícolas. La revolución industrial permitió mejorar las técnicas utilizadas en la producción agrícola, y más que eso agilizó el transporte de una región a otra. De otra parte, la protección ante enfermedades a través de la salud pública sólo se dio hacia finales del siglo XVIII, con el progreso de la biología e ingeniería, desarrollos que se tradujeron en disminuciones significativas en la mortalidad entre 1880 y 1930.

¿Por qué se presenta la transición demográfica?

Notestein (1945) distingue cuatro fases de la transición demográfica:

1. Tasas de natalidad y mortalidad elevadas y constantes, acompañadas por un bajo crecimiento económico.

2. Disminución en las tasas de mortalidad manteniendo la natalidad constante (explosión demográfica) con un incremento elevado en la tasa de crecimiento.
3. Reducción en la tasa de natalidad, con una mortalidad decreciente, y una disminución en la tasa de crecimiento.
4. Tasas de natalidad y mortalidad pequeñas y constantes, con un crecimiento bajo.

Los hechos que han generado esta transición son varios y se resumen a continuación.

Los hechos que han generado esta transición son varios y se resumen a continuación.

**Los desarrollos en medicina y salud pública**, incluyendo la invención de antibióticos como la penicilina y el tratamiento para enfermedades como la tuberculosis y la diarrea, han contrarrestado y erradicado enfermedades que antes cobraban millones de vidas<sup>7</sup>. Esto, acompañado por cambios en la conducta de los individuos quienes ahora se preocupan más por su salud y nutrición ha llevado al incremento en la expectativa de vida en la mayoría de países.

**La erradicación de algunas enfermedades infecciosas** ha disminuido significativamente la mortalidad infantil generando dos efectos positivos para el desarrollo económico de un país. Primero, al disminuir el número de personas que mueren durante los primeros años de su vida la oferta laboral aumenta, incrementando la cantidad de recursos disponibles para la producción. Segundo, menores tasas de mortalidad infantil incentivan un decremento en la fertilidad de la población. De acuerdo con Kalemli-Ozcan (2002) el incentivo de los individuos a seguir teniendo hijos se reduce una vez los primeros infantes han sobrevivido a la etapa inicial de su vida. Dada esta disminución en la fertilidad los padres destinan una mayor cantidad de recursos a la educación de sus hijos generando una oferta laboral más productiva en los años siguientes; a su vez, esta demanda por educación motiva a los padres a preferir calidad sobre cantidad de sus hijos reduciendo una vez más la tasa de fertilidad.

---

<sup>7</sup> Ver Bloom, River Path Associates, and Fang, 2000, "Social Technology and Human Health", Background paper prepared for Human Development Report 2001



El crecimiento es motivado por tres hechos importantes:

**Ahorro.** Dado el aumento en la expectativa de vida las personas trasladan una mayor cantidad de recursos a futuro especialmente durante los 40 y 65 años de edad, tiempo en el que no se hacen cargo de sus hijos y están cerca a pensionarse<sup>8</sup>. El incremento en la tasa de ahorro permite que haya más recursos disponibles para la inversión la cual jalona el crecimiento económico<sup>9</sup>.

**Inversión en capital humano.** Una mayor expectativa de vida no sólo acrecienta la inversión en capital físico por intermedio del ahorro sino que incentiva la acumulación de capital humano a través de la educación, aumentando la productividad y salarios de los individuos. La relación entre expectativa de vida y educación es trivial, si los individuos esperan vivir más prefieren destinar una mayor proporción de su tiempo a educarse, dado que en el futuro esperan recibir un salario mayor durante un tiempo más amplio. En la medida en que el individuo tiene una expectativa de vida más alta el beneficio esperado por invertir en capital humano es mayor<sup>10</sup>.

**Incremento en la oferta laboral.** Como se dijo anteriormente la transición demográfica genera un incremento en la oferta laboral; ahora bien, este aumento en la mano de obra disponible también es motivado por la cantidad de mujeres que ahora ingresan al mercado laboral, consecuencia del menor tiempo que tienen que dedicar al cuidado del hogar. De otra parte, la transición demográfica genera que el número de personas dependientes por trabajador disminuya, puesto que ahora la cantidad de personas por hogar que trabajan es mayor<sup>11</sup>.

### Caso Colombia

La teoría sobre la transición demográfica se ha analizado ampliamente y en algunos casos ha sido aplicada a estudios regionales (Bloom, Canning y Sevilla (2001)). De esta forma es interesante dar

---

<sup>8</sup> Bloom, Canning y Sevilla (2004)

<sup>9</sup> Solow (1956) y Swan (1956)

<sup>10</sup> La relación entre expectativa de vida y capital humano se retomará más adelante.

<sup>11</sup> Para mayor información ver David E. Bloom, *The Health and Wealth of Nations*, 7th Canadian Conference on International Health Nov. 15, 2000, Hull, Quebec.

un vistazo a la situación colombiana, país que presenta ciertas particularidades y muestra algunas tendencias definidas; por ejemplo, la expectativa de vida al nacer incrementó 43 % durante el periodo 1950-2005 pasando de 50.62 años a 72.17, cinco décadas en las que la variación en este indicador siempre fue positiva y aunque para los últimos años ha desacelerado se espera que para el año 2050 llegue a 79.17 años (ver Gráfico 4).

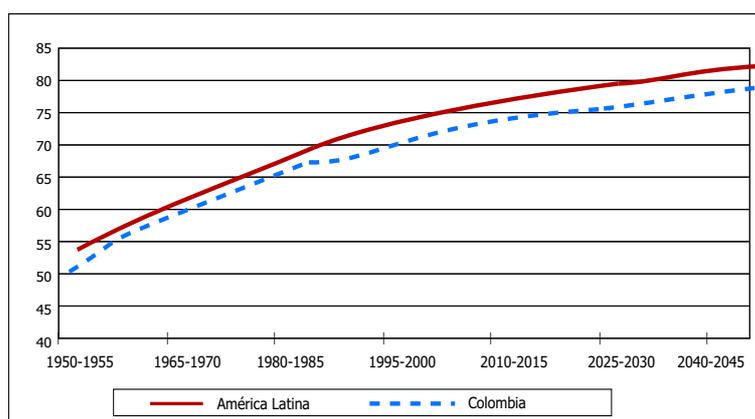


Gráfico 4. Expectativa de vida al nacer. Colombia - América Latina.

Fuente: Celade. Base de datos del Boletín Demográfico N° 73. Cálculos del autor.

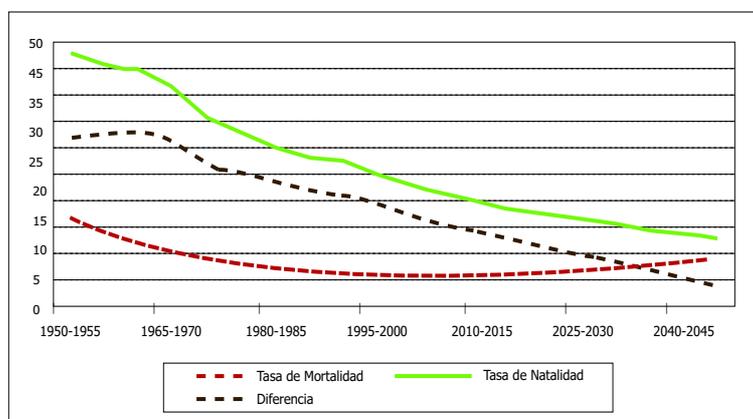
Heredia et al., (1975) muestran que las variaciones en la estructura de la población colombiana es el resultado de cambios en el nivel educativo de la población femenina, los programas de planificación familiar y la evolución en los servicios de salud.

De otra parte, Flórez (2000) establece que durante el siglo XX Colombia vivió por lo menos tres de las cuatro etapas de la transición demográfica enunciadas por Notestein (1945). Las tres primeras décadas del siglo pasado estuvieron enmarcadas por altas tasas de natalidad y mortalidad, al igual que un crecimiento económico bajo y constante. Al final de la década de los treinta la tasa de mortalidad comienza a decaer mientras que la fertilidad permanece constante; generando un crecimiento poblacional promedio de 3 %, el cual se mantuvo hasta mediados de los años sesenta. En esta misma década, la fecundidad empieza a descender rápidamente, y junto con la disminución en la fertilidad desaceleran el crecimiento económico.

Es importante resaltar que a pesar de que la expectativa de vida en Colombia ha aumentado se encuentra por debajo del promedio para América Latina y no muestra una tendencia de convergencia en los próximos años. Esto indica que si se aproxima el estado de salud de la población por su esperanza de vida Colombia da muestras de un stock de salud por debajo de la media para América Latina.

Aunque las tasas de natalidad, mortalidad y fertilidad han caído en el tiempo (ver Gráfico 5) la diferencia entre las dos primeras sigue siendo muy elevada, encontrándose actualmente en 15,16, indicando un crecimiento de la población por encima de la tasa de reposición; adicionalmente se observa que entre 1950 y 1965 esta diferencia aumentó evidenciando un incremento en la población a tasa creciente durante esos 15 años, esto sucedió principalmente porque la disminución en la mortalidad no fue acompañada por un decremento en la fertilidad (número de hijos por mujer).

Es interesante observar que para el caso de Colombia la tasa de mortalidad tiene una forma convexa en la que durante un periodo (1950 - 2000) es decreciente y a partir de ahí comienza a aumentar, comportamiento que para un periodo inmediato podría ser atribuible al conflicto armado que presenta este país.



Tasa de fecundidad (número de hijos por mujer). Colombia

Fuente: Celade. Base de datos del Boletín demográfico N° 73. Cálculos del autor.

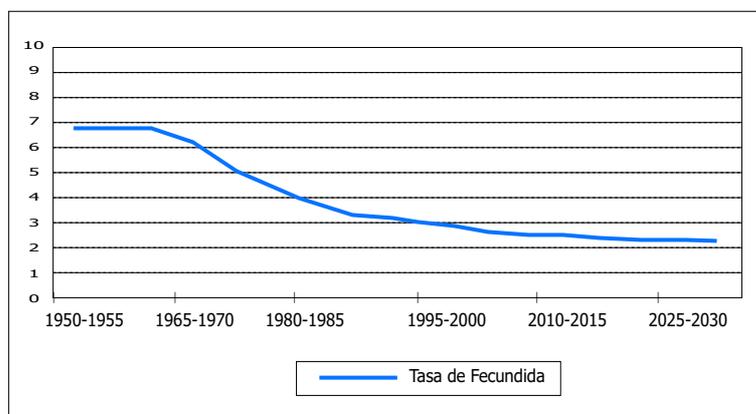
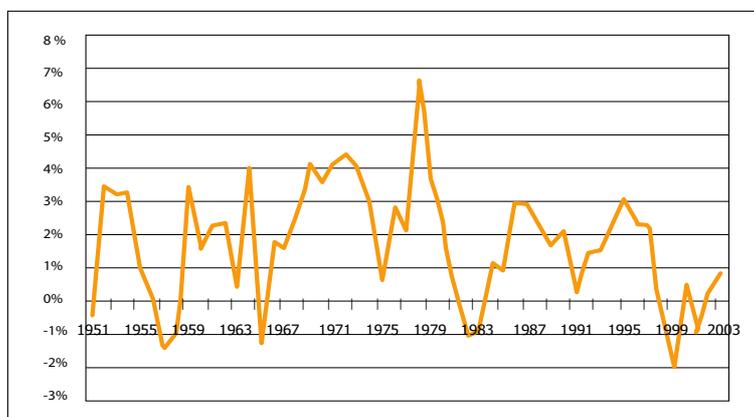


Gráfico 5. Tasas de mortalidad y natalidad por cada 1000 habitantes. Colombia

Fuente: Celade. Base de datos del Boletín demográfico N° 73. Cálculos del autor.

Finalmente, al relacionar crecimiento económico per cápita con la variación porcentual de la expectativa de vida se encuentra que para el periodo en que más creció la economía colombiana (1970-1981) la esperanza de vida aumentó a tasa creciente, dando evidencia de una relación positiva entre estos dos indicadores (ver Gráfico 6).

#### Variación PIB per cápita. Colombia



Fuente: Penn Table. Cálculos del autor.

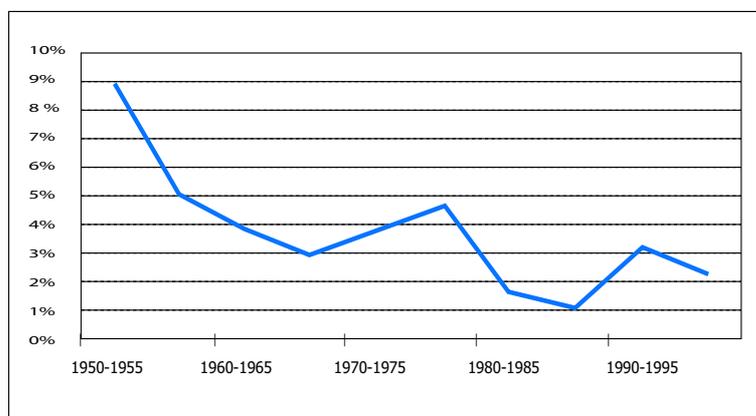


Gráfico 6. Variación porcentual expectativa de vida. Colombia

Fuente: Celade. Base de datos del Boletín demográfico N° 73. Cálculos del autor.

## 2.1. Antecedentes

### Salud y crecimiento económico

Durante muchos años se pensó que el crecimiento económico era el principal determinante del estado de salud de una población y que éste no afectaba el ingreso de una economía, la forma de inferir esto es sencilla, pues un mayor ingreso amplía las posibilidades de consumo y permite el incremento del gasto en bienes y servicios promotores de salud, tales como nutrición, acceso a agua potable, sanidad y mejor calidad de servicios médicos. Estudios recientes muestran que la relación entre estas dos variables no es unidireccional, puesto que la salud afecta positivamente el desempeño económico de un país (Strauss y Tomas (1998); Knowles y Owen (2001); Barghava et al. (2001); McDonald y Roberts (2002); Webber (2002)).

Bloom y Canning (2000) establecen cuatro mecanismos con los cuales el estado de salud puede incentivar el crecimiento económico:

**Productividad:** en la medida en que un país tiene una población más saludable su mano de obra es más productiva, pues los trabajadores son físicamente más enérgicos y mentalmente más sanos. Además, un mejor estado de salud, disminuye las posibilidades

de contraer enfermedades, faltando menos días al trabajo y dedicando menos tiempo al cuidado de familiares enfermos.

**Educación:** personas saludables con una mayor expectativa de vida tienen incentivos para invertir en desarrollar sus habilidades por medio de la educación, puesto que los beneficios de esta inversión se ven más adelante en el tiempo. Por su parte, mayor educación genera un incremento en la productividad y mejores ingresos. Finalmente un estado de salud favorable promueve la asistencia a clase y desarrolla las habilidades cognitivas de los individuos.

**Inversión en capital físico:** el incremento en la expectativa de vida motiva a las personas a trasladar una mayor cantidad de recursos al futuro a través del ahorro, el cual se traduce en inversión y en fuente de desarrollo de una economía.

**Dividendo demográfico:** la transición demográfica de altas a bajas tasas de mortalidad y fertilidad ha generado un incremento en las tasas de crecimiento.

Aunque el indicador por excelencia para determinar la relación entre el estado de salud de una población y el crecimiento económico ha sido la expectativa de vida, diversos autores han encontrado que indicadores como la nutrición, el estado de salud auto reportado y la estatura, también influyen en el desempeño económico de un país.

Fogel (1997) determina que el incremento en la cantidad de calorías disponibles para trabajar contribuyó en 30 % al crecimiento per cápita del Reino Unido entre 1780 y 1980. Smith (1999) muestra que el estado de salud auto reportado por los hogares predice en buena medida su riqueza. Arora (2001) encuentra que la estatura promedio en la edad adulta influye positiva y significativamente la tasa de crecimiento de una población.

Los artículos que proporcionan evidencia acerca de la relación positiva entre longevidad y crecimiento económico son varios. Barro y Sala-i-Martin (1995) estiman que un incremento en la expectativa de vida de 13 años aumenta la tasa de crecimiento anual de una economía en 1,4 %. Weil y Shastry (2002) establecen que la diferencia entre la supervivencia en la edad adulta explica 19 % de la varianza en el ingreso per cápita de los países. Bloom, Canning, y Sevilla (2001) obtienen que un gran porcentaje de la brecha del ingreso entre países es explicado por la expectativa de vida y la escolaridad

promedio de la población. Además observan que un incremento de un año en la expectativa de vida mejora la productividad de los trabajadores aumentando el PIB en 4%. Bloom y Canning (2005) estiman que un punto porcentual adicional en la tasa de supervivencia adulta aumenta la productividad laboral cerca de 2,8%.

Doppelhofer et al. (2004) encuentran que la expectativa de vida al nacer es uno de los principales determinantes del crecimiento: países que tenían una expectativa de vida mayor en la década de 1960 fueron economías que crecieron más rápido durante las siguientes cuatro décadas. Además, observan que la malaria tiene una relación inversa con el desempeño económico de un país.

Por su parte Barro y Wolf (1989) reportan las tasas de crecimiento del PIB per cápita entre 1960 y 1986, al igual que la relación inversión/PIB para el periodo 1970-1985 para una muestra de países que difieren en su expectativa de vida inicial en 1960. Encuentran que un incremento en la expectativa de vida para países cuya esperanza inicial era menor de 69 años aumentaba sustancialmente la relación Inversión/PIB y la tasa de crecimiento; pero que para los países con una expectativa superior a 70 años un incremento en este indicador disminuía su tasa de crecimiento (ver Tabla 2). Esta última relación ha sido también estudiada por Malmberg y Somme stad (2000) y Lindh y Malmberg para el caso de Suecia, donde el gasto en salud y cuidado de las personas de edad ha incrementado exponencialmente absorbiendo una gran cantidad de recursos que no son destinados a otro tipo de actividades productivas.

Tabla 2. Expectativa de vida al nacer en 1960

Expectativa de vida al nacer en 1960	< 60	60 – 64	65 – 69	≥ 70
Número de países	41	8	14	12
Inversión Privada/PIB (1970 – 1985(%))	14	20	23	22
Tasa de crecimiento promedio (1960 – 1985(%))	1,88	3,13	3,36	2,5

Fuente: Barro, R., y H. Wolf. 1989. "Data Appendix for Economic Growth in a Cross Section of Countries". National Bureau of Economic Research Documento no publicado.

Trampas de pobreza<sup>12</sup>

Como se ha dicho en reiteradas ocasiones, la salud y el crecimiento económico tienen una relación bidireccional y positiva, es decir, son variables que se afectan mutuamente en la misma dirección. Esta relación conlleva a la existencia de trampas de pobreza, en otras palabras, países con bajos ingresos y estados de salud deficientes tienden a permanecer en estas condiciones e incluso a deteriorarlas con el tiempo.

El mecanismo que estanca a las economías en estas trampas es sencillo. Por una parte, cuando los ingresos de un país son bajos la inversión que un Estado puede hacer en salud es muy poca, conllevando a que la creación de nuevos hospitales y centros médicos sea prácticamente nula, por lo que la cobertura de los servicios de salud no atiende a toda la población. Adicionalmente, el gasto público en servicios como agua potable y limpieza también es bajo, generando la rápida propagación de enfermedades y epidemias. Esta baja inversión hace que la población no goce de un estado de salud satisfactorio.

De otra parte, los hospitales, generalmente, se ubican en los principales centros urbanos, haciendo que el acceso a servicios de salud por parte de personas que viven en la periferia sea prácticamente nulo; considerando que los individuos más pobres viven en estas zonas ellos son quienes se perjudican en mayor medida de esta situación, deteriorando su estado de salud. Otra característica de los países de bajos ingresos es el escaso porcentaje de alfabetización de la población, siendo ésta menos capacitada para atender y seguir indicaciones médicas y desconociendo actividades que mejoran su condición de salud. Finalmente, las industrias farmacéuticas no tienen incentivos para desarrollar medicamentos para la cura de enfermedades que se presentan en países de bajos ingresos, pues sus ganancias esperadas no son altas.

Los anteriores son algunos de los canales mediante los cuales bajos ingresos generan estados de salud deficientes y conociendo los canales a través de los cuales la salud afecta el crecimiento económico se

---

<sup>12</sup> Xavier Sala-i-Martin (2005).

puede inferir que bajos ingresos generan baja salud y baja salud bajos ingresos; por lo que economías que se encuentran en esta situación, necesitan un impulso para salir de este círculo vicioso, de lo contrario seguirán estancadas y deteriorándose cada vez más.

### Expectativa de vida y crecimiento económico<sup>13</sup>

Varios autores han considerado la inversión en salud y en especial la expectativa de vida como determinante del crecimiento económico y han planteado sus modelos a partir de un escenario de generaciones traslapadas (OLG, por su sigla en inglés<sup>14</sup>). Algunos han modelado la longevidad como exógena (ver Zhang, Zhang y Lee (2003); Ehrlich Isaac y Lui Francis (1991); Tabata (2005) Li, Zhang y Zhang (2006)); mientras

que otros de manera endógena (ver Chakraborty (2004); Finlay (2006); Cipriani y Markris (2006); Blackburn y Cipriani (2002)); llegando a resultados similares sobre el crecimiento económico y recogiendo algunas de las particularidades de la transición demográfica.

Ehrlich Isaac y Lui Francis (1991) muestran la importancia de la institución familiar y la inversión en capital humano como motores del crecimiento económico de un país. A partir de un modelo de OLG de tres periodos establecen que incrementos en la expectativa de vida se asocian con un mayor capital humano de largo plazo, menores tasas de natalidad y mayor crecimiento. Un aporte valioso de este modelo, a diferencia de los anteriores, es la incorporación de fertilidad y de inversión en capital humano (estudio). Morand (2005), con un modelo más simple (dos periodos, sin fertilidad ni capital humano), corrobora lo encontrado por Ehrlich Isaac y Lui Francis (1991), acerca de la relación entre expectativa de vida y crecimiento económico.

De otra parte, Zhang, Zhang y Lee (2003) al igual que Tabata (2005) y Li, Zhang y Zhang (2006) partiendo de un modelo de OLG de tres periodos en el que los agentes viven con certeza las dos primeras etapas de su vida y enfrentan una probabilidad exógena de supervivencia al tercer periodo, encuentran una relación no monótona entre salud y crecimiento económico, pues incrementos en la expectativa de vida, entendidos como una probabilidad de supervivencia

<sup>13</sup> Para una descripción más detallada de los modelos ver el Anexo 1.

<sup>14</sup> Overlapping generations

mayor, sólo tienen un efecto positivo sobre la tasa de crecimiento si la expectativa de vida inicial es baja, de lo contrario el efecto es negativo.

La explicación a este comportamiento es intuitiva, pues mayor longevidad en los individuos incentiva la acumulación de capital con el fin de consumir más en el futuro, pero a partir de un punto incrementar la expectativa de vida es tan costoso que la cantidad de recursos que quedan disponibles para la inversión en actividades que promueven el crecimiento económico, es menor. Tabata (2005) proporciona evidencia de este comportamiento, encontrando que incrementos en la expectativa de vida por encima de 65 años disminuyen la tasa de crecimiento e incrementos entre los 20 y 64 años la aumentan (ver Gráfico 7). La diferencia principal del modelo de Tabata es que los individuos en el caso de sobrevivir al tercer periodo de su vida enfrentan una probabilidad positiva de estar enfermos o no, esta variación del modelo condiciona aún más las decisiones de inversión en salud.

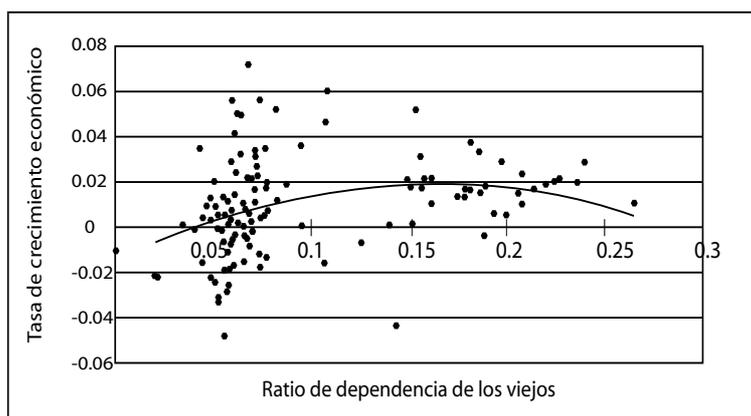


Gráfico 7. Expectativa de vida - Crecimiento económico

Fuente: Tabata, K. 2005. "Population aging, the costs of health care for elderly and growth". *Journal of Macroeconomics* 27:472-493.

En general, los modelos con expectativa de vida endógena tienen una estructura de generaciones traslapadas con dos o tres generaciones en los que la longevidad depende directamente de la inversión en salud (capital humano). Estos modelos se diferencian principalmente en los supuestos que hacen sobre la inversión en capital humano y en salud.

Chakraborty (2004) considera la inversión en salud mediante la inversión pública y privada, y la inversión en capital humano, a través del tiempo que los individuos dedican a su educación. Los resultados de este modelo son los esperados, pues mayor inversión en salud promueve el crecimiento económico e incentiva la acumulación de capital humano. Finlay (2006) a diferencia de Chakraborty (2004), considera un factor adicional; el grado de aversión al riesgo del individuo, la cual le permite concluir que para individuos con un grado de aversión al riesgo más alto la inversión en salud es mayor que para individuos menos adversos, quienes destinan una mayor cantidad de recursos a la educación. La relación entre aversión al riesgo y la expectativa de vida, también es estudiada por Krupnick et al. (2002), quienes estiman la disponibilidad a pagar de un grupo de individuos con el fin de reducir su mortalidad, encontrando que ésta no es monótona entre individuos, y mucho menos entre distintos grupos de edad.

Cipriani y Markris (2006) no sólo introducen una generación más sino incluyen al Estado dentro del modelo, encontrando que la intervención del gobierno en políticas de seguridad social junto con la expectativa de los individuos, explican diferencias en las sendas de crecimiento de países similares en sus condiciones iniciales. Blackburn y Cipriani (2002) considerando tres periodos e inversión en capital humano, introducen la fertilidad como variable endógena y concluyen que un incremento en la probabilidad de supervivencia reduce la oferta de trabajo y la demanda por hijos en el segundo periodo de vida, pues los individuos prefieren destinar una mayor cantidad de recursos a estudiar obteniendo un mayor salario al final de su vida. Adicionalmente los autores muestran que si el nivel inicial de capital humano es muy bajo los incentivos de invertir en éste no son altos, por lo que la economía no crece, en este escenario la expectativa de vida es baja, resultados similares a los de Chakraborty (2004).

Finalmente, Aisa y Pueyo (2005) y Howitt (2005) aunque no consideran un modelo de OLG encuentran aportes muy interesantes a la teoría del crecimiento económico a través de la inversión en salud. Aisa y Pueyo (2005) consideran un modelo de horizonte finito con gobierno, encuentran que un incremento en el gasto en salud pública tiene dos efectos: primero, al incrementar la vida de los agentes se reduce su tasa de impaciencia, promoviendo el ahorro e impulsando el crecimiento económico; y, segundo, los recursos destinados a salud son recursos que no se utilizan para acumular capital, por

lo que la tasa de crecimiento se reduce. Por su parte Howitt (2005) analiza la relación entre salud y crecimiento económico mediante la teoría Schumpeteriana. En su modelo considera variables como habilidades de los individuos, inversión tecnológica, innovación, asistencia al colegio, eficiencia en el aprendizaje y tasa de depreciación de las habilidades, entre otras; encontrando que la salud influye la tasa de crecimiento de largo plazo a través de seis canales: productividad, expectativa de vida, capacidad de aprendizaje, creatividad, habilidades para copiar la tecnología, y disminución de la desigualdad.

### 3. Modelo

El modelo que se plantea en esta sección es un modelo de generaciones traslapadas<sup>15</sup> con agentes homogéneos al interior de cada generación. Los individuos viven por tres periodos, esto implica que en cada momento del tiempo existen tres tipos de agentes, niños, jóvenes y viejos.

Durante el primer periodo de su vida los individuos son niños y acumulan capital humano a través de la inversión en salud y educación, la decisión de inversión es exógena para los individuos, pues ellos no deciden cuanto educarse ni cuantos recursos dedicarle a su stock de salud; esta decisión la determinan los padres de los individuos, quienes se consideran como la generación joven en este modelo. La inversión en capital humano durante la niñez determina la productividad de la mano de obra y el salario de la economía.

En el segundo periodo los agentes son jóvenes y se encargan de la producción, ofrecen inelásticamente trabajo y reciben un salario por ello. Se supone que el único ingreso que reciben los individuos durante toda su vida es el salario cuando jóvenes, de esta forma los agentes deben tomar una decisión intertemporal en este periodo de sus vidas. El salario es destinado a consumo presente, ahorro e inversión en capital humano de los hijos. Adicionalmente, se considera que los individuos reciben una utilidad de su consumo presente y futuro, al igual que del stock de capital humano de sus hijos; así se plantea un modelo con altruismo intergeneracional, donde los agentes son más felices si sus hijos tienen un mayor nivel de educación y un mejor

---

<sup>15</sup> La elección del modelo obedece a lo que la literatura sugiere.

estado de salud. La única forma de trasladar recursos de un periodo a otro es por medio del ahorro.

Finalmente, los individuos enfrentan una probabilidad de supervivencia a su vejez o tercer periodo<sup>16</sup>, la cual depende de la inversión inicial en salud. De esta forma aunque los individuos toman su probabilidad de supervivencia como dada ésta es endógena, pues es determinada en el periodo anterior por la inversión hecha por los padres<sup>17</sup>. En esta etapa de sus vidas los agentes consumen el ahorro hecho en el periodo anterior, al igual que sus rendimientos. La probabilidad de supervivencia debe cumplir con ciertas propiedades, primero debe existir una cota inferior cuando la inversión en salud es cero, además debe presentar rendimientos decrecientes, pues el efecto de un aumento en el stock de salud marginalmente cada vez debe ser menor sobre la longevidad de los individuos.

De otra parte se considera que la población no crece por lo que la población puede ser normalizada a uno, esto implica que las variables en niveles son equivalentes a las variables per cápita.

Respecto a la función de formación de capital humano se considera que ésta depende de la inversión en educación y en salud y del stock de capital humano de los padres (los hijos heredan parte del conocimiento de sus progenitores)<sup>18</sup>. Además se establece que la educación y la salud son complementarias para la formación de capital humano.

El producto en esta economía usa como insumos capital físico y trabajo; donde cada trabajador tiene un stock de capital humano asociado, de esta forma las variables de decisión de la firma son el capital físico y el número de trabajadores. Se suponen rendimientos

---

<sup>16</sup> Esta probabilidad de supervivencia es considerada como la expectativa de vida, en últimas, está determinando que fracción del tercer periodo de la vida está viviendo el individuo. Si la probabilidad es muy alta es porque el agente vivirá gran parte del tercer periodo, y viceversa.

<sup>17</sup> Es importante aclarar el hecho de que la probabilidad de supervivencia es exógena para el individuo, pues al momento en que éste va a actuar de manera óptima ya sabe cuánto tiempo vivirá, por lo que el modelo no considera el hecho de que el individuo muera sorpresivamente y deje herencias ocasionales, hecho que cambiaría los resultados del modelo.

<sup>18</sup> Considerar que el capital humano de los hijos depende en parte del capital humano de los padres genera cierta persistencia en el modelo. Al no considerar este hecho las conclusiones no cambian significativamente, aún así, dejarlo le agrega cierta realidad al modelo y no complica el álgebra en ningún momento.

de escala decrecientes y que el precio de los factores es igual a su productividad marginal. De otra parte, la única forma de trasladar recursos de un período a otro es por medio de la acumulación de capital físico, por lo que el ahorro de los individuos en el periodo  $t$  debe ser igual al stock de capital en el periodo  $t+1$ . Finalmente se supone un mercado competitivo por lo que la remuneración a los factores es igual a su productividad marginal.

#### Problema del consumidor

De forma explícita el problema de un individuo nacido en el periodo  $t$  se puede escribir de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \text{máx } U &= \ln C_{t+1}^y + \beta[\pi(h_t^c) \ln C_{t+2}^0 + \ln H_{t+1}^y] \\ \text{s.a.} \\ C_{t+1}^y + S_{t+1} + e_{t+1}^c + h_{t+1}^c &= w_{t+1} \\ C_{t+2}^0 &=_{t+1} (1 + r_{t+1}) \\ H_{t+1}^y &= B(h_t^c)^\gamma (e_t^c)^\delta (H_t^y)^{1-\gamma-\sigma} \end{aligned}$$

Lo cual es equivalente a:

$$\begin{aligned} \text{máx } U &= \ln C_{t+1}^y + \beta[\pi(h_t^c) \ln C_{t+2}^0 + \gamma \ln h_{t+1}^c + \sigma \ln e_{t+1}^c + \\ &\quad (1 - \gamma - \sigma) \ln H_{t+1}^y + \ln B] \\ \text{s.a.} \\ C_{t+1}^y + \frac{C_{t+2}^0}{1 + r_{t+1}} + e_{t+1}^c + h_{t+1}^c &= w_{t+1} \end{aligned}$$

Donde

$U$ : es la función de utilidad de un individuo nacido en el periodo  $t$ .

$C_{t+1}^y$ : es el consumo cuando joven de un individuo nacido en  $t$ .

$C_{t+2}^0$ : es el consumo cuando viejo de un individuo nacido en  $t$ .<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup>  $C_{t+1}^y$  y  $C_{t+2}^0$  pueden considerarse como canastas de consumo de bienes finales.

$\pi(h_t^c)$ : es la probabilidad de supervivencia al tercer periodo de un individuo nacido en  $t$ .

$h_{t+1}^c$ : es la inversión en salud que los padres en (jóvenes) hacen en sus hijos.

$e_{t+1}^c$ : es la inversión en educación que los padres en  $t + 1$  (jóvenes) hacen en sus hijos.

$H_{t+1}^y$ : es el capital humano de un joven en el periodo  $t + 1$ .

$\beta$ : es el factor de descuento intertemporal.

$B$ : es la productividad multifactorial en la producción de capital humano.

$\gamma, \sigma$ : son parámetros positivos.

El superíndice  $y$  establece que el individuo es joven, mientras que los superíndices  $c$  y  $o$  establecen que los individuos son niños o viejos, respectivamente. Por otra parte los subíndices determinan en cuál periodo del tiempo se encuentra el individuo.

En otras palabras, el problema del consumidor establece que una persona nacida en  $t$ , quien toma decisiones en  $t + 1$ , busca maximizar su función de utilidad, la cual depende de consumo presente  $C_{t+1}^y$ , consumo futuro  $C_{t+2}^y$ , acumulación de capital humano de los hijos  $H_{t+1}^y$ , un factor de descuento exógeno  $\beta$  y una probabilidad de supervivencia  $\pi(h_t^c)$ . La restricción a la que se enfrenta el consumidor establece que el único ingreso es el salario y los gastos se dividen en consumo (presente y futuro) e inversión en educación y salud de los hijos.

De las condiciones de primer orden y la restricción presupuestal se encuentra que:

$$e_{t+1}^c = \frac{\gamma}{\sigma} h_{t+1}^c \quad (1)$$

$$C_{t+1}^y = \frac{w_{t+1}}{1 + \beta(\gamma + \sigma + \pi(h_t^c))} \quad (2)$$

$$C_{t+2}^o = \frac{\beta\pi(h_t^c)(1 + r_{t+1})w_{t+1}}{1 + \beta(\gamma + \sigma + \pi(h_t^c))} \quad (3)$$

$$e_{t+1}^c = \frac{w_{t+1}}{1 + \beta(\gamma + \sigma + \pi(h_t^c))} \quad (4)$$

$$h_{t+1}^c = \frac{\sigma w_{t+1}}{1 + \beta(\gamma + \sigma + \pi(h_t^c))} \quad (5)$$

La ecuación (1) muestra la complementariedad que existe entre educación y salud; este resultado es directo de la forma funcional especificada para la acumulación de capital humano. De otra parte, las ecuaciones (2), (4) y (5) establecen una relación directa entre consumo presente, acumulación de capital humano y salario, lo cual es de esperarse, pues el consumo al igual que la educación y la salud se consideran como bienes normales; adicionalmente se encuentra una relación negativa entre estas variables y la probabilidad de supervivencia. Al observar la ecuación (2) puede entenderse de una mejor manera este resultado, pues existe una relación positiva entre consumo futuro y probabilidad de supervivencia; dado que la única forma de consumir más en el futuro es por medio del ahorro, al incrementar la longevidad de los individuos, los incentivos para ahorrar son más altos, por lo que la cantidad de recursos destinados al consumo presente y la acumulación de capital humano deben disminuir. De otra parte, sabiendo que la acumulación de capital físico es la única forma de pasar recursos de un periodo a otro, se tiene que:

$$K_{t+2} = S_{t+1} = w_{t+1} - C_{t+1}^y - e_{t+1}^c - h_{t+1}^c \quad (6)$$

Por lo que reemplazando (2), (4) y (5) en (6) se encuentra:

$$K_{t+2} = \frac{\beta\pi(h_t^c)w_{t+1}}{1 + \beta(\gamma + \sigma + \pi(h_t^c))} \quad (7)$$

Donde el capital en  $t + 2$  es una función creciente de la inversión en salud en  $t$ . Esta relación positiva es reflejo de la ecuación (3), pues la única forma de incrementar el consumo cuando viejos es pasando recursos al futuro a través de la inversión en capital físico. De esta forma incrementos en la probabilidad de supervivencia generados por la mayor inversión en salud se traducen en una mayor capital en el futuro. Como se observa en la ecuación (7) el capital en  $t + 2$  depende del salario en  $t + 1$ , es decir, de la productividad marginal del trabajo, de esta forma es necesario desarrollar el problema del productor con el fin de encontrar el precio de este factor.

## Problema del productor

El objetivo del productor de bienes finales es maximizar su beneficio sujeto a una restricción de tecnología recogida en la función de producción. Esto es<sup>20</sup>:

$$\begin{aligned} \max_{K_{t+1}, L_{t+1}} \Pi_{t+1} = \\ Y_{t+1} - r_{t+1}K_{t+1} - w_{t+1}L_{t+1} (1 - \gamma - \sigma) \ln H_{t+1}^y + \ln B \end{aligned}$$

*s.a.*

$$Y_{t+1} = AK_{t+1}^\alpha (H_{t+1}^y L_{t+1})^\rho$$

Donde

$\alpha + \rho < 1$ , es decir que la función tiene rendimientos a escala decrecientes<sup>21</sup>.

$Y_{t+1}$ : es la producción de bienes de consumo en el periodo  $t + 1$ .

$K_{t+1}$ : es el stock de capital físico en el periodo  $t + 1$ .

$L_{t+1}$ : es la mano de obra en  $t + 1$ .

El problema se plantea en  $t + 1$  pues se necesita el salario en ese periodo con el fin de determinar la dinámica del capital en el tiempo. Como se especificó anteriormente las variables de decisión de la firma son el capital físico y los trabajadores, por lo que debe escoger óptimamente estas cantidades. De esta forma las condiciones de primer orden de este problema son:

$$K_{t+1} : \alpha AK_{t+1}^{\alpha-1} (H_{t+1}^y L_{t+1})^\rho = r_{t+1} \quad (8)$$

$$L_{t+1} : (\rho) AK_{t+1}^\alpha (H_{t+1}^y)^{1-\rho} L_{t+1}^{-\rho} = w_{t+1} \quad (9)$$

(8) y (9) establecen que la productividad marginal de los factores es igual a su remuneración, además implican que la tasa de interés y el

<sup>20</sup> Se supone que la depreciación del capital es cero.

<sup>21</sup> Los rendimientos decrecientes a escala en la producción permiten la existencia de un estado estacionario con crecimiento nulo, pues para una cantidad finita de capital físico y trabajo, los beneficios de la firma son cero.

salario son funciones positivas del capital humano de los individuos, esto es, dependen directamente de la inversión en educación y salud. Este resultado sobre la productividad del trabajo es intuitivo, pues si los individuos tienen mayores habilidades, consecuencia de una mayor educación y un mejor estado de salud, la cantidad de producto que pueden generar dados unos recursos son mayores. De otra parte, si los trabajadores tienen un mayor capital humano pueden utilizar más eficientemente los recursos de capital, haciendo de éste un factor más productivo.

Normalizando la población a 1 (9) puede escribirse como:

$$L_{t+1} : (\rho)AK_{t+1}^\alpha (H_{t+1}^y)^\rho = w_{t+1} \quad (10)$$

De las ecuaciones (??) y (10) se encuentra la ecuación de transición del capital:

$$K_{t+2} = \frac{\beta\pi(h_t^c)}{1 + \beta(\gamma + \sigma + \pi(h_t^c))} \rho AK_{t+1}^\alpha (H_{t+1}^y)^\rho \quad (11)$$

Estableciendo una forma funcional para  $\pi(h_t^c)$  (11) se puede escribir como:

$$K_{t+2} = \frac{\beta \left( \frac{h_t^c + \pi_{\min}}{1 + h_t^c} \right)}{1 + \gamma + \sigma + \beta \left( \frac{h_t^c + \pi_{\min}}{1 + h_t^c} \right)} \rho AK_{t+1}^\alpha (H_{t+1}^y)^\rho \quad (12)$$

Esta ecuación muestra la relación positiva que existe entre acumulación de capital físico e inversión en salud, pues tanto el término que multiplica al salario en (7) como el salario son funciones crecientes en la inversión en salud; por lo que incrementos en el stock de salud de los individuos se reflejan en mayor capital físico de largo plazo y salarios más elevados, condiciones que garantizan un mayor bienestar para una economía. De presentarse un crecimiento sostenido en la inversión en salud una economía crecerá en el tiempo, de lo contrario, si los incentivos no son los suficientes para invertir en salud, se estancará en una trampa de pobreza. Dados los rendimientos marginales decrecientes en la producción y la forma funcional para la probabilidad, la acumulación de capital está acotada, pues la probabilidad toma un valor máximo de uno cuando la inversión en salud tiende a infinito.

### 3.1. Simulaciones

A continuación se mostrará el comportamiento de economías hipotéticas las cuales parten de condiciones iniciales distintas. El primer ejemplo establece una economía que parte con productividades multifactoriales en la producción de capital humano y bienes de consumo relativamente altos (ver Anexo 2, Tabla 3).

El Grupo de Gráficos 1 (ver Anexo 2) muestra las dinámicas de la producción de bienes finales y del salario, al igual que la tasa de crecimiento del producto y la dinámica de la probabilidad de supervivencia (expectativa de vida) para un país que parte con una tecnología multifactorial alta en la función de producción de capital humano. Este coeficiente se puede asociar con un alto número de profesores y médicos de calidad, al igual que con instituciones productivas (hospitales y escuelas) que permitan que la acumulación de capital humano sea una actividad eficiente.

Se evidencia que durante la transición al estado estacionario las tasas de crecimiento son positivas y para un periodo muy corto son crecientes. Este comportamiento va de la mano con la evidencia de la transición demográfica, pues se tiene que durante la etapa en que comienza a incrementarse la expectativa de vida el crecimiento económico es positivo y aumenta a tasa creciente, pero a partir de un punto cuando la expectativa de vida no aumenta significativamente, la tasa de crecimiento se desacelera hasta cuando alcanza un estado estacionario.

Es interesante observar que la expectativa de vida alcanza su máximo antes de que lo haga el producto de la economía, lo cual implica que un país puede seguir creciendo aún cuando la longevidad de sus habitantes no cambie en el tiempo. Este comportamiento es el que tienen algunos países en la actualidad, donde la expectativa de vida no ha variado significativamente durante los últimos años, y presentan un crecimiento económico moderado.

El segundo ejemplo establece una economía que parte con las mismas condiciones de la economía anterior, exceptuando la productividad multifactorial en la producción de capital humano, la cual en este caso es menor (ver Anexo 2, Tabla 4).

El Grupo de Gráficos 2 (Anexo 2) evidencia el comportamiento en el tiempo de una economía que parte con una productividad multifactorial baja en la función de producción de capital humano. Es importante observar cómo la tasa de crecimiento de la economía es negativa durante un periodo prolongado de tiempo, implicando una destrucción de capital físico y un estancamiento de la economía en el largo plazo. Esta dinámica es el claro ejemplo de una trampa de pobreza, en la que los incentivos para invertir en salud no son los suficientes conllevando así a una disminución en la expectativa de vida. Esta situación podría asociarse fácilmente con el caso de África Subsahariana donde la expectativa de vida ha disminuido durante los últimos años y el crecimiento de la economía no ha sido significativo.

De esta forma se encuentra que una economía que no es eficiente en el uso de recursos para la producción de capital humano muy difícilmente crecerá en el tiempo. La baja productividad en este sector es reflejo de muchos factores, entre éstos, la falta de instituciones eficientes que hagan de la acumulación de capital humano una actividad promotora del crecimiento económico. Este resultado se sustenta empíricamente, pues países donde la mayor parte de la población es analfabeta y no tienen un buen estado de salud, son poblaciones que en general carecen de centros médicos y escuelas, y en el caso de tenerlos, no son muy eficientes. Es importante considerar que las economías pobres no sólo tienen un sector de producción de capital humano menos eficiente, sino también son menos productivas en la generación de bienes finales. Considerando estos dos hechos, el país de bajo ingreso se estanca más rápidamente en una trampa de pobreza (ver Anexo 2, Tabla 5, Grupo de Gráficos 3).

Para salir de esta trampa de pobreza es interesante analizar qué choques exógenos pueden llevar a la economía a una senda de crecimiento en el corto y mediano plazo que se traduzca en un mayor producto de estado estacionario. Para esto, lo primero que se considera es un choque de productividad en la producción de capital humano, el cual puede entenderse como avances en medicina, adaptación de mejores tecnologías en el sector salud, políticas enfocadas a incrementar la tasa de alfabetización, básicamente, desarrollos técnicos y tecnológicos en los campos de la educación y la salud. El resultado de este choque se observa en el Anexo 2, Tabla 6, Grupo de Gráficos 4.

Se encuentra que un incremento exógeno en  $B$  saca a la economía de la trampa de pobreza y la lleva a un estado estacionario con una expectativa de vida más alta, una producción más elevada, al igual que salarios y capital humano mejores. De esta forma, la evidencia que recogen Bloom, Canning y Sevilla (2001) acerca de los incrementos en salubridad y prácticas sanitarias, al igual que desarrollos en la medicina, son recogidos por la productividad multifactorial en la función de producción de capital humano, mostrando cómo choques en ésta conllevan a incrementos en la expectativa de vida, mayores tasas de crecimiento y mayor bienestar en el largo plazo. De otra parte, cuando se considera un incremento exógeno y no permanente en el gasto en educación y salud que no tiene efectos sobre la productividad en el sector de producción de capital humano, se genera un crecimiento momentáneo, pero no lleva a que el país salga de la trampa de pobreza. La implicación de este resultado es interesante pues muestra que las políticas diseñadas al incremento del capital humano deben estar enfocadas al aumento en la productividad en este sector y no deben quedarse simplemente en un mayor gasto (ver Gráfico 8).

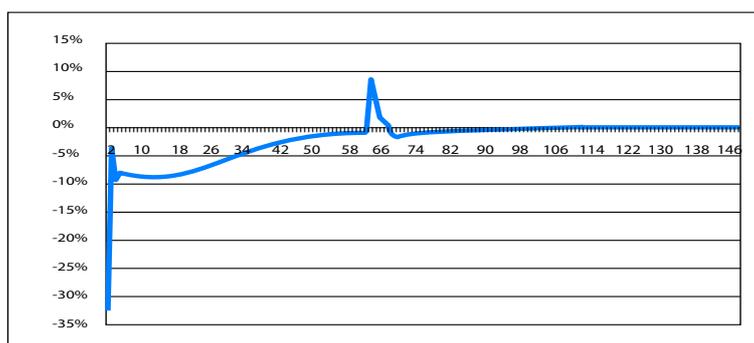


Gráfico 8. Tasa de crecimiento del producto – Aumento transitorio del gasto en educación y salud

Fuente: cálculos del autor.

### Cambio tecnológico sesgado

A continuación se considerará un choque sobre la función de producción de bienes finales, específicamente un cambio tecnológico sesgado que hace más intensivo el uso de capital humano en la economía. Esta teoría encuentra sus fundamentos en Kennedy (1964), Binswanger

(1974) y Drandakis y Phelps (1966), quienes establecen que un cambio tecnológico sesgado se da cuando la relación capital-trabajo de una economía cambia sin que el precio de los factores se altere. En una función del tipo Cobb-Douglas, este cambio tecnológico sesgado se da cuando cambian las participaciones de los insumos. Para el modelo planteado en este documento se considera un cambio en las participaciones del capital físico y el capital humano<sup>22</sup>.

Las tablas 7, 8, 9 al igual que el grupo de gráficos 5, 6 y 7 muestran un cambio tecnológico sesgado exógeno, para un país rico y un país pobre. Para el país rico y bajo ciertas condiciones en el país pobre<sup>23</sup>, se encuentra que un incremento en la participación del capital humano en la función de producción tiene efectos positivos sobre el crecimiento económico durante la transición, generando un aumento en el stock de capital de largo plazo, al igual que en los salarios de la economía. Es interesante observar el efecto en los dos países, lo primero que se encuentra es que tanto para el país rico como para el pobre un choque en la participación de los factores a favor del capital humano genera crecimiento, incrementa el stock de capital, los salarios y la expectativa de vida. El país rico termina con unos valores de estado estacionario mayores a los iniciales; para el caso del país pobre, el cual se encontraba inicialmente en una senda de crecimiento negativo, el cambio tecnológico sesgado lo lleva a una senda de crecimiento positivo durante la transición y a un estado estacionario con un mayor producto, un incremento en la expectativa de vida y mayores salarios de estado estacionario.

Las implicaciones de este resultado son interesantes dado que muestran que un cambio tecnológico sesgado puede favorecer el crecimiento económico de un país, siempre y cuando el mismo tenga cierta cantidad de capital humano; de no darse esto, el cambio en la intensidad de factores aceleraría el estancamiento de la economía en una pobreza<sup>24</sup>.

---

<sup>22</sup> Es necesario aclarar que el cambio tecnológico que se considera en este apartado es exógeno.

<sup>23</sup> Para que el país pobre encuentre una senda de crecimiento el choque debe darse antes de llegar a la trampa de pobreza, es decir cuando se tiene cierta cantidad de capital humano; por el contrario, si el choque se da, una vez el país está en la trampa de pobreza, volverlo intensivo en un factor que no es abundante, lo que hace es perjudicar a la economía.

<sup>24</sup> Este último resultado se da porque se está obligando a un país a que utilice intensivamente un factor que es escaso y poco productivo.

## 4. Conclusiones

Este trabajo desarrolla un modelo de generaciones traslapadas con expectativa de vida endógena y acumulación de capital humano mediante la inversión en educación y en salud. Son varias las particularidades que recoge el modelo. Primero, establece una relación directa entre la inversión en salud, expectativa de vida y acumulación de capital físico, conllevando a que los incrementos en la longevidad de los individuos se traduzcan en un mayor capital físico de largo plazo y un crecimiento durante la transición. Segundo, encuentra una relación no monótona entre expectativa de vida y crecimiento económico recogiendo parte de la evidencia empírica sobre este tema. Tercero, incrementos en la productividad multifactorial del capital humano asociados con mejoras técnicas y tecnológicas en educación y salud conllevan a un mayor capital físico y humano de largo plazo y permiten que una economía salga de una trampa de pobreza; de esta forma se resalta la importancia del desarrollo en los campos de la salud y la educación para que un país crezca y tenga un mayor bienestar en el largo plazo. Además considera que cambios tecnológicos sesgados en la producción de bienes finales, que hacen más intensivo el uso de capital humano, generan un mayor crecimiento durante la transición y un estado estacionario con un mayor stock de capital físico, al igual que mayores salarios y expectativa de vida; de esta forma, políticas diseñadas al uso intensivo de capital humano conllevan a un mayor bienestar en el largo plazo.

Las implicaciones de este trabajo para el diseño de políticas públicas se resumen en la importancia de la inversión en salud y en educación en una economía. Estas políticas deberían fundamentarse en hacer de la acumulación de capital humano una actividad más productiva y eficiente, por intermedio del desarrollo y la adopción de nuevas técnicas y tecnologías. Para el caso de la salud, el uso de nuevos equipos incrementa la productividad de las personas que se dedican a esta labor, y el número de médicos especialistas puede incrementar su productividad. Por el lado de la educación, la productividad es asociada con un estudio de calidad, el cual se puede lograr apoyando el incremento en el número de profesores con doctorado y las actividades investigativas, y la forma en que éstas se trasladan a los salones de clase. Así, son diversas las vías en que la política pública se puede enfocar al incremento en el stock de capital humano de una

economía, lo importante es que los recursos que se dediquen a esta labor sean utilizados de manera eficiente.

Es interesante considerar ciertas extensiones del modelo planteado en este trabajo. Uno de los supuestos es que los individuos no invierten en su propio capital humano, lo cual no es del todo cierto y podría arrojar unos resultados interesantes. De otra parte, es importante considerar la inversión pública en salud y en educación, pues en este modelo sólo se considera la inversión privada en capital humano.

## Anexo 1

### Descripción de los principales modelos.

Modelo				
Autores	Año	Estructura	Características	Conclusiones
Zhang, Zhang y Lee	2003	OLG de tres periodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Probabilidad de supervivencia, al tercer periodo, exógena.</li> <li>- Educación financiada con impuestos.</li> <li>- Herencias ocasionales.</li> <li>- Producción (habitual)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relación no monótona entre salud y crecimiento económico.</li> <li>- Las herencias ocasionales condicionan las conductas de ahorro</li> </ul>
Tabata	2005	OLG de tres periodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Probabilidad de supervivencia, al tercer periodo, exógena</li> <li>- Probabilidad de estar enfermo en el tercer periodo.</li> <li>- Inversión en salud: hijos, padres y propia.</li> <li>- Producción (habitual)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relación no monótona entre salud y crecimiento.</li> </ul>
Ehrlich Isaac y Lui Francis	1991	OLG de tres periodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Probabilidad de supervivencia, al tercer periodo, exógena.</li> <li>- Producción exógena</li> <li>- Padres invierten en capital humano de sus hijos.</li> <li>- Jóvenes retribuyen a sus padres cuando éstos están viejos.</li> <li>- Fertilidad endógena.</li> <li>- Producción exógena. Única forma de trasladar recursos a futuro es la inversión en capital humano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La inversión en capital humano permite tener un crecimiento sostenido de largo plazo.</li> <li>- Modelo consistente con transición demográfica.</li> </ul>
Aisa y Pueyo	2005	Horizonte finito	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Función de producción AK.</li> <li>- Gasto público en salud.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El incremento en el gasto del gobierno tiene efectos positivos y negativos sobre el crecimiento económico.</li> </ul>

Modelo				
Autores	Año	Estructura	Características	Conclusiones
Li, Zhang y Zhang	2006	OLG de tres periodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Probabilidad de supervivencia, al tercer periodo, endógena.</li> <li>- Jóvenes: ahorradores netos.</li> <li>- Viejos: desahorradores netos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El efecto sobre el crecimiento económico depende de la tasa de ahorro agregada de la economía</li> </ul>
Chakraborty	2004	OLG de dos periodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Probabilidad de supervivencia endógena.</li> <li>- Inversión pública y privada.</li> <li>- Inversión en educación (propia).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relación positiva entre salud y crecimiento.</li> <li>- Relación positiva entre salud y acumulación de capital humano.</li> <li>- Existencia de trampas de pobreza</li> </ul>
Finlay	2006	OLG de dos periodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Probabilidad de supervivencia, al tercer periodo, endógena.</li> <li>- Inversión en educación (propia).</li> <li>- Fertilidad exógena.</li> <li>- Aversión al riesgo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Crecimiento económico inducido por la acumulación de capital humano.</li> <li>- Relación positiva entre inversión en salud y estudio.</li> <li>- La inversión en salud es mayor para individuos más aversos.</li> <li>- Individuos menos aversos destinan más recursos a la educación.</li> </ul>
Cipriani y Markris	2006	OLG de tres periodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Probabilidad de supervivencia, al tercer periodo, endógena.</li> <li>- Inversión en capital humano (propia).</li> <li>- Los agentes trabajan durante los dos primeros periodos.</li> <li>- Estado y sistema de seguridad social.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumentos en la expectativa de vida incrementan el crecimiento económico y la inversión en capital humano.</li> </ul>
Blackburn y Cipriani	2002	OLG de tres periodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Probabilidad de supervivencia, al tercer periodo, endógena.</li> <li>- Fertilidad endógena.</li> <li>- Cuidado de los hijos, salud.</li> <li>- Inversión en capital humano (propia).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incrementos en la expectativa de vida incentivan la acumulación de capital y reducen la tasa de fertilidad. Impulsan el crecimiento económico.</li> <li>- Existencia de trampas de pobreza.</li> </ul>

## Anexo 2

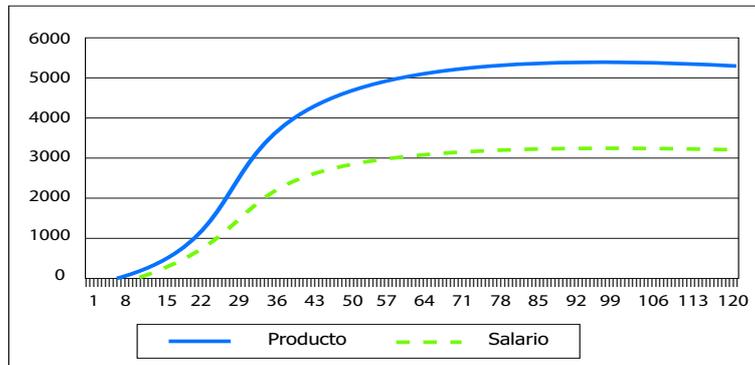
### Simulaciones

#### País rico.

Tabla 3. Condiciones iniciales

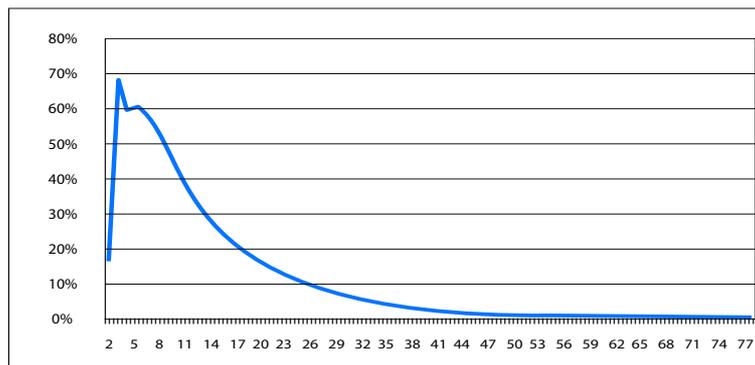
$\alpha$	$\rho$	$\beta$	$\gamma$	$\sigma$	$1 - \gamma - \sigma$	$A$	$B$	$\pi_{\min}$	$h_0^y$	$K_1$	$H_0^y$
0,3	0,6	0,3	0,4	0,4	0,2	4	5	0,1	0,1	1	0,1

Grupo de Gráficos 1  
Dinámica del producto y el salario en el tiempo



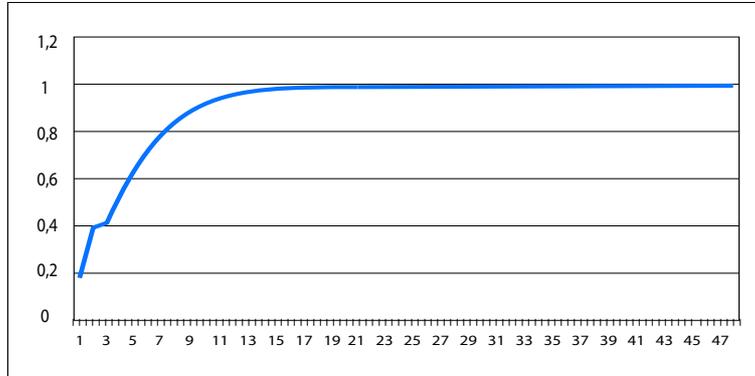
Fuente: cálculos del autor.

Tasa de crecimiento del producto en el tiempo Colombia



Fuente: cálculos del autor.

Dinámica de la probabilidad de supervivencia en el tiempo



Fuente: cálculos del autor.

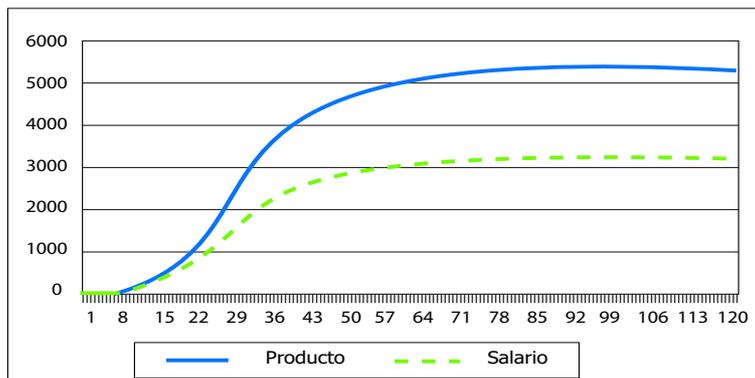
País pobre - Menos productivo en el sector de capital humano

Tabla 4. Condiciones iniciales

$\alpha$	$\rho$	$\beta$	$\gamma$	$\sigma$	$1 - \gamma - \sigma$	$A$	$B$	$\pi_{\text{mín}}$	$h_0^y$	$K_1$	$H_0^y$
0,3	0,6	0,3	0,4	0,4	0,2	4	2	0,1	0,1	1	0,1

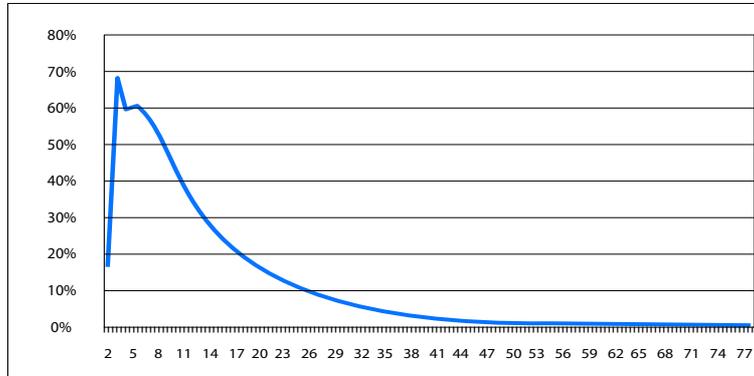
Grupo de Gráficos 2

Dinámica del producto y el salario en el tiempo



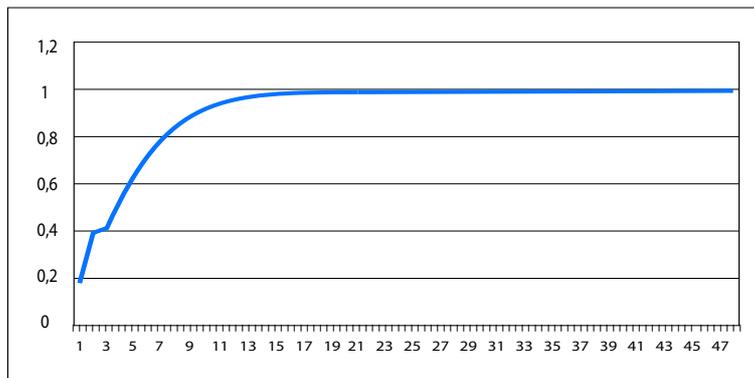
Fuente: cálculos del autor.

Tasa de crecimiento del producto en el tiempo Colombia



Fuente: cálculos del autor.

Dinámica de la probabilidad de supervivencia en el tiempo



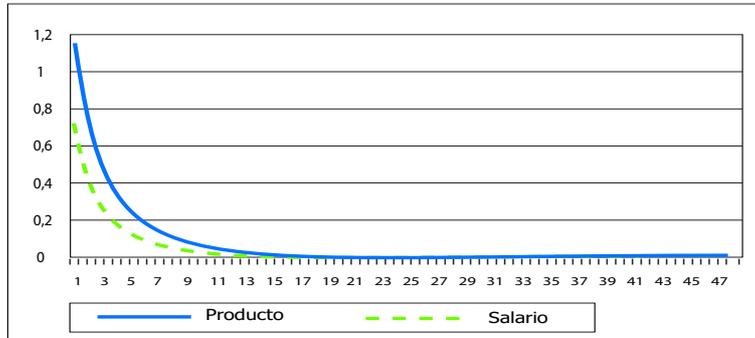
Fuente: cálculos del autor.

País pobre - Menos productivo en el sector de Capital Humano y en la producción de bienes finales

Tabla 5. Condiciones iniciales

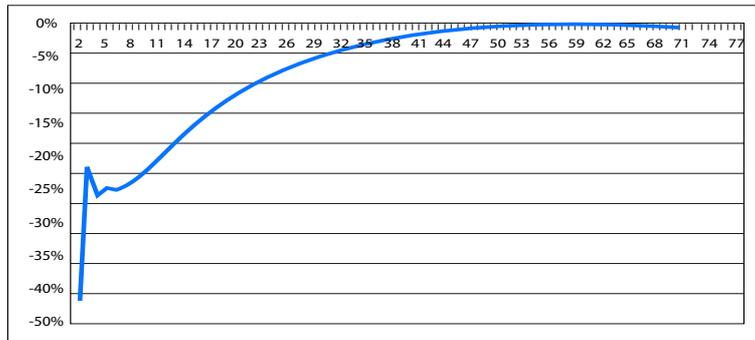
$\alpha$	$\rho$	$\beta$	$\gamma$	$\sigma$	$1 - \gamma - \sigma$	$A$	$B$	$\pi_{\text{mín}}$	$h_0^y$	$K_1$	$H_0^y$
0,3	0,6	0,3	0,4	0,4	0,2	3	2	0,1	0,1	1	0,1

Grupo de Gráficos 3  
Dinámica del producto y el salario en el tiempo

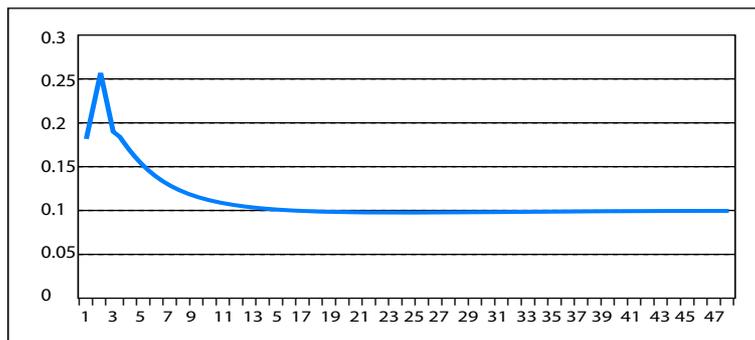


Fuente: cálculos del autor. Fuente: cálculos del autor.

Tasa de crecimiento del producto en el tiempo Colombia



Dinámica de la probabilidad de supervivencia en el tiempo



Fuente: cálculos del autor.

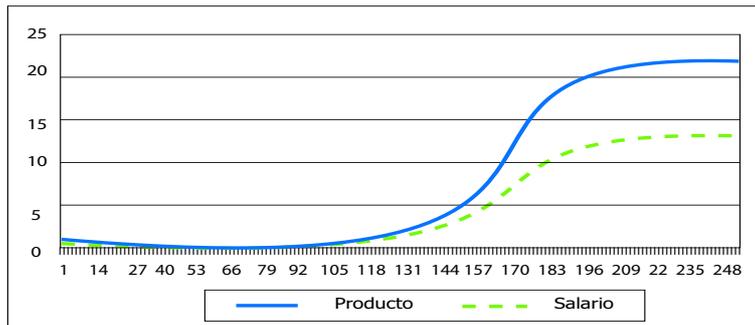
País pobre - Choque en la productividad multifactorial en el sector de capital humano

Tabla 6. Condiciones iniciales

$\alpha$	$\rho$	$\beta$	$\gamma$	$\sigma$	$1 - \gamma - \sigma$	$A$	$B$	$\pi_{\min}$	$h_0^y$	$K_1$	$H_0^y$
0,3	0,6	0,3	0,4	0,4	0,2	3	2	0,1	0,1	1	0,1

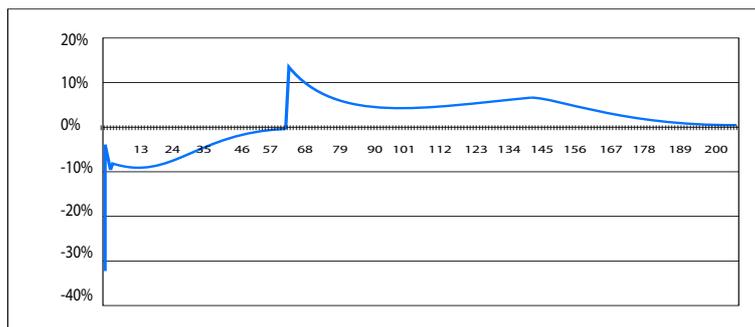
2,5

Grupo de Gráficos 4  
Dinámica del producto y el salario en el tiempo



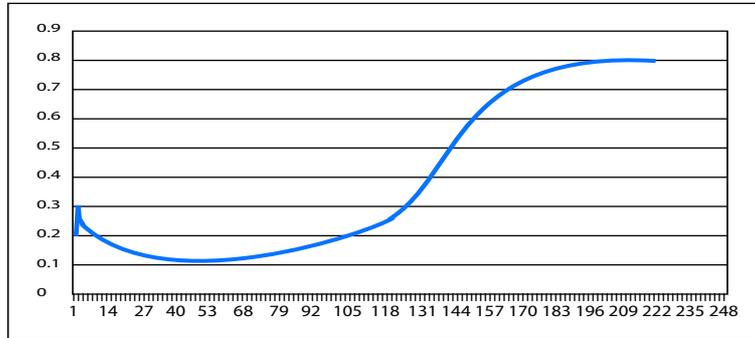
Fuente: cálculos del autor.

Tasa de crecimiento del producto en el tiempo Colombia



Fuente: cálculos del autor.

Dinámica de la probabilidad de supervivencia en el tiempo



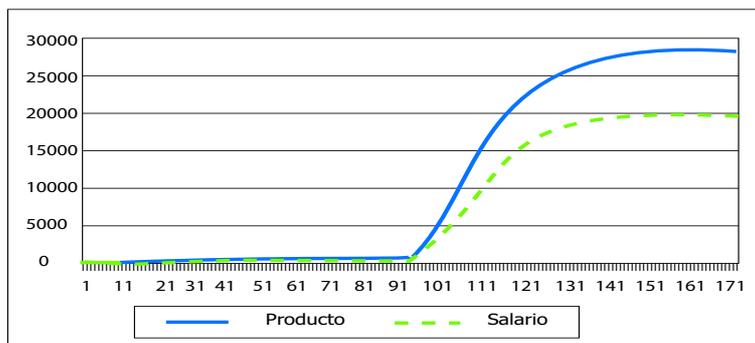
Fuente: cálculos del autor.

País rico - Cambio tecnológico sesgado

Tabla 7. Condiciones iniciales - País rico

$\alpha$	$\rho$	$\beta$	$\gamma$	$\sigma$	$1 - \gamma - \sigma$	$A$	$B$	$\pi_{\min}$	$h_0^y$	$K_1$	$H_0^y$
0,3	0,6	0,3	0,4	0,4	0,2	4	4	0,1	0,1	1	0,1
0,2	0,7										

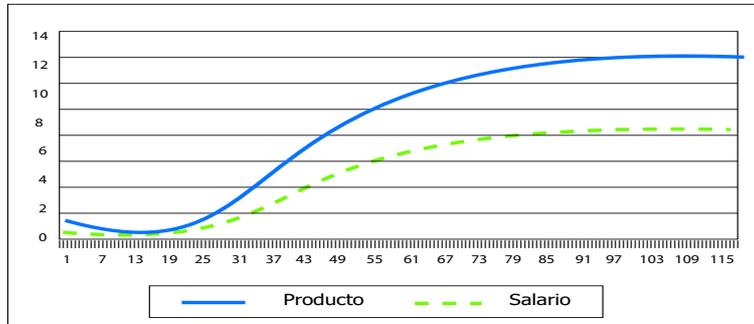
Grupo de Gráficos 5  
Dinámica del producto y el salario en el tiempo



Fuente: cálculos del autor.

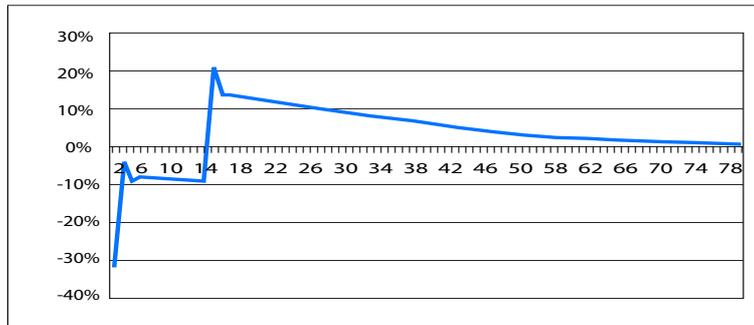


Grupo de Gráficos 6  
Dinámica del producto y el salario en el tiempo



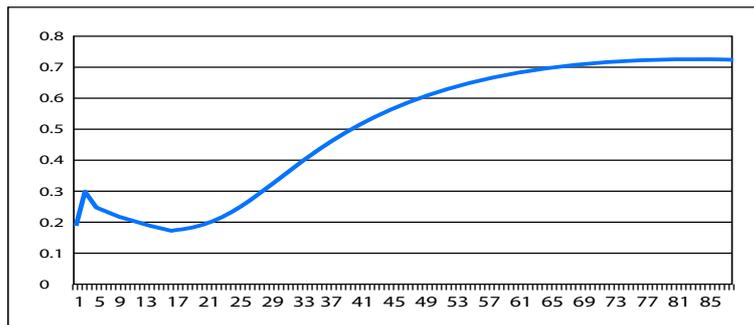
Fuente: cálculos del autor.

Tasa de crecimiento del producto en el tiempo Colombia



Fuente: cálculos del autor.

Dinámica de la probabilidad de supervivencia en el tiempo



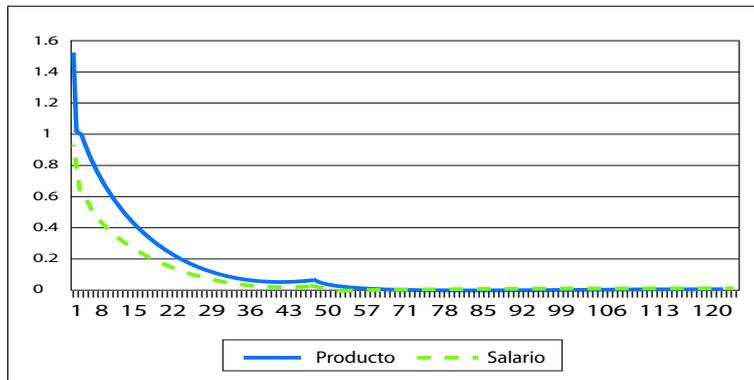
Fuente: cálculos del autor.

País pobre - Cambio tecnológico sesgado (crecimiento negativo)

Tabla 9. Condiciones iniciales - País pobre

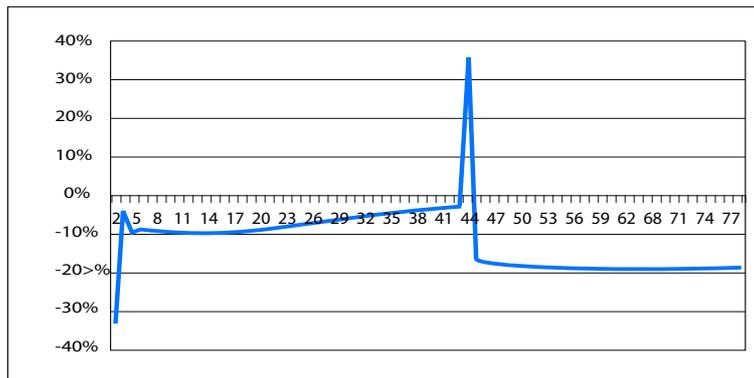
$\alpha$	$\rho$	$\beta$	$\gamma$	$\sigma$	$1 - \gamma - \sigma$	$A$	$B$	$\pi_{\text{mín}}$	$h_0^y$	$K_1$	$H_0^y$
0,3	0,6	0,3	0,4	0,4	0,2	4	2	0,1	0,1	1	0,1
0,2	0,7										

Grupo de Gráficos 7  
Dinámica del producto y el salario en el tiempo



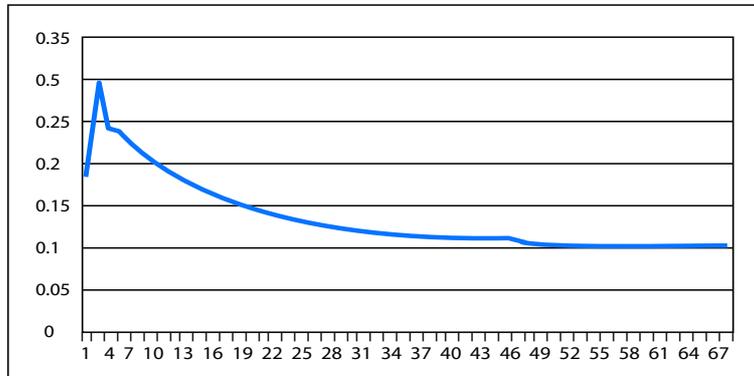
Fuente: cálculos del autor.

Tasa de crecimiento del producto en el tiempo Colombia



Fuente: cálculos del autor.

## Dinámica de la probabilidad de supervivencia en el tiempo



Fuente: cálculos del autor.

## Referencias

- Arora, S. (2001), 'Health, human productivity, and long-term economic growth', *The Journal of Economic History* **61**(3), 699–799.
- Aísa R., F. P. (2005), 'Government health spending and growth in a model of endogenous longevity', *Economics Letters* **90**, 249–253.
- Barro R., S.-i.-M. (1995), *Economic Growth*, McGraw-Hill, New York.
- BennettÑ., S. O. (1996), 'Forecasting us age structure and the future of social security: The impact of adjustments to official mortality schedules', *Population and Development Review* **22**(4), 703–727.
- Bhargava A., D. Jamison L. Lau, C. M. (2001), 'Modeling the effects of health on economic growth', *GPE Discussion Paper Series. World Health Organization* **33**.
- Blackburn K., G. C. (2002), 'A model of longevity, fertility and growth', *Journal of Economics Dynamics & Control* .
- Bloom, D. (2000), The health and wealth of nations, in '7th Canadian Conference on International Health', Hull, Quebec.
- Bloom D., D. C. (2000), 'The health and wealth of nations', *Science* **287**, 1207–1209.
- Bloom D., D. C. (2005), Schooling, health and economic growth: Reconciling the micro and macro evidence, Technical report, Harvard School of Public Health.
- Bloom D., D. Canning, D. J. (2004), 'Health, wealth, and welfare', *Finance and Development* pp. 10–15.
- Bloom D., D. Canning, J. S. (2001a), 'Economic growth and the demographic transition', *National Bureau of Economic Research* (8685). Working Paper.
- Bloom D., D. Canning, J. S. (2001b), 'The effect of health on economic growth: Theory and evidence', *National Bureau of Economic Research* (8587). Working Paper.
- Chakraborty, S. (2004), 'Endogenous lifetime and economic growth', *Journal of Economic Theory* (8587).

- Cipriani G., M. M. (2006), 'Indeterminacy, intergenerational redistribution, endogenous longevity and human capital accumulation', *Journal of Economic Dynamics & Control* **31**, 613–633.
- De la Croix D., O. L. (1999), 'Life expectancy and endogenous growth', *Economics Letters* **65**, 255–263.
- Ehrlich I., F. L. (1991), 'Intergenerational trade, longevity and economic growth', *The Journal of Political Economy* **99**(85875), 1029–1059.
- Finlay, J. (2006), Endogenous and economic growth, Technical report, School of Economics. Australian National University.
- Flórez, C. (2000a), Las transformaciones sociodemográficas en Colombia durante el siglo xx, Technical Report 1, Banco de la República.
- Flórez, C. (2000b), *Las transformaciones sociodemográficas en Colombia durante el siglo XX*, Banco de la República, chapter 1, pp. 1–6.
- Fogel, R. (1994), 'Economic growth, population theory and physiology: The bearing of long-term processes on the making of economic policy', *American Economic Review* **84**(369-395).
- Grossman, M. (1972), 'On the concept of health capital and the demand for health', *The Journal of Political Economy* **80**(2), 223–255.
- Heredia R., Ramírez M., B. K. J. A. (1975), Modelo seres. sistema para el estudio de las relaciones económicas - sociales y demográficas, Documento Técnico 5 1, Corporación Centro Regional de Población, Área Socio-Económica.
- Howitt, P. (n.d.), Health, human capital and economic growth: A schumpeterian perspective. Brown University.
- i Martín, X. S. (2005), 'On the health poverty trap', *Health and Economic Growth: Findings and Policy Implications* .
- Kalemli-Ozcan, S. (2002), 'Does the mortality decline promote economic growth?', *Journal of Economic Growth* **7**(4), 411–439.

- Kennedy, C. (1964), 'Induced bias in innovation and the theory of distribution', *The Economic Journal* **74**(265), 541–547.
- Kingsley, D. (1945), 'The world demographic transition', *Annals of the American Academy of Political and Social Science* **237**, 1–11.
- Knowles S., D. O. (1995), 'Health capital and cross-country variation in income per capita in the mankiw - romer weil model', *Economics Letters* **48**, 99–106.
- Krupnick A., A. Alberini., M. C. N. S. B. O. R. G. M. H. (2002), 'Age, health and the willingness to pay for mortality risk reductions: A contingent valuation survey of ontario residents', *The Journal of Risk and Uncertainty* **24**(2), 161–186.
- Li H., J. Zhang, J. Z. (2006), 'Effects of longevity and dependency rates on saving and growth: Evidence from a panel of cross countries', *Journal of Development Economics* **84**, 138–154.
- Lindh T., B. M. (2000), 'Age structure effects and growth in the oecd, 1950-90', *Journal of Development Economics Journal of Population Economics* **12**(3).
- Malmberg B., L. S. (2000), 'The hidden pulse of history. age transition and economic change in sweden, 1820 - 2000', *Scandinavian Journal of History* pp. 1–2.
- MankiwÑ., Romer D., D. W. (1992), 'A contribution to the empirics of economic growth', *The Quarterly Journal of Economic* **107**(2), 407–437.
- McDonald S., J. R. (2002), 'Growth and multiple forms of human capital in an augmented solow model: A panel data investigation', *Economics Letters* **74**(2), 271–276.
- Morand, O. (2005), 'Economic growth, health, and longevity in the very long term: Facts and mechanisms', *Health and Economic Growth: Findings and Policy Implications* **74**(2).
- Notestein, F. (1945), Population: the long view, Technical report, Shultz. Chicago: Chicago Univerty Press.
- Omran, A. (1971a), 'The epidemiologic transition', *International Encyclopedia of Population* **1**.

- Omran, A. (1971b), 'The epidemiologic transition', *Milbank Memorial Fund Quarterly* **49**(1), 509–538.
- Omran, A. (1982), 'Epidemiologic transition', *International Encyclopedia of Population* **1**.
- Smith A. D., K. S. (1981), 'Social security retirement age: Alternatives and cost comparisons', *The Journal of Risk and Insurance* **48**(4), 694–699.
- Smith, J. P. (1999), 'Healthy bodies and thick wallets: The dual relation between health and economic status', *Journal of Economic Perspectives* **13**(2), 145–166.
- Solow, R. (1956), 'A contribution to the theory of economic growth', *The Quarterly Journal of Economics* **70**(1), 65–94.
- Strauss J., D. T. (1998), 'Health, nutrition, and economic development', *Journal of Economic Literature* **36**(2), 766–817.
- Swan, T. W. (1956), 'Economic growth and capital accumulation', *Economic Record* **32**, 334–361.
- Tabata, K. (2005), 'Population aging, the costs of health care for elderly and growth', *Journal of Macroeconomics* **27**, 472–493.
- Weil, D. (2002a), Accounting for the effects of health on economic growth. Brown University.
- Weil, D. (2002b), How much of cross-country income variation is explained by health? Brown University.
- Zhang J., J. Zhang, L. R. (2003), 'Rising longevity, education, savings, and growth', *Journal of Development Economics* **70**, 83–101.