



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

**División de Ciencias Sociales y
Económico Administrativa**

**LAS EXTERNALIDADES DEL CAPITAL HUMANO
EN EL CRECIMIENTO ECONÓMICO:
UN MODELO PARA MÉXICO**

TESIS RECEPCIONAL

**Para obtener por el Grado de
Licenciado en Economía y Finanzas**

PRESENTA

Luis Alberto Euán Itzá

**DIRECTOR DE TESIS
M.C. René Leticia Lozano Cortés**

Chetumal Quintana Roo. Junio de 2006

Ø49851




UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité de asesoría y aprobado como requisito parcial, para obtener el grado de:

Licenciado en Economía y Finanzas

COMITÉ:

DIRECTOR:


M.C. RENÉ LETICIA LOZANO CORTÉS

ASESOR:


M.C. LUIS FERNANDO CABRERA CASTELLANOS

ASESOR:


DR. FRED WALLACE



Chetumal Quintana Roo. Junio de 2006

A Doña Carmela y Don Tuchi

*Por estar siempre a mi lado, y
creer en todo momento que me verían convertido
en lo que hoy soy.*



*Sólo se ve bien con el corazón.
Lo esencial es invisible a los ojos.*

TDM

Antoine de Saint-Exupéry

Quiero dar *GRACIAS*

A Dios por darme el don de la vida y hacer de mi todo lo que soy. Gracias señor por guiar siempre mi vida.

A mi mamá, Carmen Itzá, por ser un pilar en mi vida. Por estar a mi lado todos estos años y ser mi fuente de inspiración.

A mi papá, Manuel Euán, por haber estado tan cerca de mí en los años más importantes de mi vida. Gracias por la niñez tan maravillosa que me regalaste.

A ambos por darme la vida, por creer en mí, por compartir mis logros y fracasos. Por enseñarme a trabajar por lo que quiero, y sobre todo por creer que lo lograría.

A mis hermanos, Manuel e Itzel, por su amor y comprensión. Gracias gorda por quererme tanto, gracias Oye por estar siempre presente.

A mi prima nena, por estar a mi lado cuando más lo fue necesitado. Por ser parte de mi vida y quererme a pesar de todo.

A toda mi familia, abuelitas, tías, tíos, primos y primas. Por confiar en mí. Por quererme tanto y demostrármelo en todo momento. Gracias Puy, Mary, Marthita, Irma, Sandra, Mami, Padrino, Juan Carlos, y Javier.

A la Mtra René Lozano, por su amistad, por todo el tiempo dedicado a este trabajo, por compartir su experiencia conmigo y por las largas charlas que tuvimos.

A mis asesores Fernando Cabrera y Fred Wallace por sus importantes comentarios para hacer de este un trabajo de calidad.

A mis maestros por todas sus enseñanzas y por hacer que en momentos pareciera difícil llegar al final. En especial a la Mtra Crucita Ken por brindarme su amistad y consejos durante toda mi formación profesional.

A mis maestros de idiomas porque sus enseñanzas complementaron mi formación y me abren las puertas del mundo. Gracias, David, Maricruz y Ana Bertha.

A mis compañeras de trabajo, Lourdes Arias, Leydi Schultz, Karla Chú y Esther Mex, por aguantar mis exigencias, por todo lo que compartimos y por las largas jornadas de trabajo. Gracias tete por todas las largas pláticas, por brindarme tu amistad y apoyo incondicional.

A mi amiga María José Medina, por los comentarios a este trabajo, por tus sabios consejos, por creer en mí, por regalarme lo mejor que tienes: tú misma. Gracias por ser omnipresente.

A mi amiga Pamelita Whitney, por todas las clases de French, por tu alegría y tu amistad incondicional.

A la Universidad de Quintana Roo, por todo lo que me ha dado, en especial a la Lic. Graciela Che, por brindarme la oportunidad de ampliar mis horizontes

A todos los que de una u otra forma han hecho de mí lo que soy. Gracias también a los que no creen en mí, porque ustedes me impulsan a ser mejor.

A ti que eres mi vida. Por ser mi fuente de inspiración, por compartir tus sueños conmigo. Gracias por regalarme el color del trigo.

Contenido

Introducción.....	2
Planteamiento del problema	4
Hipótesis	5
Capítulo 1: Revisión teórica de las escuelas del crecimiento económico	6
1.1 La escuela neoclásica: El modelo Solow-Swan	8
1.2 La escuela del crecimiento endógeno: El modelo simple AK	13
1.3 Diferencias entre las escuelas de crecimiento	15
1.4 El conflicto entre las dos escuelas	17
Capítulo 2: El crecimiento endógeno de la economía.....	20
2.1 El modelo de Romer (1986)	21
2.2 El modelo de Lucas (1988)	23
2.3 El modelo de Romer (1989-1990)	31
Capítulo 3: Las externalidades del capital humano en el crecimiento económico.....	41
3.1 Implicaciones teóricas del modelo de Romer	46
3.2 Un modelo de externalidades del capital humano para México	49
Conclusiones.....	56
Fuentes.....	59

Introducción

La literatura del crecimiento económico ha tenido un auge en los últimos años. Después la aparición del modelo Solow-Swan (1956), el cual supone que el crecimiento es explicado por las variaciones en la tecnología, que a su vez es exógena al modelo. Durante tres décadas la teoría del crecimiento se limitó, principalmente, a hacer distintas variaciones a dicho modelo para tratar de entender mejor el fenómeno.

En 1986, Paul Romer publica un documento denominado "*Increasing Returns and Long-run Growth*". Dicho modelo (a diferencia del Solow-Swan) supone la importancia de los stocks capital humano como un factor endógeno. Y concluye que es a través de sus externalidades como ejerce un efecto en las tasas de crecimiento de los países del mundo.

Robert Lucas (1988), (de manera similar a Romer) plantea la existencia de externalidades a partir de la acumulación de capital humano, las cuales refuerzan la productividad del capital físico y hacen crecer la economía en forma sostenida.

El mismo Romer (1989,1990) amplía sus aportaciones a la teoría del crecimiento. Reconoce que un modelo con externalidades no alcanza un equilibrio competitivo, sino que es a través de un equilibrio imperfecto (de monopolio) como la economía debe operar. Y que cualquier intervención del gobierno resultaría ineficiente.

La evidencia empírica del efecto de las externalidades en el crecimiento económico es amplia, sin embargo, sus conclusiones no son definitivas. Algunos economistas han presentado resultados favorables para la teoría económica (Barro, (1999,2001), De la Fuente y Domenech (2000) y Romer (1989)), y otros simplemente concluyen que la importancia de las externalidades es no significativa o le atribuyen poca importancia (Benhabib y Spiegel (1994) y Bils y Klenow (2000)).

Actualmente se ha comprobado, que la no significancia de las externalidades en los modelos empíricos puede atender a diversas razones. Las más simples se refieren a la correlación con otras variables incluidas en los modelos, o bien a los errores de medición en las variables *proxies* utilizadas para cuantificar las externalidades. Por otro lado, Romer (1989) y Neira y Guisan (2002) presentan evidencia de que las externalidades del capital humano ejercen un efecto indirecto sobre el crecimiento de la economía.

En el presente estudio se estima un modelo del tipo Romer (1989) para medir el efecto de las externalidades del capital humano en el crecimiento económico en México para el periodo 1980-2002. Los resultados obtenidos se consideran importantes ya que no se cuenta hasta el momento con evidencia de este tipo para el caso mexicano.

El primer capítulo hace una revisión de los supuestos más importantes de las dos escuelas del crecimiento económico. Primero plantea el desarrollo del modelo Solow-Swan junto con los problemas que este presenta. Seguidamente se desarrolla el modelo de crecimiento endógeno simple de tecnología *AK* de Rebelo (1991). Para concluir el capítulo se señalan las diferencias entre ambas escuelas del crecimiento y se ubica al lector en la discusión actual.

El segundo capítulo se dedica a ampliar la teoría de la escuela del crecimiento endógeno. Se exponen detalladamente los modelos de Lucas y Romer. En el caso de Romer se plantea primero de manera breve su modelo original de 1986 en el que sugiere la existencia de un modelo de equilibrio competitivo. Después desarrolla completamente su modelo de 1989-1990, que es la base de la presente investigación.

El tercer capítulo inicia con la exposición de los principales trabajos empíricos concernientes al efecto de las externalidades del capital humano en el crecimiento económico. Además se presentan las implicaciones teóricas del modelo de Romer, así como los trabajos de algunos economistas que presentan evidencia de lo acertado que es este modelo.

En el último apartado del capítulo se hace una breve descripción de los datos utilizados, así como de la variable *proxy* para medir el capital humano. Posteriormente se realizan las estimaciones econométricas para el caso de México y se exponen los problemas que se encontraron durante su realización. Por último se explican los resultados de manera sencilla con la finalidad de no distraer la atención del lector de este apartado, que es sin duda el punto central de esta investigación.

Las conclusiones y recomendaciones para la realización de futuros trabajos relacionados con el tema son realizadas al final del documento.

Planteamiento del Problema

Para determinar por qué existen países pobres y países ricos es necesario entender la naturaleza del crecimiento económico así como algunos de sus determinantes. En la actualidad se distinguen dos formas de estudiar el crecimiento económico. Los modelos de crecimiento neoclásicos, que suponen rendimientos constantes a escala y progreso técnico exógeno y los modelos que introducen rendimientos crecientes a escala y endogenizan el progreso tecnológico. Estos últimos son conocidos como la nueva escuela del crecimiento o la escuela del crecimiento endógeno.

En México se han realizado diversas investigaciones empíricas basadas en la teoría neoclásica, destaca el estudio realizado por Díaz (1999) en el cual se obtiene una aproximación de la hipótesis de convergencia en capital humano para los 31 estados de la república y el Distrito Federal. Cabrera (2001) quien además de comprobar la hipótesis de convergencia, introduce variables de capital humano como un factor más de la función de producción. Por último Barceinas y Raymond, (2003), encontraron que para el año de 1998, los rendimientos privados y sociales de la educación resultaban positivos (rendimientos privados marginales en promedio 16.5% y rendimientos marginales sociales en promedio de 12.72%) en todos los niveles de educación.

Pareciera que no existe hasta al momento, en México, ningún trabajo publicado que intente explicar la dinámica del crecimiento económico a través de un modelo de crecimiento endógeno y menos haciendo énfasis en las externalidades del capital humano.

Hipótesis

En este trabajo de investigación se pretende comprobar la siguiente hipótesis:

“Las externalidades generadas por el capital humano tienen efectos positivos en el crecimiento económico en México. Dicho efecto se presenta de manera indirecta. Es decir, la inversión recoge el efecto de las externalidades. Y ésta, a su vez, tiene una relación directa y positiva con el crecimiento del producto.”

Capítulo 1. Revisión Teórica de las Escuelas del Crecimiento Económico

En el mundo podemos encontrar países ricos y países pobres. Además los primeros están creciendo, en general, a tasas más aceleradas que los segundos. Sin embargo, no es necesario que las diferencias entre las tasas de crecimiento sean muy grandes. De acuerdo con Sala-i-Martin (2000), pequeñas diferencias entre las tasas de crecimiento, sostenidas durante largos periodos de tiempo, generan enormes diferencias en los niveles de renta per cápita.

Charles I. Jones (2000) realizó un estudio con 17 países del mundo clasificándolos en cuatro grupos: países "ricos", países "pobres", "milagros de crecimiento" y "desastres de crecimiento". Utilizando las tasas de crecimiento promedio para el periodo 1960-1990 encuentra que, por ejemplo, Estados Unidos con una tasa de crecimiento de 1.4% tardará 54 años en duplicar su ingreso per cápita, mientras que Zimbabwe tardará 281 años, si continua creciendo al 0.2% como lo ha hecho en las últimas tres décadas.

Jones (2000), encuentra algunos hechos importantes en su investigación:

1. Existe una variación enorme en el ingreso per cápita entre las economías. Los países más pobres tienen ingresos per cápita que son inferiores al 5% de los ingresos per cápita de los países más ricos.
2. Las tasas de crecimiento económico varían de manera importante entre los países.
3. Las tasas de crecimiento no son necesariamente constantes en el transcurso del tiempo.

El hecho de que existan países pobres y países ricos, sin duda alguna, es producto de las diferentes tasas de crecimiento. Si lo anterior es cierto para determinar porqué existen países pobres y países ricos es necesario entender la naturaleza del crecimiento económico así como algunos de sus determinantes.

Existen un gran número de teorías que desde hace algunos siglos intentan dar respuesta a este complejo, pero fascinante campo de estudio. Ya desde los primeros clásicos como Adam Smith, David Ricardo o Thomas Malthus estudiaron el tema e introdujeron conceptos interesantes como el de rendimientos decrecientes y su relación con la acumulación de capital físico o humano, la relación entre progreso tecnológico y la especialización del trabajo. Los clásicos de principios del siglo XX como Frank Ramsey (1928) y Allyn Young (1928), contribuyeron de manera fundamental al conocimiento de las determinantes del crecimiento económico.

El modelo precursor de la teoría moderna del crecimiento económico es el de Harrod y Domar (1939-1946). Ambos economistas a pesar de haber realizado trabajos en forma separada llegan a conclusiones similares. El modelo de H-D es el punto de partida de los grandes debates en la economía del crecimiento. Este modelo amplía las incipientes ideas de Keynes, a través de la macroeconomía dinámica, es decir, el análisis de las fuerzas determinantes de las tasas de aumento de las principales categorías de la demanda. Una de las principales características de este modelo es que no reconoce los supuestos neoclásicos. Y consideran que nos encontramos en una evolución de los países y de los acontecimientos que pueden conducirnos a una situación de depresión a largo plazo que genere un volumen de desempleo cada vez más elevado junto con la infrautilización de los recursos. (Galindo y Malgesini, 1994).

En la actualidad se distinguen dos enfoques para estudiar el crecimiento económico. Los modelos de crecimiento neoclásicos, que suponen rendimientos constantes a escala y progreso técnico exógeno y los modelos que introducen rendimientos crecientes a escala y endogenizan el progreso tecnológico. Estos últimos son conocidos como la nueva escuela del crecimiento o la escuela del crecimiento endógeno. A continuación se presentan los supuestos más importantes de cada una de estas dos escuelas del crecimiento económico.

1.1 La Escuela Neoclásica: El modelo Solow-Swan

En 1956, Robert Solow publicó un ensayo sobre crecimiento y desarrollo económico, titulado "*A contribution to the Theory of Economic Growth*" (Una contribución a la teoría del crecimiento económico), dando pauta al enfoque tradicional de crecimiento que se desarrolló en los años cincuenta y en las dos décadas posteriores. El modelo construido por Solow es conocido también como modelo Solow-Swan por las similitudes entre las investigaciones de R. Solow y las de T.W. Swan (1956).

La economía considerada en este modelo produce un bien que puede consumirse o invertirse. La producción se lleva a cabo en condiciones de rendimientos constantes a escala bajo un régimen de competencia perfecta, pero con rendimientos decrecientes y positivos de los factores. El modelo es una teoría de cómo la economía converge a un estado de equilibrio y su comportamiento en dicho estado.

El modelo Solow-Swan está construido alrededor de dos ecuaciones: una función de producción y una ecuación de acumulación de capital. La primera describe de qué manera insumos como máquinas y trabajadores se combinan para generar un producto. Dichos insumos son representados en el modelo como capital K y trabajo L y el producto se presenta como Y . Se supone que la función de producción tiene la forma de Cobb-Douglas y se determina por

$$Y = F(A, K, L) = A K^\alpha L^{1-\alpha} \quad [1]$$

Donde A representa la tecnología y α es algún número entre 0 y 1, que indica la proporción utilizada de cada uno de los factores en el proceso de producción. Esta función de producción muestra rendimientos constantes a escala. La

productividad marginal de los factores es positiva pero decreciente y satisface las condiciones de Inada¹.

La segunda ecuación clave del modelo Solow-Swan es la que describe cómo se acumula el capital. La ecuación de acumulación de capital se expresa mediante

$$\dot{K} = sY - \delta K \quad [2]$$

Según la ecuación [2] el cambio en la existencia del capital, \dot{K} , es igual a la cantidad de inversión bruta, sY , menos la cantidad de depreciación que ocurre durante el proceso de producción, δK .

La tasa de crecimiento determinada en el modelo de Solow-Swan está basada en algunos supuestos tales como: tasa de ahorro constante, s , las familias simplemente consumen una fracción constante de su renta o producto, la tasa de ahorro es también la tasa de inversión; la tasa de depreciación es constante, δ , (y es una fracción del capital); población igual al trabajo y tasa constante de crecimiento de población, n : nivel tecnológico constante, A . Este último supuesto es importante en el sentido de que ayuda a descubrir uno de los problemas centrales del modelo neoclásico de crecimiento.

Al incorporar la información de todos los supuestos anteriores y bajo la función de tipo Cobb-Douglas tenemos que la ecuación fundamental Solow-Swan se escribe como sigue:

$$\dot{k}_t = sAk_t^\alpha - (\delta + n)k_t \quad [3]$$

¹ Estas exigen que la productividad marginal del capital se aproxime a cero cuando el capital tiende a infinito y que tienda a infinito cuando el capital tiende a cero,

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \frac{\partial F}{\partial K} = 0, \lim_{k \rightarrow 0} \frac{\partial F}{\partial K} = \infty.$$

Donde el término sAk_t^α representa el ahorro (inversión en la economía), y el término $(\delta + n)k_t$ la depreciación².

Nótese que la ecuación [3] está expresada en términos intensivos o per cápita, de ahí que las variables se escriban con letras minúsculas, esto se debe a que en términos reales es común que se mida el crecimiento económico en términos per cápita. Su interpretación no es más que el stock de capital por persona aumenta con la diferencia entre el ahorro bruto de la economía y el término $(\delta + n)k$. Cuando aumenta la tasa de ahorro, la inversión agregada aumenta. Como la inversión sirve para aumentar la cantidad de máquinas, el stock de capital aumenta. Pero existen dos formas en que el stock de capital por persona puede disminuir:

1. El término δk expresa que cuanto mayor es la cantidad de máquinas que se deprecia en un momento dado, menor es el aumento del stock de capital por persona.
2. El capital per cápita se reduce cuando el número de personas aumenta.

Para entender el segundo punto, supongamos un país en el que no se invierte nada en un periodo determinado, de tal modo que de acuerdo con el modelo de Solow-Swan, el capital por persona no está creciendo. Por otro lado el número de personas está creciendo. Si el stock de capital total no crece, pero el número de personas sí lo hace, entonces dado que $k = \frac{K}{L}$, entonces k no está creciendo, sino por el contrario decrece. Es decir, si el PIB de dicho país no crece pero el número de personas sí lo hace, entonces el PIB per cápita indudablemente está disminuyendo.

² Nótese que en el segundo término se incluye n que se deriva de $\frac{\dot{K}}{L}$ que no es otra cosa que la tasa de crecimiento del capital por persona y que si derivamos respecto al tiempo tenemos que $\frac{\dot{L}}{L} = n$.

De acuerdo con la ecuación [3] si $sf(k) = (\delta + n)k$, entonces la tasa de crecimiento del capital es, $\dot{k} = 0$ y el capital no aumenta, cuando esto ocurre se dice que la economía esta en un *estado estacionario*³. Este punto es conocido como k^* , stock de capital de estado estacionario. Cuando esto sucede la economía ahorra e invierte una fracción constante de la cantidad producida. Esta inversión se utiliza para aumentar el stock de capital para reemplazar el capital depreciado. Al permanecer el capital en el mismo nivel, la producción vuelve a ser la misma de manera que, al ahorrar la misma fracción, se genera la misma inversión y se repite el mismo resultado. La economía no consigue aumentar el stock de capital y permanece con el mismo stock hasta el final de los tiempos. El estado estacionario es estable dado que, tengamos el capital que tengamos, la dinámica del modelo siempre gravita hacia el estado estacionario.

Como el stock de capital per cápita de estado estacionario, es constante, el PIB per cápita (que es una función de k) también es constante, por lo que $\gamma_y^* = 0$ ⁴. Dado que el consumo es una fracción constante de y , también se debe cumplir que el consumo de estado estacionario es constante y, en consecuencia, su tasa de crecimiento es cero, $\gamma_c^* = 0$.

El hecho de que las variables en términos per cápita sean constantes en el largo plazo quiere decir que sus correspondientes valores agregados crecen al mismo ritmo que la población. Así, en el estado estacionario se cumple que $\gamma_k^* = 0$ y $\gamma_k^* = n$. Finalmente, el consumo agregado y el PIB agregado también son iguales a n en el estado estacionario: $\gamma_c^* = \gamma_y^* = \gamma_k^* = n$.

Durante algunas décadas el modelo de Solow-Swan fue adoptado como la mejor explicación del crecimiento económico. Entonces, países con tasas de inversión elevadas serían los que alcanzarían un mayor crecimiento. Sin

³ $sf(k) = (\delta + n)k$, cuando este es el caso, la inversión realizada en la economía $sf(k)$ es igual a la depreciación del capital existente $(\delta + n)k$

⁴ Donde γ denota la tasa de crecimiento de las variables.

embargo, si tomamos en cuenta la dinámica del capital estacionario, cuando el capital en la economía sea k^* (punto que con toda seguridad se alcanzará dado que el modelo predice la convergencia hacia el estado estacionario⁵), la acumulación del capital es cero, es decir, la economía deja de crecer a largo plazo. Empezamos a ver que el modelo Solow-Swan no es una descripción razonable de lo que sucede en el mundo que nos rodea.

De acuerdo a lo anterior la acumulación del capital no permite explicar el crecimiento a largo plazo en un modelo neoclásico. Ante estas críticas a su modelo Solow y Swan argumentaron que todo el análisis se había hecho bajo el supuesto de que la tecnología debía ser constante. En realidad, sin embargo, la tecnología mejora con el paso del tiempo. La evolución de las variables económicas tras un aumento permanente y exógeno de A es muy similar a lo que sucede ante un aumento de la tasa de ahorro: la tasa de crecimiento aumenta inmediatamente, por lo que también lo hace el capital.

Sin embargo, a largo plazo si no existe un nuevo aumento de la tecnología, la economía converge hacia un estado estacionario con un stock de capital y de PIB per cápita pero aún con crecimiento nulo. Si bien es cierto que la tecnología puede aumentar de manera indefinida, y más rápido que los cambios en la tasa de ahorro, por otro lado no debemos perder de vista que dichos cambios DEBEN ser *exógenos*. Recordemos que de acuerdo a los supuestos del modelo, lo que no se consume se ahorra y se invierte para financiar el crecimiento de k , de tal forma que en el modelo no quedarían recursos para financiar la innovación tecnológica A . El supuesto de exogeneidad entonces, expresa que el progreso tecnológico no surge de la inversión en I+D de las empresas o del esfuerzo del investigador, de nadie, simplemente el nivel tecnológico aumenta constantemente sin explicar por qué (Ross, 2004).

⁵ La función de producción Cobb-Douglas presenta rendimientos decrecientes de los factores. Razón por la cual inevitablemente se convergerá hacia el estado estacionario.

Así el modelo neoclásico fracasa en la explicación del crecimiento de largo plazo. La explicación de que es a través del progreso tecnológico no es satisfactoria, pues no explica de dónde proviene ese progreso tecnológico. Luego entonces, el modelo neoclásico deja algo muy importante sin explicar: el crecimiento económico.

Después de algunas décadas en las que la economía del desarrollo sustituyó el vacío que dejó el modelo neoclásico enfocándose primordialmente hacia teorías de desarrollo, en la década de los ochentas surgen nuevas investigaciones que pretenden solucionar la incógnita del crecimiento económico por otra vía.

1.2 La Escuela de Crecimiento Endógeno: El modelo simple AK

La teoría del crecimiento endógeno es radical con respecto a las propiedades de convergencia del modelo neoclásico hacia un estado estacionario. Además critica la noción de que el crecimiento es el resultado de fuerzas endógenas que quedan sin explicación en la teoría.

El modelo más general y sencillo de crecimiento endógeno es el de tecnología AK ⁶ introducido por primera vez en la literatura económica por Rebelo (1991). La función de producción utilizada es lineal en el stock de capital,

$$Y_t = AK_t \quad [4]$$

Donde A es una constante. Esta función de producción, se llama "tecnología AK ". Pareciera que esta función de producción atribuye el producto únicamente al capital físico. Sin embargo, no es así ya que tiene en cuenta el concepto de capital humano. Para que el ser humano sea productivo es necesario que se invierta en él. En el modelo neoclásico se suponía que el trabajo aumentaba a una tasa n , de manera exógena gratuita. Este modelo

⁶ Es importante señalar que las primeras aportaciones al crecimiento endógeno se tienen en 1986 con el modelo de Romer, se presenta este modelo por ser el más sencillo para entender la teoría del crecimiento endógeno.

considera que el factor trabajo aumenta de una manera similar al capital físico. Así, el capital y el trabajo, son dos tipos de capital diferentes (físico y humano) pero, al fin al cabo ambos son capital.

La función AK no satisface las mismas condiciones que la función Cobb-Douglas. Al igual que esta exhibe rendimientos constantes a escala. Los rendimientos de los factores son positivos, pero NO decrecientes⁷, es decir, que la productividad conforme va aumentando el capital no disminuye, no satisface las condiciones de Inada. Utilizando esta tecnología con los supuestos del modelo Solow-Swan tenemos que:

$$\frac{\dot{k}}{k} \equiv \gamma_k = sA - (\delta + n) \quad [5]$$

Ahora la tasa de crecimiento es constante al ser la diferencia de dos números constantes. Cuando la economía es lo suficientemente productiva tal que $sA > \delta + n$, la tasa de crecimiento será constante y positiva, $\gamma_k = \gamma^* = sA - (\delta + n)$. Todas las tasas crecerán a la misma tasa γ^* . Y todas las variables agregadas crecerán al ritmo $\gamma^* + n$, por lo que $\gamma_C = \gamma_K = \gamma_Y = sA - \delta$.

A diferencia del modelo de Solow, un cambio en la tasa de ahorro tiene ahora un efecto permanente en la tasa de crecimiento de la economía. Una mayor tasa de ahorro aumenta la diferencia de la ecuación [5], y genera un aumento permanente en la tasa de acumulación del capital. Ahora todos los parámetros que afectan el nivel de ingreso (s, n, δ) afectan ahora la tasa de crecimiento del ingreso per cápita.

El modelo AK ilustra muy claramente en qué sentido es endógeno el crecimiento. La tasa de crecimiento es una función creciente de la tasa de inversión. Por consiguiente, las políticas públicas que eleven la inversión

⁷ Obsérvese que $\frac{\partial Y}{\partial K} = A$ y $\frac{\partial^2 Y}{\partial K^2} = 0$. La segunda derivada no es negativa como requiere el supuesto neoclásico de rendimientos decrecientes de capital.

elevantán de forma permanente la tasa de crecimiento *endógeno* de la economía también. No es necesario suponer que todo en el modelo crece a cierta tasa exógena para generar crecimiento per cápita.

La no existencia de rendimientos decrecientes del capital indica que la economía no converge hacia un estado estacionario como en el modelo neoclásico. Así, la economía no tiene porqué dejar de crecer en un momento determinado, sino que por el contrario cada vez que la inversión aumente, la economía en su conjunto aumentará.

El principal defecto de este modelo simple⁸ es que prácticamente no existe evidencia empírica que valide la hipótesis de que las ecuaciones lineales pertinentes son "lineales". La tecnología *AK* requiere que creamos que el exponente sobre el capital, α , es uno. De acuerdo con Jones (2000), los estimados de la participación del capital que utiliza la contabilidad del crecimiento sugieren que es de alrededor de 1/3. Incluso si se amplía el concepto para incluir el capital humano y las externalidades, se puede elevar el exponente a 2/3, o quizá 4/5. Sin embargo, no existe evidencia que señale que el coeficiente es uno.

1.3 Diferencias entre las escuelas de crecimiento

En este momento resulta fácil distinguir la principal diferencia entre las dos escuelas de crecimiento económico. Los neoclásicos suponen que la economía crece debido a la acción exógena de la tecnología y los modelos endógenos, consideran la tecnología, obviamente, como parte del modelo, es decir, endógena. Sala-i-Martin (2000), destaca seis principales diferencias del modelo simple de tecnología *AK* respecto del modelo Solow-Swan, dichas diferencias pueden observarse en el gráfico 1.

⁸ Y como se verá más adelante de todos los modelos de crecimiento endógeno.

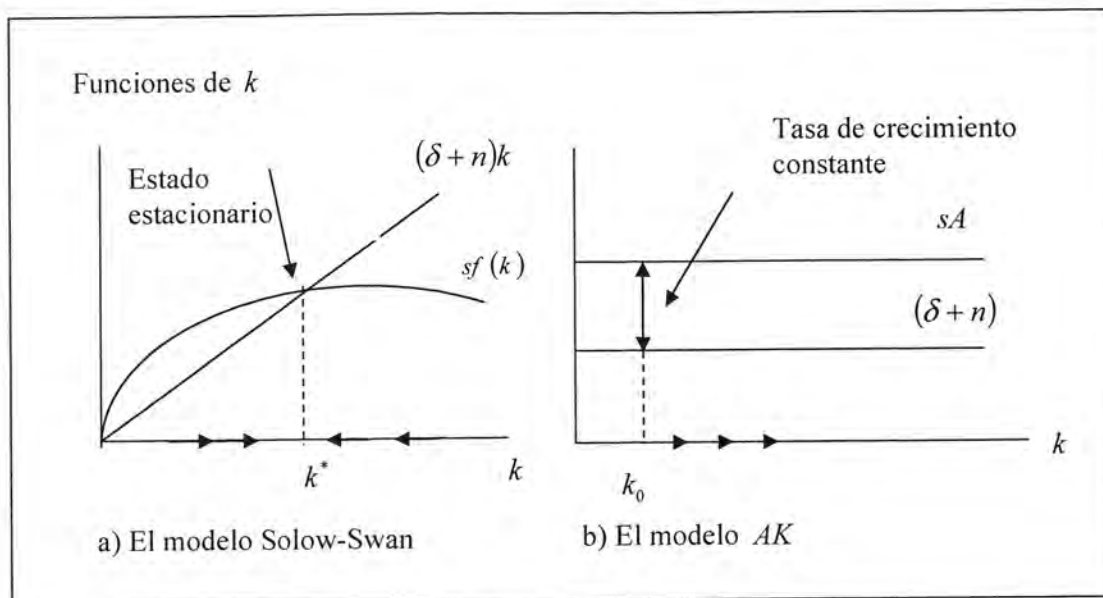


Gráfico 1

1. La tasa de crecimiento del producto puede ser positiva sin necesidad de suponer que alguna variable crece continua y exógenamente.
2. La tasa de crecimiento viene determinada por factores visibles las economías con tasas de ahorro grandes van a crecer mucho.
3. La economía carece de una transición hacia el estado estacionario ya que siempre crece a una tasa constante igual a $\gamma^* = sA - (\delta + n)$ sin importar el valor que tome el stock de capital.
4. Predice que no existe ningún tipo de relación entre la tasa de crecimiento de la economía y el nivel alcanzado por la renta nacional. Dicho de otro modo, no predice convergencia, ni condicional ni absoluta.
5. El modelo AK predice que los efectos de una recesión temporal serán permanentes, por lo tanto es posible el crecimiento de largo plazo.
6. Cuando la tecnología es del tipo AK no puede haber demasiada inversión en el sentido de que la economía no puede encontrarse en la zona dinámicamente ineficiente⁹.

⁹ La zona dinámicamente ineficiente es cuando el tipo de interés en el estado estacionario es inferior a la tasa de crecimiento agregada. Para mayor información consúltese el capítulo 1 de Sala-i-Martin (2000).

1.4 El conflicto entre las dos escuelas

La discusión acerca de si la economía crece por factores exógenos o endógenos ha suscitado opiniones que defienden ambas escuelas. En 1994 Solow escribe un artículo denominado "*Perspectives on growth theory*" en el que hace ciertas críticas a la escuela del crecimiento endógeno y defiende el modelo neoclásico.

En primer lugar Solow (1994) critica el hecho de que el modelo se desarrolle en el marco de un mercado monopolístico. El mismo Solow se declara pasado de moda al no incluir soluciones dinámicas en su modelo, como lo hace el crecimiento endógeno, pero considera que esto agrega muy poco o casi nada a la teoría y que además la vuelve innecesariamente complicada. Sin duda alguna, la crítica más severa es en el sentido de que los rendimientos constantes del capital requieren que el exponente sobre el capital sea igual a uno.

Por otro lado Solow (1994) con respecto a la exogeneidad del progreso tecnológico hace dos importantes observaciones:

1. El hecho de que el progreso tecnológico sea exógeno no significa que sea siempre constante, errático o constituya un misterio. De hecho es lógico que la tecnología siempre aumentará de manera gradual a lo largo del tiempo.
2. Es imposible que el crecimiento económico no este relacionado en lo absoluto con el progreso tecnológico, con lo que descalifica el trabajo de las nuevas teorías de crecimiento.

Finalmente el modelo neoclásico puede ser ampliado para incluir el concepto de capital humano. Lo anterior fue hecho por Mankiw, Romer y Weil (1992). Lo que hicieron fue introducir el capital humano como un tercer factor en la función de producción. Estiman un modelo para diferentes muestras de países obteniendo que la variable capital humano $[H]$ resulta positiva y significativa para explicar el PIB per cápita. De acuerdo con los resultados obtenidos

concluyen que la función de producción sería $Y = K^{1/3}H^{1/3}L^{1/3}$ de modo que el crecimiento económico estaría dado por las tres variables consideradas en la misma proporción (Neira, 2003).

Los resultados obtenidos por MRW (1992) no van totalmente en sentido contrario a las ideas del crecimiento endógeno, sino que más bien incluyen el concepto que endogeiniza el crecimiento en dichos modelos. Este nuevo modelo, es conocido como "modelo de Solow-Swan ampliado". Esta reinterpretación de la teoría neoclásica es apoyada por Jones (2000) al afirmar que desde 1950 el PIB per cápita en Estados Unidos no ha aumentado tanto a pesar de los aumentos en la inversión en capital humano¹⁰.

De acuerdo con Dowrick (2003), una de las diferencias cruciales entre la teoría neoclásica y la del nuevo crecimiento es si la tasa de crecimiento a largo plazo en la economía es causada por fuerzas exógenas o puede ser influenciada por política pública. En otras palabras si las políticas e instituciones que influyen en la acumulación de capital (humano y físico) tienen efectos de largo plazo en el nivel o en la tasa de crecimiento económico¹¹.

El modelo neoclásico con progreso tecnológico exógeno, parece no dejar espacio para las políticas del gobierno. Solow (1956) concluye en su estudio para Estados Unidos, que en el periodo 1909-1949 el PIB per cápita se había duplicado, y atribuye el 87.5% del incremento al progreso tecnológico, y sólo el 12.5% al incremento del capital.

Shaw (1992) hace un análisis de las implicaciones en política económica del crecimiento endógeno. Y encuentra lo siguiente:

¹⁰ Recordemos que el crecimiento endógeno supone que el capital humano es parte fundamental del crecimiento económico. Por lo tanto, afirma que esta en función de los recursos destinados a la investigación y el desarrollo (I+D).

¹¹ Un efecto nivel es la inclusión del capital humano en la función de producción como un factor más, mientras que un efecto "tasa" es dado por su interrelación a través del efecto que el capital humano ejerce en el crecimiento de largo plazo.

1. Arrow (1962) al introducir el concepto de "learning by doing", considera el conocimiento como elemento fundamental del crecimiento. En su modelo el conocimiento es tratado como un bien público y por tanto es suministrado por el gobierno.
2. Romer (1986, 1989), toma también el conocimiento como un insumo de la función de producción. Reconoce que la creación de conocimiento presenta rendimientos decrecientes. Así la adquisición de nuevos conocimientos es realizada bajo la maximización de beneficios por los agentes económicos, que obviamente responden a incentivos fiscales.
3. King y Rebelo (1990) y King y Robson (1989) hacen especial énfasis en el rol de la política fiscal. Consideran que los incentivos fiscales pueden afectar la decisión de adquirir capital en su forma física y humana.

Capítulo 2. El Crecimiento Endógeno de la Economía

La idea de los rendimientos crecientes es tan vieja como las teorías de Adam Smith. Con la introducción en 1890 del concepto de economías internas y externas por Alfred Marshall, se dan los primeros pasos para el entendimiento de un equilibrio competitivo (Thirlwall, 2000).

El primer trabajo importante en este campo es el de Allyn Young (1928) con la idea de rendimientos crecientes como un fenómeno macroeconómico relacionado con la interacción de las diferentes actividades de la economía, pero que no fue desarrollado ampliamente por la dificultad de formular modelos dinámicos. Así las ideas de Marshall, utilizadas por Young, fueron utilizadas ampliamente en modelos estáticos de comercio internacional (Thirlwall, 2000).

Chipman (1970) demostró que era posible construir un modelo consistente de equilibrio general con competencia perfecta, rendimientos crecientes y externalidades. Siguiendo a Smith, Marshall y Young, algunos autores justificaron la existencia de rendimientos crecientes con la especialización del trabajo. Sin embargo, es claro que la especialización del trabajo conducirá a la creación de nuevos productos, que son sólo bienes y no externalidades.

Uno de los primeros modelos dinámicos de crecimiento fue presentado por Arrow (1962) con sus trabajos de aprendizaje por la práctica. En su modelo, la productividad de una empresa determinada es una función creciente de la inversión agregada realizada en la industria. Arrow (1962), justifica que la existencia de rendimientos crecientes se debe a la creación de nuevo conocimiento en el proceso de producción. Los rendimientos crecientes son producto, por lo tanto, de efectos externos a las empresas.

Uzawa (1965), describe un modelo en el que capital humano intangible y capital físico son incluidos. En su modelo considera rendimientos constantes a escala, de tal modo que un crecimiento sin límite es posible. Además la producción y los dos tipos de capital crecerán a la misma tasa constante.

Los modelos anteriores son de los más importantes, ya que algunos de sus elementos fueron incluidos en los dos modelos de crecimientos endógeno que marcan la pauta para el entendimiento de las ideas de la nueva escuela del crecimiento, es decir, los modelos de Romer (1986,1989 y 1990) y el modelo de Lucas (1988)¹². Sin embargo, también podemos mencionar a Kaldor (1957), con su función del progreso tecnológico incluyó la importancia de la acumulación del capital en el proceso de crecimiento económico; los trabajos de Schultz (1962) y Denison (1961) sobre los rendimientos sociales de la educación.

2.1 El Modelo de Romer (1986)

En los modelos neoclásicos de crecimiento económico, la tasa de crecimiento del ingreso per capita es una función decreciente del nivel per capita del stock de capital. Y a lo largo del tiempo dichas tasas de crecimiento convergerán entre países. Dicha convergencia es hacia un estado estacionario en el cual la economía tiene crecimiento cero. Estado del que solamente se puede salir al haber un cambio exógeno de la tecnología. Así, en ausencia de cambios tecnológicos la economía no tendrá crecimiento de largo plazo. Todo lo anterior es debido a la existencia de los rendimientos decrecientes de capital en la función de producción de la economía.

El modelo propuesto por Romer (1986) es un modelo de equilibrio con cambio tecnológico endógeno en el cual el crecimiento de largo plazo es causado por la introducción de los conocimientos. El proceso de producción del conocimiento es diferente al del capital físico (que se comporta como cualquier bien), el nuevo conocimiento es producto de un proceso de investigación que exhibe rendimientos decrecientes. Es decir, dada una determinada cantidad de stock de conocimiento, el doblar los esfuerzos (insumos) dedicados a la investigación no producirá el doble de nuevos conocimientos.

¹² Dichos modelos son descritos con mayor detalle en las siguientes secciones.

Sin embargo, si bien el proceso de producción de nuevos conocimientos exhibe rendimientos decrecientes. Por otro lado, la creación de nuevos conocimientos por una empresa tendrá un efecto *externo* positivo sobre la producción de otras empresas, ya que el conocimiento no puede ser patentado o guardado en secreto perfectamente. Debido a las externalidades, la producción en la economía como una función del stock de conocimientos y otros insumos (en la que se incluya el capital humano) exhibirá rendimientos crecientes como resultado de la productividad marginal creciente del conocimiento.

Los tres elementos anteriores (externalidades, rendimientos crecientes en la producción y rendimientos decrecientes en la producción de nuevo conocimiento) se combinan para formular un modelo de crecimiento de equilibrio competitivo. Una función de producción que refleja las externalidades es:

$$Y_t = AK_t^\alpha L_t^{1-\alpha} \kappa_t^\eta \quad [6]$$

Donde, como siempre, Y_t es la producción agregada en el momento t , A es la existencia de ideas, K_t es el capital agregado en el momento t y L_t es el trabajo agregado en el momento t . La diferencia con la función neoclásica de producción reside en el término κ_t^η que representa la externalidad. El parámetro η indica la importancia de la externalidad. Cuando $\eta = 0$ tenemos una función de producción neoclásica sin externalidades. A medida que η aumenta, también lo hace el papel de la externalidad.

A pesar de la presencia de rendimientos crecientes existirá equilibrio competitivo (con externalidades). El equilibrio no tendrá un óptimo paretiano¹³, pero sus resultados son capaces de explicar el crecimiento sin la necesidad de intervención del gobierno.

¹³ Romer define el equilibrio de su modelo como un equilibrio sub óptimo.

En el modelo de dos periodos de Romer (1986) las externalidades juegan un papel definitivo al asegurar la existencia de un equilibrio competitivo. La idea fundamental es que la existencia de una mayor inversión en investigación beneficiará a todas las empresas. Romer (1986) plantea un problema de maximización para las empresas y los consumidores. Encuentra los precios sombra con la ayuda de las condiciones de Kuhn-Tucker. Finalmente considera dichos precios como los precios de equilibrio para demostrar que un modelo con externalidades puede alcanzar un equilibrio competitivo¹⁴.

Pero la característica más importante del modelo, es la introducción del conocimiento (tecnología) como un factor endógeno del modelo y la existencia de la productividad marginal creciente del capital intangible, es decir, el conocimiento.

2.2 El modelo de Lucas (1988)

Robert Lucas (1988), incorpora lo que Schultz (1962) y Becker (1964), llamaron capital humano. Pero de una manera similar a los modelos de Arrow (1962), Uzawa (1965) y Romer (1986).

El capital humano $h(t)$ de un individuo es entendido como el nivel de habilidades que posee. De tal forma que un individuo con capital humano $h(t)$ es igualmente productivo a dos individuos con capital humano $\frac{1}{2}h(t)$, o la mitad de productivo de un individuo $2h(t)$. El capital humano de cada persona es distribuido entre las diversas actividades que realiza, y esto a la vez influye en su productividad. Además al ser introducido como un factor más en la producción, el capital humano desempeña dos papeles en el modelo, una parte afecta la productividad del periodo actual y la otra parte (el remanente) forma parte de la acumulación de capital humano.

¹⁴ El desarrollo matemático de este problema de maximización es complejo. El lector interesado en entender más dicho problema, encontrará el desarrollo completo en las páginas 1014-1019 en el modelo original de Romer (1986)

Supóngase que existen N trabajadores con niveles de habilidad h de 0 a infinito. Entonces existen $N(h)$ trabajadores en la economía con capital humano h , tal que $N = \int_0^{\infty} N(h)dh$. Supóngase también que un trabajador con capital humano h asigna una fracción $u(h)$ de sus habilidades a la producción y el restante $1-u(h)$ a la acumulación de capital.

El capital humano total dedicado a la producción será:

$$N^e = \int_0^{\infty} u(h)N(h)dh \quad [7]$$

Además de los efectos del capital humano de un individuo sobre su propia productividad (efectos internos del capital humano) existen los efectos externos (externalidades del capital humano)¹⁵:

$$h_a = \frac{\int_0^{\infty} hN(h)dh}{\int_0^{\infty} N(h)dh} \quad [8]$$

La función anterior h_a representa las externalidades del capital humano en el modelo, porque aunque la productividad en su conjunto se beneficia de ellas, las decisiones individuales no tienen un efecto considerable sobre h_a . Por otro lado, si bien los beneficios de la productividad de todos viene de una decisión no individual, la decisión de acumular sí es individual y por tanto tiene un efecto importante en h_a , es decir, que está afectando el porqué los individuos deciden dedicar una parte de su tiempo a la producción y otra a lograr mas capital humano.

Para simplificar el análisis se supone que todos los individuos son idénticos. En este caso todos los trabajadores tienen capital humano del nivel h y todos distribuyen sus habilidades de la misma manera u , la fuerza efectiva de trabajo

¹⁵ Que estarían dados por el nivel promedio de las habilidades del capital humano.

será entonces solamente $N^e = uhN$. Ahora la ecuación [1] es reemplazada por:

$$N(t)c(t) + \dot{K} = AK(t)^\beta [u(t)h(t)N(t)]^{1-\beta} h_a(t)^\gamma \quad [9]$$

Donde el término $h_a(t)^\gamma$ intenta capturar el efecto de las externalidades del capital humano, y el nivel de tecnología A se asume constante.

El esfuerzo $1-u(h)$ dedicado a la acumulación de capital humano está ligado a la tasa de cambio de $h(t)$. Por lo tanto Lucas postula que el crecimiento del capital humano se relaciona con el nivel inicial y el esfuerzo a acumular más:

$$\dot{h}(t) = h(t)^\zeta G(1-u(t)), \quad [10]$$

En la que G es creciente con $G(0)=0$. Si tomamos $\zeta < 1$ en esta ecuación, la acumulación de capital humano presentaría rendimientos decrecientes, lo cual contradice la teoría de que el capital humano sirve como motor del crecimiento. Entonces el capital humano fracasaría en su intento de reemplazar la tecnología de tipo $A(t)$. La condición anterior provocaría un crecimiento continuo del ingreso per capita atribuido únicamente a la acumulación de capital endógeno, de tal forma que el papel de las externalidades sería irrelevante.¹⁶

Lucas (1988) considera la ecuación [10] como fundamental en su modelo. Aunque reconoce que la solución planteada es cuestionada porque se observa que en la trayectoria de la acumulación de capital humano se presentan rendimientos decrecientes. Lucas dice que la gente acumula capital humano rápidamente en su vida temprana pero que después esta habilidad disminuye al punto que cada nuevo conocimiento le cuesta más de obtener que el que le

¹⁶ Si este fuera el caso, el modelo únicamente complicaría el modelo original de Solow sin aportar nada nuevo.

precedió. Así también señala que el tiempo de vida individual es finito y que los incrementos de los rendimientos caen con el tiempo.¹⁷

A este respecto Uzawa (1965), trabajó un modelo similar bajo el supuesto de que $\zeta = 1$. Este supuesto puede parecer muy fuerte y poco real, sin embargo, Rosen (1976) demostró que es consistente con la realidad. Asume que la función G es lineal:

$$\dot{h}(t) = h(t)\delta(1 - u(t)) \quad [11]$$

Si todo el capital humano es dedicado a la producción ($u(t)=1$) entonces no hay acumulación de capital. Por el contrario, si todo el esfuerzo es dedicado a este propósito ($u(t)=0$), $h(t)$ crece a su máxima tasa δ . De esta manera ya no hay rendimientos decrecientes a la acumulación de $h(t)$, pues un incremento porcentual en $h(t)$ requerirá siempre el mismo esfuerzo sin importar el nivel $h(t)$ que se tenga en el modelo. Debe tenerse en cuenta que la acumulación de capital es una actividad social que incluye grupos de gente de un modo que no se observa en la acumulación de capital físico. Es decir, cada individuo transmite experiencias y habilidades (capital humano) a las nuevas generaciones.

Debido a la presencia de externalidades en el modelo, el equilibrio competitivo no implica el óptimo paretiano¹⁸. En primer lugar define el óptimo como la combinación de $K(t)$, $h(t)$, $H_a(t)$, $c(t)$ y $u(t)$ que maximizan la función de utilidad:

$$\int_0^{\infty} e^{-\rho t} \frac{1}{1-\sigma} [c(t)^{1-\sigma} - 1] N(t) dt \quad [12]$$

¹⁷ El supuesto de que $\zeta = 1$ es similar al problema que enfrenta Romer en su modelo. Pues también supone que las externalidades deben ser necesariamente iguales a 1. Dicho supuesto es muy fuerte y ha sido motivo principal de las críticas hechas a los modelos de la nueva escuela del crecimiento económico.

¹⁸ Recuérdese que para la teoría neoclásica, el equilibrio competitivo implica un óptimo paretiano, es decir, una situación en la que ya no es posible mejorar la situación de un individuo en particular, sin que necesariamente se perjudique a alguien más.

Donde ρ es la tasa de descuento y σ es la aversión al riesgo (ambos positivos). Sujeta a las ecuaciones [9] y [11].

Por otro lado define el equilibrio competitivo como un estado más complicado. Supóngase que $h_a(t), t \geq 0$, es dado como la tecnología exógena en el modelo de Solow.

Los agentes del sector privado (familias y empresas) esperan que el nivel promedio de capital humano sea igual al nivel $h_a(t)$. Dado lo anterior, considérese el problema de escoger las combinaciones de $h(t), k(t), c(t)$ y $u(t)$, que maximicen la función de utilidad sujetas a [9] y [11], tomando $h_a(t)$ como exógena. Cuando $h(t) = h_a(t)$, es decir el capital humano observado es igual al esperado, entonces podemos decir que el modelo está en equilibrio.

Con precios $\theta_1(t)$ y $\theta_2(t)$ usados para los valores capital físico y humano, respectivamente. El hamiltoniano para este problema de optimización es:

$$H(K, h, \theta_1, \theta_2, c, u, t)$$

$$= \frac{N}{1-\sigma} (c^{1-\sigma} - 1) + \theta_1 [AK^\beta (uNh)^{1-\beta} h^\gamma - Nc] + \theta_2 [\delta h(1-u)] \quad [13]$$

En el modelo existen dos variables decisión (consumo, (c) , y tiempo dedicado a la producción, $u(t)$) para maximizar H . Las condiciones de primer orden son:

$$c^{-\sigma} = \theta_1 \quad [14] \quad y$$

$$\theta_1 (1-\beta) AK^\beta (uNh)^{-\beta} Nh^{1+\gamma} = \theta_2 \delta h \quad [15]$$

Los bienes deben ser igualmente valiosos en sus dos usos, (consumo y acumulación de capital físico) [14] y el tiempo debe ser igualmente valioso en sus dos usos (producción y acumulación de capital humano) [15]. Las tasas de cambio de los precios θ_1 y θ_2 de los dos tipos de capital son dadas por:

$$\dot{\theta}_1 = \rho\theta_1 - \theta_1 \beta AK^{\beta-1} (uNh)^{1-\beta} h^\gamma \quad [16]$$

$$\dot{\theta}_2 = \rho\theta_2 - \theta_1 (1 - \beta + \gamma) AK^\beta (uN)^{1-\beta} h^{-\beta+\gamma} - \theta_2 \delta(1-u) \quad [17]$$

En equilibrio el sector privado enfrenta un problema similar a este, pero con el término $h_a(t)^\gamma$ en la ecuación [9] considerado como dado. El mercado requiere que $h_a(t) = h(t)$, entonces [9], [11], [14], [15] y [16] son condiciones necesarias para el óptimo y para el equilibrio. Sin embargo, en la valuación del capital humano el equilibrio y el óptimo difieren para el sector privado. Por lo tanto, [17] es reemplazado por:

$$\dot{\theta}_2 = \rho\theta_2 - \theta_1 (1 - \beta) AK^\beta (uN)^{1-\beta} h^{-\beta} h_a^\gamma - \theta_2 \delta(1-u)$$

Como el mercado requiere que $h_a(t) = h(t)$, la ecuación puede ser escrita como:

$$\dot{\theta}_2 = \rho\theta_2 - \theta_1 (1 - \beta) AK^\beta (uN)^{1-\beta} h^{-\beta+\gamma} - \theta_2 \delta(1-u) \quad [18]$$

Lucas (1988) sigue el modelo de Romer para alcanzar el equilibrio competitivo y el óptimo por separado y luego compararlos. Lo primero que hace es considerar las características que ambas soluciones comparten. Supóngase que $\kappa = \frac{c(t)}{c(t)}$, entonces la productividad marginal del capital será:

$$\beta AK(t)^{\beta-1} (u(t)h(t)N(t))^{1-\beta} h(t)^\gamma = \rho + \sigma\kappa \quad [19]$$

De acuerdo con la ecuación anterior $K(t)$ debe crecer a la tasa $\kappa + \lambda$ y la tasa de ahorro s es constante. Además, $v = \frac{\dot{h}(t)}{h(t)}$ luego entonces:

$$v = \delta(1-u), \quad [20]$$

y diferenciando la ecuación [19] de tal modo que κ , la tasa común de crecimiento del consumo y del capital per capita, es:

$$\kappa = \left(\frac{1-\beta+\gamma}{1-\beta} \right) v \quad [21]$$

Resolviendo para las ecuaciones de primer orden se obtiene que la tasa de crecimiento eficiente (u óptima) del capital humano en el modelo (v^*) será:

$$v^* = \sigma^{-1} \left[\delta - \frac{1-\beta}{1-\beta+\gamma} (\rho - \lambda) \right] \quad [22]$$

Y la tasa de crecimiento del equilibrio (v):

$$v = [\sigma(1-\beta+\gamma) - \gamma]^{-1} [(1-\beta)(\delta - (\rho - \lambda))] \quad [23]$$

Ambas sujetas a la restricción:

$$\sigma \geq 1 - \frac{1-\beta}{1-\beta+\gamma} \frac{\rho - \lambda}{\delta} \quad [24]$$

Lo anterior únicamente nos dice que el modelo no funciona a niveles de aversión al riesgo que son muy bajos. Las ecuaciones [22] y [23] permiten observar que las tasas de crecimiento eficiente y competitivo del capital humano, incrementan con la efectividad de la inversión en capital humano (δ) y disminuyen con incrementos en las tasas de descuento (ρ). Es importante notar que el modelo predice crecimiento sostenido sin importar si las externalidades γ , son o no positivas. Si $\gamma=0$, $\kappa=v$, mientras que si

$\gamma > 0, \kappa > \nu$, entonces las externalidades inducen a un crecimiento mayor en capital físico que humano¹⁹.

Las ecuaciones [21], [22] y [23], describen la productividad marginal de los dos tipos de capital, bajo el régimen de eficiencia y de equilibrio. Así esta condición define una curva que incluye los dos tipos de capital normalizados $z_1(t) = e^{-(\kappa+\lambda)t} K(t)$ y $z_2(t) = e^{-\nu t} h(t)$. Sustituyendo estas dos variables en la ecuación [19] en el lugar de $K(t)$ y $h(t)$, y aplicando la ecuación [21] para κ , se obtiene

$$(\beta AN_0^{1-\beta} u^{1-\beta}) z_1^{\beta-1} z_2^{1-\beta+\gamma} = \rho + \sigma \kappa \quad [25]$$

La figura 2 muestra la curva definida por la ecuación [25]. Sin externalidades ($\gamma = 0$) sería una línea recta que parte del origen, de otro modo $\gamma > 0$ es convexa. La posición de la curva depende de u y κ , que de acuerdo a las ecuaciones [20] y [21] pueden ser expresadas como una función de ν . De acuerdo con lo anterior es posible observar que un incremento de ν desplaza la curva a la derecha. Así en una economía eficiente en equilibrio habrá un mayor nivel de capital humano (z_2) para cualquier nivel de capital físico (z_1), siempre que $\nu^* > \nu$.

¹⁹ Recuérdese que $\kappa = \left(\frac{1-\beta+\gamma}{1-\beta} \right) \nu$, entonces si $\gamma = 0$, el capital humano crece igual que el capital físico, y cuando $\gamma > 0$, el capital físico crece más que el humano.

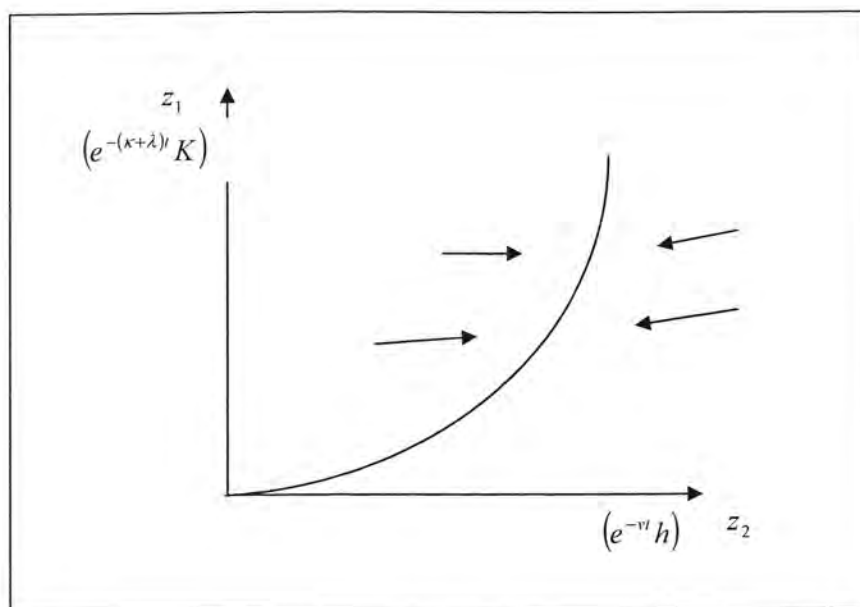


Figura 2

La curva en la figura 2 muestra, que no importa el nivel inicial $(K(0)h(0))$ de ambos tipos de capitales, la solución eficiente y de equilibrio $(z_1(t)z_2(t))$ convergerán en algún punto de la curva en la figura 2, tal como lo demuestran las flechas. Esta curva representa el comportamiento de largo plazo de las posibles combinaciones de (K, h) tales que la productividad marginal de su producto es igual a $\rho + \sigma\kappa$. A lo largo de la curva los rendimientos del capital son constantes (crecientes) a pesar de que ambos stocks de capital estén creciendo. Lo anterior es una de las grandes aportaciones del modelo de Lucas al estudio del crecimiento económico. El hecho que $\gamma > 0$ causa un incremento en la productividad de los factores.

2.3 El modelo de Romer (1989-1990)

Posterior a la publicación del modelo de Lucas (1988), Romer presentó un modelo renovado de crecimiento endógeno. Dicho modelo sigue la misma idea de su modelo de 1986, es decir, considera el capital humano y las ideas como motor del crecimiento económico. Este modelo se incluye en su *paper* "Human capital and growth: Theory and evidence". En dicho documento, Romer

presenta los lineamientos básicos del modelo y es en 1990 en su documento titulado “*Endogenous technological change*” cuando presenta la versión final del modelo y profundiza en las cuestiones del equilibrio, que a diferencia del equilibrio competitivo de 1986 pasa a ser un equilibrio de monopolio.

Para la producción de bienes en una economía, supóngase que M representa el número de agentes en una economía cerrada e i representa un individuo típico. Cada agente distribuye su tiempo entre diferentes actividades educativas y productivas. A su vez, cada agente tiene una dotación inicial de tres tipos de habilidades:

L_i , habilidades físicas como coordinación y fuerza;

E_i , habilidades educativas adquiridas en la escuela primaria y secundaria; y

S_i , habilidades científicas adquiridas en educación post-secundaria.

L_i , puede ser modelada en la práctica como la inversión en nutrición, salud, entre otros. E_i puede ser mediada tal como se encuentra en los datos, es decir, en años totales de escolaridad. Así, para cada individuo i , E_i crece de acuerdo a:

$$E_i = \begin{cases} u_i^E & \text{si } E_i \leq 12, \\ 0 & \text{si es de otro modo} \end{cases} \quad [26]$$

Donde $u_i^E \in [0,1]$ denota el tiempo pasado en las escuelas primaria y secundaria. Entonces el número total de años de educación de la población en su conjunto es:

$$E = \sum_{i=1}^M E_i, \quad [27]$$

Y la tasa de crecimiento de E será:

$$\dot{E} = \sum_{i=1}^M \dot{E}_i - \delta E, \quad [28]$$

Donde δ es la probabilidad de muerte en cada periodo. Para hacer más simple el modelo se asume que cada vez que una persona nace, otra muere.

Las habilidades científicas S_i son diferentes a las habilidades adquiridas en la educación primaria y secundaria, y se miden con los años de educación post-secundaria. En la práctica pueden usarse medidas más especializadas para cada una de las habilidades, lo importante es entender que más de un tipo de habilidades participan en la producción. Siguiendo el proceso de las ecuaciones [26], [27] y [28], el crecimiento de las habilidades científicas es el siguiente:

$$\dot{S} = \sum_{i=1}^M \dot{S}_i - \delta S, \quad [29]$$

De manera similar se define una medida de la experiencia acumulada en el trabajo. Así, Z denota el total de horas-hombre dedicadas a trabajar. Z , puede ser dividido en el sector que produce bienes de consumo u_i^C o en el sector que produce insumos intermedios para la producción $u_i^{X_j}$:

$$Z_i = u_i^L + \sum_j u_i^{X_j} \quad [30]$$

$$\dot{Z} = \sum_{i=1}^M \dot{Z}_i - \delta Z \quad [31]$$

El introducir L, E y Z , como insumos separados en la producción es menos restrictivo que su introducción convencional en la que los tres pueden ser medidos en unidades comunes de eficiencia de horas-hombre dedicados

a la producción. De esta manera el modelo es más explícito con los diferentes tipos de insumos intangibles. Una característica especial de este tipo de insumos es que se encuentran limitados en términos per capita. Es decir, no pueden exceder el tiempo de vida de la gente en la economía.

Por otro lado, el conocimiento se comporta de una manera distinta. La característica que hace que las habilidades cognitivas sean fáciles de incluir en los modelos económicos es precisamente el hecho de que sean ilimitadas. Un insumo intangible como el conocimiento científico no está adherido únicamente a un individuo en particular. Esto significa que pueden crecer sin límite, pero no hay que perder de vista que a pesar de no ser rival, puede ser excluyente.

La idea de que un bien intangible como el conocimiento es parcialmente excluyente es común. El hecho de que es un bien no rival, recibe menos atención pero es igualmente importante. El conocimiento es no rival en el sentido de que las mismas ideas pueden ser usadas simultáneamente por más de una persona sin ningún problema y sin que ésta se haga menos productiva. La no rivalidad es determinada por la tecnología. En contraste, la exclusión es determinada por la tecnología y las instituciones legales de cada economía.

Cuando un bien es rival por naturaleza, al usarlo excluyes a los otros de hacerlo. Sin embargo, si es no rival, para excluir a los demás de su uso, se requiere de protección tecnológica (como codificaciones) o de la ayuda del sistema legal para evitar que otros lo utilicen (por ejemplo las patentes). El modelo neoclásico de Solow (1956) reconoce implícitamente la no rivalidad del conocimiento, pero no reconoce la posibilidad de que el conocimiento es proporcionado de forma privada por las empresas. Arrow (1962) en cambio, reconoce que el conocimiento a pesar de ser no rival, es proporcionado de manera confidencial por algunas empresas. Romer (1986) y Lucas (1988) introducen normas de conocimiento que son parcialmente excluyentes y rivales, y parcialmente no excluyentes y no rivales.

Antes de continuar con el modelo es importante reconocer que en la práctica puede resultar muy costoso hacer del conocimiento un bien excluyente.

Además aunque las patentes y los derechos de protección fueran perfectos, de tal forma que la exclusión sea perfecta. Aún queda el hecho de que muchas empresas utilizan insumos intermedios que no tienen ningún tipo de protección y que además son no rivales y no excluyentes.

La producción de bienes de consumo es denotada por C y a su vez es una función del trabajo $L^C = \sum_i u_i^C L_i$, la educación $E^C = \sum_i u_i^C E_i$, la experiencia $Z^C = \sum_i u_i^C Z_i$ y otros insumos intermedios $X^C = (X_1^C, X_2^C, \dots)$. Entonces, la función de producción de C de acuerdo a sus insumos será:

$$C = C(L^C, E^C, Z^C, X^C).$$

La función de producción parece omitir el conocimiento o tecnología y el capital. Dicha omisión es sólo aparente, pues, diferentes tipos de capital son incluidos con los insumos intermedios X^C , como son computadoras, camiones y maquinarias. De manera similar la tecnología y el conocimiento están incluidos en (L, E, Z) y de manera indirecta en los insumos X^C . Por otro lado parece que aún hay un insumo que no está siendo considerado, es decir, las habilidades científicas S_i . Su intervención no es a través de la educación como puede ser pensado²⁰, sino a través de la introducción de nuevos bienes.

Para entender lo anterior se supone que la lista de insumos intermedios X puede ser infinita. Sin embargo en un determinado tiempo sólo pueden ser utilizados aquellos que en realidad existen, es decir, no es posible utilizar una computadora que funcione con energía eólica en vez de energía eléctrica, puesto que aún no existe. El modelo para la introducción de nuevos insumos de producción se describe brevemente a continuación.

²⁰ Recuérdese que E_i es una medida de la educación básica. El efecto de la ciencia en las habilidades cognitivas básicas es tan pequeño como para ser tomado en cuenta.

Asúmase que C está integrada por una lista finita de insumos intermedios X_j , para los cuales un diseño²¹ ha sido inventado. El stock de X_j incrementará cada vez que un nuevo diseño sea inventado, y decrece por la depreciación ρ . Al igual que para C , la producción de unidades de X_j es una función de la cantidad de trabajo $L^{X_j} = \sum_i u_i^{X_j} L_i$, la educación $E^{X_j} = \sum_i u_i^{X_j} E_i$, la experiencia $Z^{X_j} = \sum_i u_i^{X_j} Z_i$ y otros insumos X^{X_j} :

$$X_j = X_j(L^{X_j}, E^{X_j}, Z^{X_j}, X^{X_j}) - \rho X_j \quad [32]$$

Las funciones de producción del tipo C y X_j son homogéneas de grado uno. Los costos en los que se incurre en la creación de nuevos diseños son cuasi fijos. El aspecto no rival de los nuevos diseños es modelado con la introducción de una variable adicional denominada A , (A por ciencia Aplicada). Una variable de conocimiento es incluida también B (B por ciencia Básica), que es no rival y no excluyente. La principal diferencia entre ambas variables es que A es excluyente.

A mide el número total de diseños existentes. De tal forma que una unidad de A debe ser producida antes de poder producir una nueva unidad de X_j , por lo tanto A también mide el número total de tipos de bienes que existen. Así $X_j = 0$ si $j > A$. Si $j \leq A$, el nivel de producción de X_j depende sólo de los insumos en la producción $X_j(L^{X_j}, E^{X_j}, Z^{X_j}, X^{X_j})$.

Una forma de ejemplificar todo lo que hasta este momento se ha expuesto es con un modelo simple que capture el papel de la ciencia y del conocimiento. Para empezar se supone que las funciones de producción de los bienes intermedios de capital y los bienes de consumo tienen la misma forma funcional:

²¹ Se utiliza el término diseño como traducción del término *Design* del documento original en inglés.

$$X_j(L, E, Z, X) = C(L, E, Z, X) = G(L, E, Z, X), \text{ para todos los valores } j = 1, 2, 3, \dots$$

[33]

Este supuesto elimina las diferencias en la intensidad de los factores, es decir, los insumos (L, E, Z, X) serán utilizados en cantidades iguales en las actividades productivas, y un cambio en la producción de una actividad requiere sólo un cambio de escala en las otras actividades. Basándonos en la forma funcional de Dixit y Stiglitz (1982) una forma simple de expresar $G(\cdot)$ es

$$G(L, E, Z, X) = L^\alpha E^\beta Z^\gamma \sum_{j=1}^{\infty} X_j^\mu \quad [34]$$

Esta es una función homogénea de primer grado pues $\alpha + \beta + \gamma + \mu = 1$. Otra característica de esta función es que todos los insumos intermedios X_j tienen efectos simétricos en la producción. Tomando en cuenta estas características es posible definir el capital agregado como $K = \sum_j X_j$, dado que $X_j = X_k$ siempre que j y k sean menores o iguales a A .

Con estos supuestos es posible definir la producción agregada Y como una función de la cantidad total de trabajo utilizada en la producción de bienes, $L^Y = L^C + \sum_j L^{X_j}$; la educación, $E^Y = E^C + \sum_j E^{X_j}$; la experiencia, $Z^Y = Z^C + \sum_j Z^{X_j}$; el capital total, $K^Y = \sum_k \sum_j X_j^{X_k} + \sum_j X_j^Y$; y el número total de diseños en existencia A .

Aunque A no aparece en las funciones de producción (C, X_j) , su presencia es importante para determinar si un incremento de K es causado por un incremento en la cantidad de A o un incremento en el stock de X_j .

Si $X(K^Y, A)$ representa la lista de insumos intermedios con la propiedad $X_j = X^Y / A$ para $1 \leq j \leq A$ y $X_j = 0$ para $j > A$. Entonces

$$F(L^y, E^y, Z^y, K^y, A) = G(L^y, E^y, Z^y, X(K^y, A)) \quad [35]$$

Si transformamos la ecuación a una de la forma de la ecuación [34]

$$F(L, E, K, A) = L^\alpha E^\beta Z^\gamma K^\mu A^{1-\mu} \quad [36]$$

En cualquier momento, $Y = F(L^y, E^y, Z^y, K^y, A)$ representa la producción total, que a su vez puede ser dividida entre el consumo y la acumulación de insumos adicionales X , o de K adicional:

$$Y = F(L^y, E^y, Z^y, K^y, A) = C + \dot{K} \quad [37]$$

Para una cantidad fija de A , el modelo se reduce a una descripción de la tecnología que es muy similar a la neoclásica. El trabajo físico, la educación y la experiencia se han introducido de manera separada para evitar confusión con el uso del término capital humano.

Romer (1990) amplía las ideas de su modelo presentado en 1989. La única diferencia es que ahora considera que la tecnología de investigación va a depender únicamente de trabajo o capital humano. Por lo demás el modelo es similar, por lo que no será presentado en este trabajo²². Únicamente retomaremos las ideas acerca del equilibrio para entender un poco más al respecto. Romer (1990) reconoce que su modelo se basa en tres premisas:

1. El cambio tecnológico es el motor del crecimiento económico. Entendiéndose por progreso tecnológico la invención de nuevos conocimientos y el incremento en las habilidades del capital humano.
2. El cambio tecnológico se debe en gran parte a las acciones tomadas por los individuos para responder a los incentivos del mercado. El proceso en el que el conocimiento es traducido en bienes con un valor práctico, o tangibles.

²² Este trabajo de investigación recreará el modelo econométrico presentado por Romer en 1989, por lo tanto es hacia ese modelo al que más atención se presta.

3. El tercero y más importante, es que el conocimiento (habilidades para trabajar) son completamente diferentes de los bienes comunes.

La mayoría de los modelos de crecimiento agregado, incluso los de externalidades, (Romer 1986 y Lucas 1988) se han presentado como modelos de competencia perfecta (en la que los agentes son tomadores de precios). De acuerdo a las tres premisas citadas arriba, un modelo de competencia perfecta ya no será la solución. Al crear un nuevo diseño una empresa incurre en un precio²³ fijo que es recuperado vendiendo los bienes a un precio mayor que su precio de producción.

Supóngase que la producción F es una función de insumos rivales (X) e insumos no rivales (A). Entre los insumos rivales podemos encontrar el capital físico y el trabajo (K, L) y en los insumos no rivales la producción de nuevos diseños o conocimiento (A). $F(A, X)$, es una función del tipo $\lambda F(A, X) = F(A, \lambda X)$ debido a que la lista de insumos (X) es finita. Si (A) es igualmente productiva, entonces F no puede ser una función de producción cóncava porque $F(\lambda A, \lambda X) > \lambda F(A, X)$.

Por las propiedades que le confieren el ser una función homogénea de primer grado, una empresa con una función de este tipo no puede ser tomadora de precios. Si se vende al costo marginal de producción, los ingresos serán iguales a los salarios de los trabajadores y al interés del capital físico. Generalizando, siempre que $F(A, X) = X * (\partial F / \partial X)(A, X)$, entonces:

$$F(A, X) < A * (\partial F / \partial A)(A, X) + X * (\partial F / \partial X)(A, X) \quad [38]$$

²³ Es importante notar que se incurre en un precio fijo una sola vez. Una vez que se tiene la fórmula para crear una malteada, cada vez que se produzca una nueva malteada no será necesario pagar de nuevo el precio. La fórmula podrá ser utilizada un sin número de veces y por más de una empresa al mismo tiempo.

En este caso el factor (A) no recibe compensación alguna²⁴. El resultado será un modelo con un precio de monopolio por arriba del costo marginal. Con el fin de que se incentive la producción de nuevos conocimientos.

Imaginemos una economía en la que la invención de nuevas ideas no tenga retribución alguna. Sin duda alguna nadie estaría dispuesto a dedicar su tiempo a la investigación. Desde el momento en que el modelo de Romer atribuye el crecimiento económico a las ideas, entonces no habría crecimiento en la economía. Como esto no es posible, entonces un precio de monopolio es cargado para compensar los esfuerzos de investigación.

Una solución alternativa sería el subsidio por parte del gobierno. Solución desechada por Romer, pues considera que el sistema económico sería más complicado. Al existir un subsidio por parte del gobierno necesariamente existe su contraparte, es decir un impuesto, o una nueva estructura tributaria que crea ineficiencia en la economía.

²⁴ El teorema de Euler dice que $F(A, X) = A * \left(\frac{\partial F}{\partial A}\right)(A, X) + x * \left(\frac{\partial F}{\partial X}\right)(A, X)$. En este caso no es una igualdad porque (A) es un bien no rival y no recibe compensación.

Capítulo 3. Las Externalidades del Capital Humano en el Crecimiento Económico

Ante la imposibilidad de los modelos neoclásicos para explicar el crecimiento de largo plazo, surgen los modelos de crecimiento endógeno, y el capital humano empieza a jugar un papel importante en la explicación del crecimiento económico. Más precisamente, las externalidades del capital humano son consideradas como un motor del crecimiento de la productividad. Lo anterior despierta el interés de los economistas por medir dicho fenómeno económico.

Surgen modelos empíricos, cuya base teórica es neoclásica, que intentan incluir el efecto del capital humano en el crecimiento económico. Pero estos continúan sin resolver el problema del crecimiento a largo plazo. Pues convergen hacia un estado estacionario. Esta es una de las ventajas que presentan los modelos de crecimiento endógeno. En los cuales, el capital humano permite explicar un efecto tasa y no un efecto nivel en el crecimiento²⁵.

De acuerdo con Nicholson (1997, 523) *“existe una externalidad siempre que las actividades de un agente económico afectan las de otro de una manera que no se refleja en las transacciones del mercado”*. Retomando dicha definición es que se estudian las externalidades de capital humano. Con sólo ver la definición nos podemos dar cuenta del principal problema: su medición. Si no es posible observarlas en las transacciones de mercado, luego entonces ¿como habrán de ser medidas? Una larga discusión se ha despertado al respecto. En las siguientes líneas trataremos de entender un poco más de este fenómeno económico.

Las externalidades del capital humano pueden ser muy diversas, pero de manera general se pueden clasificar en externalidades de mercado (dinámicas

²⁵ La literatura de los efectos tasa y efectos nivel es muy amplia. Para efectos de este trabajo basta con mencionarlos y conocer su diferencia.

y estáticas) y las de no mercado²⁶. Las primeras estudian de manera directa la relación entre la educación y el crecimiento económico y las segundas utilizan variables como la salud, tasas de fertilidad, índices de delincuencia, niveles de democracia, entre otros, para medir el impacto de las externalidades²⁷.

Para los objetivos perseguidos en este trabajo basta con hacer una revisión de la evidencia empírica más importante de las externalidades de mercado. Recordemos la función de producción general que incluye externalidades:

$$Y = AK^\alpha H^\beta (h^\varepsilon L)^\gamma \quad [39]$$

El significado de las variables es el usual, mientras que $h = H/L$. En el modelo neoclásico A es considerada como exógena, por otro lado, en los modelos endógenos depende de H o de H/L .

Evidencia Micro

En los últimos años se ha estudiado el efecto de lo que algunos economistas denominan *externalidades de mercado estáticas*. Para hacerlo se utiliza la ecuación de ingresos de Mincer (1974), que predice una relación de equilibrio entre los años de escolaridad, los años de experiencia y el nivel de ingresos.

$$\log E = b + cs + d(x) \quad [40]$$

Donde $d[x]$ es una función frecuentemente considerada como cuadrática en la evidencia empírica. El coeficiente c generalmente es interpretado como la tasa de retorno de la escolaridad. Usualmente los valores encontrados para dicha

²⁶ Davies (2003) hace una exhaustiva revisión de la evidencia de ambos tipos de externalidades.

²⁷ McMahon (2001) presenta amplia evidencia del efecto de las externalidades de no mercado en el crecimiento económico.

tasa de retorno fluctúan entre el 7 y el 10% para países como Canadá y Estados Unidos (Davies, 2003).

La ecuación de Mincer (1974), ha sido estimada utilizando micro y macro evidencia. Entre el primer grupo de estudios son notables los realizados por Heckman y Klenow (1997) que encontraron una tasa de retorno de 23%. Topel (1999) reporta resultados del 22.65%. Bloom (2001) encuentra que la tasa de retorno es del 11.6%.

Los resultados anteriores corresponden a regresiones cuya única variable dependiente es el nivel de escolaridad. Sin embargo, al introducir otras variables como la expectativa de vida, las tasas caen hasta a un 6.2% (Topel, 1999). De tal forma que concluyen que utilizar la ecuación de Mincer con datos macroeconómicos no ayuda a explicar el efecto de las externalidades de la educación. Davies (2003), sugiere que se requiere mayor investigación en este campo antes de concluir que no existen externalidades de la educación en el crecimiento económico.

Cuando se utiliza la ecuación de Mincer con datos micro, el panorama es distinto. Wolfe y Haveman (2001), evalúan el "*neighborhood effect*", es decir, el efecto de los padres, y en ocasiones de otros familiares cercanos, en el éxito o fracaso de los estudiantes. Encuentran que los familiares son determinantes para saber si los jóvenes terminarían su formación en el nivel bachillerato.

Otro importante estudio de las externalidades del capital humano es el efecto de los años de escolaridad sobre el nivel de ingreso. Rauch (1993) encuentra que el ingreso individual se incrementa hasta en un 3.1% por cada año adicional de formación escolar.

En el caso de México, tenemos estudios que confirman a nivel microeconómico que existe una relación positiva entre educación y salarios, Barceinas y Raymond, (2003), encontraron que para el año de 1998, los rendimientos privados y sociales de la educación resultaban positivos (rendimientos privados marginales en promedio 16.5% y rendimientos

marginales sociales en promedio de 12.72%) en todos los niveles de educación. Obteniéndose los mayores rendimientos marginales en los estudios de preparatoria, seguidos de los universitarios, secundarios y finalmente los de primaria.

Evidencia Macro

En 1992, Mankiw, Romer y Weil (MRW) utilizaron la función de producción [39] pero considerando $\varepsilon = 0$:

$$Y = AK^\alpha H^\beta L^\gamma \quad [41]$$

En la función [41] H y L entran de manera separada como factores de la producción. MRW trataron de mostrar que el modelo neoclásico era capaz de explicar con mayor realismo el crecimiento económico. Concluyeron que casi el 80% de las diferencias entre los ingresos per capita en el mundo pueden ser explicados por las diferencias en capital humano y físico existentes.

Klenow y Rodríguez-Clare (1997) critican el modelo MRW reconstruyéndolo, pero utilizan la matrícula en educación primaria, secundaria y bachillerato como *proxy* del capital humano (el modelo original únicamente considera la matrícula de secundaria). Encuentran que la proporción del crecimiento que es explicada por el capital humano se reduce en un 20%.

Barro (2001) realiza un estudio con datos de panel para 100 países, para tres periodos diferentes: 1965-1975, 1975-1985, 1985-1995. La variable dependiente es la tasa de crecimiento del PIB real per capita en cada uno de los tres periodos. Entre sus variables explicativas se encuentra la educación modelada con los años promedio de educación secundaria y de bachillerato de la población mayor de 25 años. Encuentra un efecto positivo y significativo. De tal forma, que un año más de educación conducirá a un incremento del PIB per cápita del 19%. Estos resultados son consistentes con la idea de que la educación contribuye con el incremento de la productividad, vía externalidades.

Por su parte, Benhabib y Spiegel (1994) estimaron una función de producción del tipo [41] para una muestra de 78 países, utilizando el cambio en las tasas de escolaridad para medir el capital humano. Encontraron que el efecto del capital humano es pequeño y no significativo. Lo cual sugiere que los niveles de escolaridad tienen una correlación con el crecimiento del PIB per cápita, pero no se puede concluir lo mismo para los cambios en la educación.²⁸ Para comprobar lo anterior, Benhabib y Spiegel (1994) desarrollaron también un modelo para medir el impacto del capital humano en la adopción de tecnología e innovación. En este modelo utilizaron el stock de capital humano, en vez de su tasa de cambio y encontraron que para los países con altos ingresos per cápita, el crecimiento está directamente relacionado con los stocks de capital humano.²⁹

Bils y Klenow (2000) usaron la ecuación de los ingresos de Mincer (1974) y estimaron el crecimiento del ingreso per cápita contra los niveles de escolaridad. Encontraron que por cada año de escolaridad que se aumente, el ingreso per cápita crecerá en 0.3%. Resultado poco alentador si se compara con el modelo de Barro (2001). Incluso en algunas modificaciones a su modelo se encontraron con relaciones negativas entre el capital humano y el crecimiento del ingreso. Bils y Klenow (2000) concluyeron que las medidas del capital humano ayudan a explicar una gran parte del residual del crecimiento del ingreso que no es explicada por el capital físico. Lo cual es consistente con la idea de que las externalidades del capital humano son importantes para el crecimiento económico.

La evidencia presentada hasta el momento hace referencia a muestras que incluyen todo tipo de países. Pero cuando la atención se centra únicamente a países ricos, los efectos son más pequeños e incluso no significativos. La OCDE, y autores como Lindahl y Krueger (1999) creen que el problema se debe a los errores de medición. De la Fuente y Domenech (2000) construyeron una base de datos mejorada para medir el capital humano. Utilizando dicha

²⁸ Resultados similares son reportados por Pritchett (1999), y Krueger y Lindahl (2000)

²⁹ Los mismos Benhabib y Spiegel consideran que esta es la razón por la que el efecto del capital humano es positivo y significativo en el modelo de Barro (2001).

base encuentran que el capital humano tiene un importante efecto positivo sobre el crecimiento de la economía. Para los países de la OCDE, un año extra de escolaridad representa un incremento del 6% del ingreso per cápita.

Modelos de tecnología endógena

Por otro lado los teóricos del crecimiento endógeno utilizan una función reproducción de la forma:

$$Y = AK^\alpha H^{\beta-\gamma} \quad [42]$$

Las externalidades del capital humano actúan a través de A que a su vez es explicada por H . En este caso las externalidades del capital humano contribuyen a la *productividad total de los factores* (PTF). Las ideas anteriores son el fundamento de la teoría crecimiento endógeno. Es decir, debido a las externalidades, la producción en la economía como una función del stock de conocimientos y otros insumos (en la que se incluya el capital humano) exhibirá rendimientos crecientes como resultado de la productividad marginal creciente del conocimiento.

Los principales exponentes del crecimiento endógeno, Romer (1986) y Lucas (1988), también opinan al respecto. Lucas argumenta que para poder entender el patrón de comportamiento de las distintas tasas de crecimiento del ingreso en el mundo, es necesario entender primero la dinámica de las externalidades del capital humano como motores del crecimiento económico. Por su parte Romer (1989) desarrolla un modelo empírico para fortalecer su modelo teórico. A continuación se expone con mayor detalle.

3.1 Implicaciones Teóricas del Modelo de Romer

Recordemos que la tasa de crecimiento de la ciencia básica (B) se puede entender como exógena, pero esto no reduce el modelo a uno de tipo neoclásico porque (B) no tiene un efecto directo sobre el crecimiento de la

producción. La ecuación [36]³⁰ representa la función de producción del modelo. En ella se encuentra el término A . Donde a su vez es una función:

$$\bar{A} = A(E^A, S^A, A^A, B^A, X^A) \quad [43]$$

La producción de nuevos diseños depende a su vez de (B) , luego entonces existe un efecto indirecto de (B) sobre el crecimiento de la producción. Lo anterior conduce a la conclusión de que la introducción de nuevos bienes o nuevos conocimientos en la economía tendrán un efecto positivo en el crecimiento del producto.

Una estrategia para determinar el efecto de A en la economía es a través de los componentes que determinan su crecimiento (B) . Es entonces cuando surge el principal problema, la disponibilidad de datos. Medidas directas de A o de su tasa de cambio (B) no están disponibles, sin embargo es muy probable que bajos niveles de A sean asociados a bajos niveles de ingreso per cápita. Por lo tanto podemos partir del supuesto de que si todo lo demás permanece constante, se espera que los países pobres tengan un crecimiento más rápido de A , y por lo tanto en el crecimiento de la producción.

El problema de la disponibilidad de datos se puede solucionar utilizando variables *proxies*. Incrementos en el stock total de educación y desarrollo científico conducen a incrementos en la cantidad de A . La tasa de crecimiento de A debe, además, ayudar a explicar el crecimiento en K y la tasa de crecimiento del ingreso.

De acuerdo con la ecuación $K = \eta A \bar{x}$, cuando el nivel de los insumos intermedios $\left(\bar{x}\right)$ es fijo, en la solución de crecimiento balanceado, la tasa de crecimiento de A es idéntica a la tasa de crecimiento de K . Es decir, que

³⁰ $F(L, E, K, A) = L^\alpha E^\beta Z^\gamma K^\mu A^{1-\mu}$

cuando aumenta la inversión en la economía, se espera un aumento igual en A . En una regresión deben ser incluidos el nivel de inversión o el nivel de educación por separado, pues de lo contrario el modelo presentará colinealidad. Porque la inversión recoge el efecto de A en la economía.

En resumen, las implicaciones empíricas de este análisis son que las variables del nivel de capital humano estarán correlacionadas no sólo con la tasa de crecimiento del ingreso per cápita, sino además con el nivel de la inversión. Es posible que las variables de capital humano no sean significativas en una regresión de la tasa de crecimiento del producto que incluya también a la inversión. Entonces el nivel de inversión debe explicar la tasa de crecimiento del producto y el cambio en capital humano debe explicar la inversión. De acuerdo con Romer (1986) una tendencia para los países menos desarrollados es que las altas tasas de crecimiento de A ocasionarán una relación negativa entre el nivel inicial de ingreso y su tasa de crecimiento a lo largo de un periodo.

Las conclusiones del modelo de Romer se han visto respaldadas por otro tipo de modelos que evalúan el efecto indirecto del capital humano sobre el crecimiento de la productividad, y el efecto directo del capital humano sobre la inversión, Neira y Guisán (2002) hacen una importante revisión del tema.

Barro (1997) estimó regresiones en las cuales la variable dependiente es la inversión. El autor encuentra que la inversión es determinada por varios factores económicos entre los que juega un papel importante el capital humano.

Neira y Guisán (2002) presentan unos modelos econométricos en los que el efecto de capital humano en el crecimiento se estudia a través de dos ecuaciones, una ecuación para la función de producción que recoge el efecto directo de la educación sobre la producción, y una ecuación que recoge el efecto del capital humano en la inversión, y que por lo tanto implica un efecto indirecto sobre la producción.

3.2 Un Modelo de Externalidades del Capital Humano para México

Los supuestos

Se estimará un modelo econométrico bajo los siguientes supuestos:

1. La tasa de crecimiento del PIB per capita será una función de la dotación inicial del ingreso, del gasto del gobierno y de la introducción de nuevos bienes en la economía.
2. Las externalidades del capital humano generadas se incorporan en nuevas tecnologías que se convierten en el motor del crecimiento económico de largo plazo, en tanto que el capital humano presenta rendimientos crecientes a escala.
3. Los efectos de las externalidades del capital humano sobre el crecimiento económico tienen un impacto indirecto en tanto que se incorporan en la función de producción de forma indirecta, y es la inversión quien absorbe el efecto de dichas externalidades.

Siguiendo los supuestos anteriores, se presenta evidencia empírica para el caso de México en el periodo 1980-2002. Los datos utilizados fueron obtenidos en el Sistema de Cuentas Nacionales del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. La base de datos está integrada con información de los 31 estados de la república y el Distrito Federal. Los datos utilizados en el modelo empírico se explican en la tabla 1.

Las variables utilizadas son similares a las utilizadas por Romer (1989) en su modelo original. De tal forma que los resultados reportados en este trabajo de investigación reportan la relación existente entre el alfabetismo, la tasa crecimiento del ingreso per cápita y la inversión. Al igual que en el modelo original se opta por utilizar el alfabetismo y no otras medidas de capital humano como años promedio de escolaridad o número de profesionistas.

Variable	Descripción
Gr_pib	Tasa media de crecimiento del producto interno bruto del periodo 1980-2002. Medido en puntos porcentuales.
Y80	Ingreso per cápita real de 1980, medido en pesos de 1980.
Gov	Gasto promedio del gobierno como porcentaje del PIB del periodo 1980-2002. Medido en precios corrientes. Se utiliza el PIB del gobierno como indicador.
Inv	Inversión promedio como porcentaje del PIB en el periodo 1980-2002. Medido en precios corrientes. Se utiliza la formación bruta de capital fijo.
Alf80	Porcentaje de la población que sabe leer y escribir en el año 1980.
Ch_alf	Tasa de crecimiento de la población alfabeta en el periodo 1980-2002.
Cban	Captación bancaria promedio como porcentaje del PIB en el periodo 1980-2002. Captación tradicional en la banca.

Tabla 1

Estimación y Resultados del Modelo Econométrico

De acuerdo al planteamiento teórico del modelo, el crecimiento del producto (en este caso del ingreso per cápita) dependerá de la dotación inicial de los factores (ingreso per capita de 1980), de los gastos del gobierno y de la introducción de nuevos diseños o bienes en la economía que se refleja en la inversión, y además, de los efectos del capital humano. Una diferencia importante entre este modelo y los neoclásicos es que se mide el efecto tasa del capital humano sobre el crecimiento del producto y no el efecto nivel.

Para comprobar las implicaciones empíricas del modelo se utilizó la plataforma econométrica E-Views para estimar el siguiente modelo econométrico general:

$$Gr_pib = \alpha + \beta_Y Y80 + \beta_G Gov + \beta_I Inv + \beta_A Alf80 \quad [44]$$

Donde la variable dependiente es la tasa media de crecimiento del PIB per cápita en el periodo 1980-2002 (Gr_pib). El término (β_Y) representa el efecto del ingreso per cápita inicial (1980), el tercer término (β_G) el gasto del gobierno, el cuarto término (β_I) es la inversión, finalmente el término (β_A), representa el efecto del capital humano. Se utiliza el método de mínimos cuadrados ordinarios con datos de corte transversal, y se obtienen los siguientes resultados:

Variable dependiente (Gr_pib)				
α	$Y80$	Gov	Inv	$Alf80$
2.5245	-0.1955	-0.3534	-0.0569	0.0515
(1.2331)*	(-6.2628)	(-4.0871)	(-1.8021)*	(2.3265)

Tabla 2

Esta regresión es el punto inicial de nuestro análisis. Los valores entre paréntesis son del estadístico t y el símbolo (*) es para coeficientes no significativos al 95% de probabilidad. La tabla 1 presenta un problema importante, es decir, la relación entre inversión y crecimiento. La teoría afirma que existe una relación positiva entre los niveles de inversión y el crecimiento del producto. Sin embargo la estimación nos da el resultado contrario.

Debe aclararse que como *proxy* de la inversión en México se toma la formación bruta de capital fijo. Este es un indicador por demás aceptado entre los economistas. El problema es que no se encuentra disponible por entidad federativa. Únicamente es posible encontrar el dato nacional, por lo que fue necesario crear la variable extrapolando los datos nacionales y utilizando el PIB de construcción como ponderador para cada entidad federativa.

Para evitar los problemas que podrían causar al modelo la construcción de esta variable. En primera instancia, se optó por utilizar otras *proxies* para inversión

tales como el PIB de la construcción, la división 8 de Servicios Financieros del PIB, la formación bruta de capital del gobierno, captación bancaria entre otras (Cabrera, 2001). Sin embargo, con todas ellas se obtuvo la misma relación negativa entre inversión y la tasa de crecimiento del ingreso.

La tabla 2 sugiere que puede existir un error de medición en la variable inversión. Cualquier error en la medición de esta variable podría causar una correlación espuria negativa entre la inversión y la tasa de crecimiento del producto. La siguiente tabla comprueba lo anterior.

Variable dependiente (<i>Gr_pib</i>)				
Variables Instrumentales (<i>Y80, Gov, Cban, Alf80</i>)				
α	<i>Y80</i>	<i>Gov</i>	<i>Inv</i>	<i>Alf80</i>
-0.1131	-0.1958	-0.6708	0.1927	0.0418
(-0.0246)*	(-3.4469)	(-1.8679)*	(0.7402)*	(1.0081)*

Tabla 3

En la tabla 3 se utiliza el método de variables instrumentales para estimar la regresión. Además de las variables usadas en la ecuación, se incluye la variable instrumental captación bancaria (*Cban*) para corregir el error de medición en la variable inversión (*Inv*). La captación bancaria es una variable considerada como válida y compatible con el modelo teórico de acuerdo con la ecuación [37].³¹ Además, económicamente la captación bancaria está relacionada con las variables utilizadas en la regresión.

En la tabla 3 se observan los resultados esperados para el modelo. El modelo predice convergencia a través del coeficiente negativo del ingreso per cápita inicial. La variable del gasto de gobierno es también negativa, resultado que fortalece la existencia de un equilibrio monopólico en el modelo, pues, sugiere una ineficiente intervención del gobierno a través de una estructura de impuestos.

³¹ $Y = F(L^Y, E^Y, Z^Y, K^Y, A) = C + K$

El coeficiente de la inversión es positivo, lo cual sugiere que un incremento en A , tendrá efectos positivos en el crecimiento del producto. Por otro lado la variable alfabetización también resulta con coeficiente positivo. Sin embargo, nótese que como predice el modelo, ninguna de las dos variables es significativa. Barro (1989) encuentra resultados similares en su modelo al utilizar la matrícula de educación básica como *proxy* en su modelo. Para comprobar lo anterior se estima el siguiente modelo econométrico:

$$Gr_pib = \alpha + \beta_Y Y80 + \beta_G Gov + \beta_A Alf80 \quad [45]$$

Variable dependiente (Gr_pib)			
Variables Instrumentales ($Y80, Gov, Alf80$)			
α	$Y80$	Gov	$Alf80$
1.9228 (0.9159)*	-0.1955 (-6.0280)	-0.4258 (-5.3495)	0.0493 (2.1457)

Tabla 4

La regresión fue estimada con variables instrumentales, únicamente para continuar con el mismo método, pero los resultados obtenidos con una estimación de mínimos cuadrados ordinarios son exactamente los mismos. Por cuestiones de uniformidad las siguientes estimaciones se realizarán también con variables instrumentales.

La tabla 4 presenta evidencia de que el alfabetismo no tiene un efecto significativo en la regresión de la tabla 3 porque la inversión estaba incluida en la regresión. En esta última tabla se observa que el nivel de alfabetismo tiene un efecto positivo con la tasa de crecimiento del ingreso per cápita en México y que además dicho efecto es estadísticamente significativo.

Finalmente resta comprobar la hipótesis de que el capital humano causa un efecto directo en el crecimiento de la inversión, y por consiguiente este causa un efecto positivo en el incremento del producto. La tabla 5 reporta los resultados de la estimación de la ecuación [46] en la que la variable Inv

depende del ingreso per cápita inicial, del porcentaje de la población alfabetada en 1980, de la tasa de cambio en la población alfabetada del periodo 1980-2000³² (Ch_alf) y del gasto del gobierno.

$$Inv = \alpha + \beta_Y Y80 + \beta_G Gov + \beta_A Alf80 + \beta_{Ch} Ch_alf \quad [46]$$

Variable dependiente Inv				
Variables Instrumentales ($Y80, Gov, Alf80, Ch_alf$)				
α	$Y80$	Gov	$Alf80$	Ch_alf
19.0231	0.0586	1.1767	-0.0205	-1.1521
(1.4041)*	(0.3098)*	(2.5702)*	(-0.1489)*	(-1.3158)*

Tabla 5

El resultado obtenido no es congruente con los supuestos planteados para nuestro modelo. Las variables de capital humano incluidas en el modelo ($Alf80$ y Ch_alf) no presentan el signo esperado y no son estadísticamente significativas³³. Lo anterior produce un conflicto teórico. Es decir, ¿debemos tomar los resultados de la tabla 5 como verdaderos y desechar el modelo teórico?, o ¿debemos considerar los resultados estadísticos por sobre la teoría?

Para responder esta pregunta deben considerarse algunos elementos importantes para el caso particular de México. Recuérdese que si bien la variable inversión es una *proxy* que recoge el efecto de A sobre el crecimiento del producto. Los datos utilizados en esta investigación no son los mejores para este efecto, lo cual se comprobó al corregir el error de medición a través de la variable captación bancaria $Cban$. En este caso al ser la inversión la variable dependiente no hay manera de corregir el error en la medición. Por lo tanto los resultados obtenidos en la estimación pueden ser espurios.

³² No se cuentan con datos reales para el año 2002, pero se considera que en dos años la población alfabetada en México no debe cambiar mucho, pues en 20 años el cambio ha sido mínimo.

³³ El modelo presenta colinealidad en estas variables. Pues, Ch_alf es creada utilizando $Alf80$. Esto puede ocasionar que no sean significativas.

Por otro lado, y más importante aún. En México el efecto exógeno de las externalidades del capital humano sobre la inversión puede ser mayor que el efecto endógeno. México como muchos países en vías de desarrollo importa tecnología, por lo que las variables que miden las ideas o preparación del capital humano seguramente no tendrán ninguna relación con la creación de nuevos diseños A (Variable *Inv*).

De acuerdo a lo anterior, la razón por la que el efecto del capital humano (Alf_{80} y Ch_{alf}) no es significativa es porque en los países menos desarrollados se “camina sobre los hombros de gigantes” (Jones, 1998). Es decir, no se desarrollan nuevas tecnologías sino que se adaptan las ideas provenientes de los países desarrollados, por lo que el crecimiento de la ciencia es una característica externa.

Debe quedar claro que el modelo de crecimiento endógeno en el caso de México no se reduce a uno del tipo neoclásico. En el modelo neoclásico la tecnología es una variable totalmente exógena al modelo. En este modelo, la fuente de crecimiento de la tecnología es externa para México, pero endógena en el modelo. De tal forma que en los países creadores de tecnología la tasa de crecimiento de la producción de ideas será endógena. Hecho comprobado con el modelo de Romer (1989).

Conclusiones

Ante el fracaso del modelo neoclásico en la explicación del crecimiento de largo plazo³⁴, surge la nueva escuela del crecimiento endógeno. De acuerdo con Dowrick (2003), una de las diferencias cruciales entre la teoría neoclásica y la del nuevo crecimiento es si la tasa de crecimiento a largo plazo en la economía es causada por fuerzas exógenas o puede ser influenciada por política pública. En otras palabras si las políticas e instituciones que influyen en la acumulación de de capital (humano y físico) tienen efectos de largo plazo en el nivel o en la tasa de crecimiento económico³⁵.

El modelo propuesto por Romer (1986) es un modelo de equilibrio competitivo con cambio tecnológico endógeno en el cual el crecimiento de largo plazo es causado por la introducción de los conocimientos que generan rendimientos crecientes a escala. El proceso de producción del conocimiento es diferente al del capital físico (que se comporta como cualquier bien), el nuevo conocimiento es producto de un proceso de investigación que exhibe rendimientos decrecientes. Por su parte Lucas (1988), desarrolla un modelo de crecimiento en el cual las externalidades del capital humano son consideradas como el motor del crecimiento económico.

En el caso de la economía mexicana al estimar un modelo que incluye el efecto de las externalidades en la tasa de crecimiento, los resultados no son totalmente coherentes con la teoría. Cuando se estima una regresión cuya variable dependiente es la inversión de capital físico. Las externalidades del capital no son significativas y su signo es negativo.

Lo anterior es de particular importancia, pues, de acuerdo al modelo teórico de Romer (1989,1990) las externalidades del capital humano ejercen un efecto directo en la inversión. Es decir, a través de la creación de nuevo conocimiento

³⁴ La explicación de que es a través del progreso tecnológico no es satisfactoria, pues no explica de dónde proviene ese progreso tecnológico.

³⁵ Un efecto nivel es la inclusión del capital humano en la función de producción como un factor más, mientras que un efecto "tasa" es dado por su interrelación a través del efecto que el capital humano ejerce en el I+D.

se genera un aumento en la existencia de bienes tangibles en la economía. Y esto a su vez, impacta positivamente las tasas de crecimiento del producto.

Para el caso de la economía mexicana las cosas no funcionan de la misma manera. Se considera que esto puede deberse a dos causas.

En primer lugar, estadísticamente es posible argumentar la existencia de un error de medición, lo cual ocasiona resultados espurios en las estimaciones. Conclusiones similares han sido expresadas por De la Fuente y Domenech (2000) quienes concluyen que el principal problema de los modelos de capital humano es la debilidad en los datos utilizados como variables *proxies*. El mismo De la Fuente (2004) comprueba que las mejoras en la calidad de los datos se traducen en resultados más positivos sobre la contribución del capital humano al crecimiento económico.

Por otro lado, bajo el supuesto de que los datos utilizados son los mejores, podemos observar que en México como en muchos de los países en vías de desarrollo, gran parte de los conocimientos y la tecnología son importados. Esto puede ocasionar que su crecimiento no tenga efecto en la inversión. De tal forma que la tasa de crecimiento de la tecnología en México sea determinada por el sector externo.

Además, nuestro modelo no sólo utiliza los stocks de capital humano, sino también la tasa de cambio de dichos stocks en el periodo de estudio. Modelos como el de Benhabib y Spiegel (1994) encontraron que las tasas de cambio del capital humano no son significativas en la explicación del crecimiento económico. Este parece ser el caso de México, pues la variable $Alf80$ que representa los stocks de capital, es significativa y de signo positivo. Sin embargo, cuando se incluye en el modelo su tasa de cambio (Ch_alf), pierde la significancia y además es de signo negativo.

Esto sugiere que al ser exógena la tasa de crecimiento tecnológico, los efectos de sus externalidades no están siendo capturados por la formación de nuevos diseños en la economía.

Con el trabajo empírico realizado hasta ahora no puede concluirse si el efecto de las externalidades del capital humano es significativo en México. Pero los resultados deben ser observados con mucha cautela. Es conveniente señalar algunos puntos de vista interesantes.

Los stocks de capital humano ayudan a explicar la tasa de crecimiento del PIB per cápita en México. Sin embargo, no sucede lo mismo cuando la variable estudiada es la inversión. Esto sugiere que los esfuerzos en investigación desarrollo de nuevas tecnologías deben ser incrementados en nuestro país.

Finalmente el modelo que se presenta en esta tesis puede no ser el mejor, pero sin duda alguna abre una puerta a una amplia gama de investigaciones que pueden ser mejoradas mediante la creación de mega datos como lo hizo De la Fuente (2004). Además brinda una nueva visión empírica del crecimiento económico en México diferente a la neoclásica.

En la medida que el lector comprenda la importancia de los hallazgos económicos y estadísticos obtenidos con este modelo, los objetivos de investigación habrán sido cumplidos.

Fuentes

- ARROW, K.J. (1962). "The Economic Implications of Learning by Doing", *Review of Economic Studies*. Vol. 29 pp.155-173.
- BARCEINAS PAREDES F. y RAYMOND BARA J. (2003). "¿Es Rentable para el Sector Público Subsidiar la Educación en México?"; *Investigación Económica*, Vol. LXII, 244, abril-junio. pp.141-163.
- BARRO, R.J. (1997). *Determinants of Economic Growth: A cross country empirical study*. Massachusetts Institute of Technology. USA
- BARRO, R.J. (1999), "Determinants of Democracy", *Journal of Political Economy*, 107(6), Part 2, Dec. pp. 158-183.
- BARRO, R.J. (2001), "Human Capital and Growth", *American Economic Review Papers and Procdings*, Vol.91. pp. 12-17.
- BECKER, G. (1964). *Human Capital*. New York: Columbia University Press, for the National Bureau of Economic Research.
- BENHABIB, J. y SPIEGEL M.M. (1994), "The Role of Human Capital in Economic Development: Evidence from Aggregate Cross-Country Data", *Journal of Monetary Economics*, Vol. 34 (4). pp. 143-173.
- BILS, M. y KLENOW P. (2000), "Does schooling Cause Growth?", *American Economic Review*. Vol. 90 (5). pp 1160-1183.
- BLOOM, D., CANNING, D. y SEVILLA J. (2001). "Health, Human Capital and Economic Growth", *Commission on Macroeconomics and Health Working Paper Series*, No. WG1:8, WHO.

- CABRERA CASTELLANOS, F. (2001), "Crecimiento Económico y convergencia Regional en México 1970-1995". Universidad de Quintana Roo. Anuario de la División de Ciencias Económico Administrativas. pp. 105-134.
- CHIPMAN J. S. (1970). "External Economies of Scale and Competitive Equilibrium", Quarterly Journal of Economics. Vol. 84, pp 347-385.
- DAVIES, J. (2003). "Empirical Evidence on Human Capital Externalities". University of Western Ontario.
- DE LA FUENTE, A. y ROCHA J.M. (1996). "Capital Humano y Crecimiento: Un panorama de la Evidencia Empírica y Algunos Resultados para la OCDE". Moneda y Crédito, n.203.
- DENISON, E. (1961). The Sources of Economic Growth in the United States. New York: Committee for Economic Development.
- DÍAZ BAUTISTA, A. (1999). Convergence, human Capital and Economic Growth. El Colegio de la Frontera Norte. Documento de Trabajo.
- DIXIT A. y STIGLITZ J. (1982). "Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity" American Economic Review 67. pp. 297-308.
- DOMAR, E.D. (1946). "Capital Expansion, Rate of Growth, and Employment", Econometrica. Vol. 14 pp. 137-147.
- DOMÉNECH, R. and DE LA FUENTE, A. (2000). "Human Capital in Growth Regressions: How Much difference Does Data Quality Make? An Update and Further Results" CEPR Discussion Paper 3587. October.
- DOWRICK, S. (2003). "Ideas and Education: Level or growth effects?" National Bureau of Economic Research. Working Paper n. 9709.

- GALINDO, A. y MALGESINI G. (1994). Crecimiento Económico. McGraw-Hill. México.
- HARROD, R.F. (1939). "An Essay in Dynamic Theory", Economic Journal Vol. 49 pp. 14-33.
- HECKMAN, R. y KLENOW, P. (1997). "Human Capital Policy", University of Chicago.
- JONES, C.I. (2000). Introducción al Estudio del Crecimiento Económico. Prentice Hall. México.
- KALDOR, N. (1957). "A Model of Economic Growth" . Economic Journal. Vol. 67, pp.591-624.
- KING, R. y REBELO, S. (1990). "Public Policy and Economic Growth: Developing Neo-Classical Implications", Journal of Political Economy. Vol. 98, pp 126-150.
- KING, M. y ROBSON, M. (1989). "Endogenous Growth and the Role of History", London: LSE Financial Markets Group, discussion Paper no. 63.
- KLENOW, P. y RODRIGUEZ-CLARE, A. (1997). "The Neoclassical Revival in Growth Economics: Has It Gone Too Far?", NBER Macroeconomics Annual. Vol. 12, pp.73-102.
- LINDAHL, M. y KRUEGER, A. (1999). "Education for Growth in Sweden and the World", NBER Working Paper. No.7190.
- LUCAS, R. (1988), "On the Mechanics of Economic Development" Journal of Monetary-Economics" 22 (1): 3-42.

- MANKIW G. y ROMER D. y WEIL D. (1992), "A Contribution to the Empirics of Economic Growth", Quarterly Journal of Economics 107, v. 152, no. 2. May , pp. 407-437.
- McMAHON, W. (2001). "The Impact of Human Capital on Non-Markets Outcomes and Feedbacks on Economic Development". Helliwell.
- MINCER, J. (1974). Schooling, Experience and Earnings, New York: Columbia University Press.
- NEIRA GÓMEZ I. y GUIBAN M. (2002), "Modelos de Crecimiento Económico y Capital Humano: efecto Inversión y otros Efectos Indirectos" Universidad de Santiago Compostela. Documento de Trabajo de la Serie Economic Development n. 62 de la Euro - American Association of Economic Development Studies.
- NEIRA GÓMEZ I. (2003). "Modelos Econométricos de Capital Humano: Principales enfoques y evidencia empírica " Documento de la Serie Economic Development n. 62 de la Euro - American Association of Economic Development Studies.
- NICHOLSON, W. (1997). Teoría Microeconómica: Principios Básicos y Aplicaciones. Mc-Graw Hill. Sexta Edición. México.
- PRITCHETT, L. (1999). Where Has All Education Gone?, Washington, D.C.: The World Bank.
- RAMSEY, F. (1928). "A Mathematical Theory of Saving", Economic Journal, Vol. 38 pp. 543-559.
- RAUCH, J. (1993). "Productivity Gains from Geographic Concentration of Human Capital: Evidence from the Cities", Journal of Urban Economics. Vol. 31, pp. 380-400.

- REBELO S. (1991), "Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth", *Journal of Political Economy*. Vol. 99. (Junio). pp 500-521.
- ROMER D. (2002). *Macroeconomía Avanzada*. Mc Graw Hill. Segunda Edición. México.
- ROMER, P. M. (1986), "Increasing Returns and Long-run Growth". *Journal of Political Economy* 94 (5): 1002-1037.
- ROMER P.M. (1989). "Human Capital and Growth: Theory and Evidence" National Bureau of Economic Research. Working Paper n. 3173
- ROMER, P.M. (1990). "Endogenous Technological Change". *Journal of Political Economy*. Vol.98. n.5. pp. 71-101.
- ROMER, P.M. (1993). "Ideas Gaps and Object Gaps in Economic Development". *Journal of Monetary Economics*, Vol.32, pp.543-573.
- ROMER P.M. (1994). "The origins of Endogenous Growth". *Journal of Economic Perspectives* 8, Winter, pp. 3-22.
- ROS J. (2004). *La Teoría del Desarrollo y la Economía del Crecimiento*. Fondo de Cultura Económica. México.
- ROSEN, S. (1976) "A Theory of Life Earnings". *Journal of Political Economy*, 84. pp. 545-567.
- SALA-I-MARTIN X. (2000). *Apuntes de Crecimiento Económico*. Antoni Bosch. Segunda Edición. España.

- SCHULTZ, T. (1962). "Reflections on Investment in Man" *Journal of Political Economy*. Vol. 70.
- SHAW G.K. (1992). "Policy Implications of Endogenous Growth Theory" *Economic Journal* 102. May, pp. 611-21.
- SHERER F. M. (1999). *New Perspectives on Economic Growth and Technological Innovation*. Booking Institution Press. USA.
- SOLOW, R. M. (1956). "A contribution to the theory of economic growth", *Quarterly journal of economics*, 70,1.
- SOLOW, R. M. (1957): «Technical change and the aggregate production function», *Review of Economics and Statistics*, vol. 57, pp. 312-320.
- SOLOW R. M. (1994). "Perspectives on Growth Theory. *Journal of Economic Perspectives* 8. Winter, pp. 45-54.
- SWAN, T. (1956). "Economic Growth and Capital Accumulation". *Economic Record*. Vol. 32, pp. 334-361.
- THIRLWALL A.P. (2003). *La Naturaleza del Crecimiento Económico: Un marco alternativo para comprender el desempeño de las naciones*. Fondo de Cultura Económica. México.
- TOPEL, R. (1999). "Labor Markets and Economic Growth" en *Ashenfelter y Card (1999)*. Vol. 3, pp. 2943-2984.
- UZAWA, H. (1965). "Optimum Technical Change in an Aggregative Model of Economic Growth". *International Economic Review*. Vol. 6, pp.18-31.

- WOLFE, B. y HAVEMAN, R. (2001). "Accounting for the Social and Non-Market Benefits of Education", en Helliwell (2001).
- YOUNG, A. (1928), "Increasing Returns and Economic Progress". Economic Journal Vol. 38 pp. 527-542.