

PRESENTACIÓN

El presente reporte de investigación titulado “El cambio tecnológico generado por el gobierno” tiene como objetivo establecer las bases para el estudio del cambio tecnológico generado por el gobierno y su efecto sobre el crecimiento económico. En el trabajo se analizan aspectos metodológicos propios de los modelos neoclásicos y se propone un primer modelo base para estudiar dicho fenómeno. Su estudio obedece a la necesidad de verificar dichos efectos en el marco del proyecto “El cambio tecnológico generado por el gobierno en la teoría del crecimiento: una nueva perspectiva” con registro 952. En este reporte se demuestra que el efecto que el cambio tecnológico generado por el gobierno tiene sobre el crecimiento económico.

Dr. Alfredo Sánchez Daza

Jefe del Departamento de Economía

EL CAMBIO TECNOLÓGICO GENERADO POR EL GOBIERNO

Javier Juan Froilán Martínez Pérez

Salvador Rivas Aceves

RESUMEN

Una de las principales preocupaciones de la teoría del crecimiento endógeno es el cambio tecnológico y el efecto que éste tiene sobre el crecimiento. En este marco, dicho cambio en las condiciones de producción tiene como único origen al sector empresarial. El presente trabajo incorpora a la teoría del crecimiento la participación del gobierno como agente generador del cambio tecnológico. Para lograr esto se discuten los aspectos metodológicos necesarios y se establecen las bases sobre las cuales se aborda este problema desde una nueva perspectiva que complementa el enfoque neoclásico del crecimiento.

Palabras clave: crecimiento endógeno, gobierno, cambio tecnológico.
Clasificación JEL: O38, O33.

ABSTRACT

One of the main concerns of the endogenous growth theory is technological change and how it affects growth. Under this framework, such a change in the conditions of production has the firm sector as the only source. This research adds in growth theory the participation of government as a promoting agent of technological change. To do this, the needed methodological aspects are discussed and the foundations on which this problem can be addressed from a new perspective complementing the neoclassical approach to growth are provided.

Keywords: endogenous growth, government, technological change.
JEL Classification: O38, O33.

Proyecto

- 1. Presentación**
- 2. Cambio tecnológico en corriente dominante**
- 3. Análisis metodológico del crecimiento neoclásico**
- 4. Gobierno promotor de la tecnología**
- 5. Conclusiones**

1. Presentación

La teoría del crecimiento inició, hace mucho tiempo, cuando las principales preocupaciones de la economía giraban en torno de la tierra y la población. En ese entonces, Adam Smith (1776) consideraba que la capacidad productiva por sí misma permitía el crecimiento y David Ricardo (1817) argumentaba que el comercio era un factor importante del crecimiento. Así mismo, Thomas Malthus (1798) explicaba que la expansión de la economía se debía principalmente al incremento poblacional con especial énfasis en el papel de la oferta.

Posteriormente, el proceso de acumulación de capital y la propiedad de los medios de producción fueron considerados dentro de la teoría del crecimiento, en donde la productividad se tomaba de manera exógena. En este marco, el crecimiento de la población y la capacidad productiva fueron vistos como variables predeterminadas y, como consecuencia, surgieron los modelos de crecimiento exógeno. Las principales aportaciones en esta corriente fueron realizadas por Ramsey (1928) quien argumentaba que el crecimiento económico dependía de la fracción del ingreso que se ahorraba independientemente del nivel de la tasa de interés. Asimismo, Domar (1946) planteaba que el crecimiento del producto dependía de la propensión marginal al ahorro. De igual manera, Solow (1956) mostró que el crecimiento económico se producía siempre y cuando capital y trabajo crecieran a la misma tasa a la que crece la población.

El progreso tecnológico y su efecto sobre el crecimiento fueron estudiados, por primera vez, por Harrod (1939)¹ mediante la introducción de una función de producción con producto marginal del capital constante. Inicialmente, los modelos de crecimiento del

¹ El progreso tecnológico está en función del valor del capital utilizado en el proceso de producción; ver anexo.

tipo Harrod-Domar tuvieron una gran influencia en los países desarrollados debido a que sus resultados, en materia de crecimiento, dependían del nivel de ahorro de una economía, por lo que el crecimiento en estos países se alcanzaba de manera relativamente fácil. Posteriormente, los modelos neoclásicos de la teoría del crecimiento, que nacieron con la aportación de Solow, tuvieron una aceptación mayor ya que el crecimiento dependía del crecimiento de la población. Sin embargo, este tipo de modelos arrojan resultados muy limitados en países pobres. La razón es porque estos modelos están orientados a describir economías desarrolladas por lo que ignoran características esenciales (v.g., carencia de inversión, ausencia de investigación y desarrollo, etc.) de los países en vías de desarrollo. Una de estas características, de las más importantes, es el nivel de participación que tiene el gobierno en la actividad económica. Muchas de las economías no desarrolladas no cuentan con estructuras de mercado que proporcionen las condiciones necesarias para el avance tecnológico, en cuyo caso la intervención del sector público resulta fundamental.

El desarrollo pionero que introduce al conocimiento como causa del cambio tecnológico fue elaborado por Arrow (1962)² a través de la idea del *learning-by-doing*. Por su parte, Uzawa (1965) planteó que el cambio tecnológico también se puede dar a través de un incremento en la eficiencia laboral lo que, a su vez, no dependía de la cantidad de capital utilizado en el proceso productivo. En este marco, la eficiencia laboral es parte del conocimiento tecnológico y puede ser modificada por la educación, la salud, la infraestructura y por el consumo de bienes públicos. Asimismo, él encuentra que existe una tasa capital-trabajo eficiente que genera un crecimiento óptimo y, en consecuencia, una mayor eficiencia laboral conlleva un mayor crecimiento, independientemente de la

² El conocimiento como resultado del aprendizaje que está en función de la experiencia; ver anexo.

tasa de depreciación. Por otro lado, Nordhaus (1969) fue el primero en analizar el cambio tecnológico, de manera exógena, bajo condiciones de competencia monopolística en un modelo de crecimiento, al permitir que la empresa pueda obtener una ganancia monopólica por sus innovaciones durante cierto periodo de tiempo.

En la década de los ochentas aparecen las primeras aportaciones del crecimiento endógeno con cambio tecnológico, que inicialmente concibieron al cambio tecnológico como un proceso que explica las modificaciones en las condiciones de producción de las firmas en función de cambios cualitativos o cuantitativos de los insumos, tales como el stock de conocimiento, el capital humano o el trabajo calificado. Al respecto Romer (1986), a través de un modelo de equilibrio competitivo, con productividad marginal creciente del conocimiento, productividad marginal decreciente del capital e insumos utilizados en proporciones fijas, muestra que la tasa de crecimiento es mayor a lo largo del tiempo debido al cambio tecnológico, el cual se da por la acumulación de conocimiento. Del mismo modo, Lucas (1988) encontró que dada la tasa de crecimiento de la población, los incrementos en la productividad del trabajo y del capital físico y humano conducen a una tasa de crecimiento que se mantendrá constante³ siempre y cuando el esfuerzo por aumentar el capital humano se mantenga constante. El capital humano⁴ es producido en el sector de educación.

De manera casi paralela a los desarrollos anteriores y con trabajos empíricos Pavitt y Soete (1981) mostraron que existe una relación entre las actividades en innovación y el PIB. Así mismo, Fagerberg (1988) amplió el análisis realizado por Pavitt

³ La tasa de crecimiento económico es constante debido a que la tasa de crecimiento del consumo, del producto y del capital físico son iguales a la tasa de crecimiento del capital humano, ver anexo.

⁴ El concepto de capital humano, en este documento, se toma desde el punto de vista de Gary Becker. En este sentido, es un medio de producción que es sustituible pero no transferible como la tierra, el trabajo o el capital fijo, en el cual se puede invertir vía educación, entrenamiento, tratamiento médico, etc.

y Soete utilizando una muestra de 27 países, incluyendo a América Latina y Asia, y encontrando que la tasa de crecimiento del PIB depende de la expansión tecnológica en las economías, del nivel doméstico de actividad innovadora y de las tasa de crecimiento de la inversión.

Posteriormente, Romer (1990a) muestra que con un solo sector con cambio tecnológico de tipo endógeno, la tasa de cambio tecnológico es sensible a la tasa de interés. Al respecto, el subsidio a la acumulación del capital físico tiene un efecto muy pobre sobre la investigación. En este marco, una economía con un stock de capital muy grande tendrá un mayor crecimiento y éste se incrementará debido al comercio internacional. El modelo sugiere además que bajos niveles de capital humano generan poco crecimiento. Por lo tanto, el capital humano determina la tasa de crecimiento y no el crecimiento de la población. Así mismo, Romer señala que el cambio tecnológico se da debido a acciones intencionales de los agentes como respuesta a los incentivos de mercado, razón por la que los mercados más grandes ocasionan un mayor nivel de investigación y, por ende, un mayor crecimiento. Debido a que los principales insumos son capital físico, trabajo y capital humano y dado que el conocimiento está dentro del capital humano, se tiene que al destinar mayor capital humano a la investigación se produce una mayor tasa de crecimiento económico. En este caso, si el acervo de conocimiento es mayor, también lo será la productividad en la investigación.

En la misma línea de investigación anterior, Rivera-Batiz y Romer (1991) encuentran en un modelo con capital humano, capital físico, trabajo, rendimientos crecientes y *spillovers* en conocimiento e insumos, que las restricciones al comercio sólo afectan a la asignación de los recursos y no a la tasa de crecimiento. A partir de los

desarrollos de Romer, se concluye que sus modelos de crecimiento se caracterizan por tener efectos de escala y que para generar una tasa de crecimiento de equilibrio balanceado es necesario tener rendimientos constantes a escala en todos los factores de la producción. A diferencia de Romer, quien supuso rendimientos constantes a escala en los insumos sólo en el sector de bienes finales, Eicher y Turnovsky (1999) mostraron que una senda de crecimiento balanceado con rendimientos a escala arbitrarios sólo es consistente cuando la función de producción es de la forma Cobb-Douglas.

Recientemente, Reikard (2005) mostró que el cambio tecnológico se da a través de un sector de investigación y que las trayectorias de equilibrio de la actividad en I+D dependen negativamente de los precios y positivamente del producto. En este caso, el avance tecnológico responderá con el producto sólo si éste presenta una tendencia estocástica. La elasticidad de la actividad en I+D es creciente y cambia con el tiempo.

Bajo la línea de investigación representada por los desarrollos teóricos antes descritos, siempre se ha reconocido al cambio tecnológico y su efecto sobre el crecimiento desde la visión de la empresa. No se encuentra ninguna explicación del papel que puede tener el gobierno en la generación del cambio tecnológico, ya que dichos análisis suponen que el cambio tecnológico sólo se puede dar de manera exclusiva por las empresas a través de actividades de investigación y desarrollo tecnológico.

Respecto a la incorporación del gobierno al análisis, hay muchos desarrollos que han introducido el gasto gubernamental como un argumento de la función de producción, con el objetivo de analizar solamente el impacto que éste tiene sobre la capacidad productiva de la economía, véase Barro (1990), Barro y Xala-i-Martin (1992), Glomm y Ravikumar (1994), Cazzavillan (1996) y Turnovsky (1996). Otros autores como

Turnovsky (1993) han introducido el gasto de gobierno para medir el impacto de las políticas económicas a través de un *tradeoff* entre la tasa de acumulación del capital y la inflación. El crecimiento es mayor si el riesgo asociado a la política monetaria es menor acompañado, generalmente, por una inflación pequeña; sin embargo, un mayor crecimiento va acompañado de inflación creciente. Asimismo, cambios en los impuestos que producen distorsiones generan un mayor crecimiento. La participación del gobierno sólo está en función de la política económica.

Por otro lado, Easterly *et. al.* (1994) encuentra que a través de un modelo de adopción tecnológica en donde hay acumulación de capital humano y progreso tecnológico, los subsidios a la acumulación de capital humano y a la adopción de nuevas tecnologías incrementan la tasa de crecimiento económico. De manera similar, Ludvigson (1996) muestra que el progreso tecnológico sólo se da a través de un aumento en la productividad laboral. Se concluye en su investigación que la inversión, el consumo y el producto responden positivamente ante cortes en el financiamiento gubernamental por medio de impuestos al ingreso. El impacto del gasto gubernamental dependen de la forma en la cual dicho gasto es financiado, ya sea a través de impuestos o déficit financiero.

Por su parte, Benavie, Grinols y Turnovsky (1996) estudian el papel de los costos de ajuste en un modelo de crecimiento de tres etapas. La primera sin gobierno, la segunda con un gobierno que persigue un presupuesto equilibrado y, por último, con gobierno que escoge sus tasas impositivas y el nivel de gasto de manera independiente. La inversión por parte de las firmas está determinada por la q de Tobin que depende de la política fiscal. En ausencia de gobierno las variaciones en la productividad reducen el crecimiento. Cuando se considera al gobierno, se tiene que un incremento en el impuesto

al ingreso reduce el crecimiento y un incremento en el gasto de gobierno no tiene efecto sobre la tasa de crecimiento.

Tirado (2000) muestra que en un modelo de crecimiento endógeno, en donde el cambio tecnológico se da por medio del incremento en el conocimiento adquirido por el capital humano, en una economía monetaria, la tasa de crecimiento depende positivamente de la calidad de capital humano empleado, de la cantidad de recursos que los individuos depositan en los bancos y de la tasa de interés vinculada al acervo de capital destinado a I+D. En el modelo de Tirado, la política monetaria influye en la tasa de crecimiento.

En otro tipo de desarrollos Fisher y Turnovsky (1998) introducen el capital público, en forma de gasto gubernamental productivo (como un stock) al análisis de crecimiento con capital privado y estudian la dinámica de la transición de un sistema con un solo sector. Así mismo, Bond, Wang y Yip (1996) analizan la estructura de la dinámica de un modelo bisectorial de crecimiento endógeno con gasto gubernamental productivo. Posteriormente, Turnovsky (1998) encuentra que el gasto de gobierno en bienes públicos promueve el crecimiento. En este caso, el gasto está en función de un impuesto al ingreso óptimo, este último es necesario para corregir las distorsiones generadas por una desviación del óptimo social del gasto gubernamental y por el grado de congestión que mide el nivel de consumo de los bienes públicos. En otro estudio Turnovsky (1999) muestra que la exposición al riesgo externo (tipo de cambio) incrementa la varianza en el ingreso y que un gobierno grande tiende a reducir dicho riesgo. Si la economía es abierta, entonces el gobierno será grande sólo si es un acreedor neto. En este marco, los agentes toman como dado el tamaño del gobierno y se concluye

que la volatilidad y el crecimiento dependen del tamaño del gobierno que está determinado por la proporción de ingresos debidos a los impuestos.

Al introducir los efectos del riesgo (de mercado) sobre el crecimiento y su interacción con la política fiscal y monetaria, Turnovsky (2000) encuentra que tasas impositivas altas sobre el ingreso tienen un efecto negativo sobre el crecimiento, mientras que un nivel alto en el gasto de gobierno tiene un efecto positivo (pero pequeño) sobre el crecimiento y cierto efecto de estabilización; el gasto que el gobierno realiza es en producto y bonos. Por otro lado, Charterjee, Sakoulis y Turnovsky (2002) analizan el proceso de desarrollo asistido por transferencias públicas de capital que estimulan la acumulación de capital privado y el crecimiento. La inversión pública en infraestructura es financiada por el gasto de gobierno y las transferencias internacionales. Se concluye que las transferencias sujetas al sector público generan una mayor dinámica de crecimiento sólo si los impuestos y el nivel de gasto gubernamental son los óptimos. En este caso, el efecto sobre la tasa de crecimiento de largo plazo depende del tamaño de la infraestructura de la economía.

Gong y Zou (2003), por su parte, analizan la acumulación de capital, el gasto militar, la acumulación de armas y el producto. Gong y Zou muestran que un mayor gasto militar extranjero lleva a un mayor crecimiento económico doméstico, siempre y cuando la economía doméstica tenga una elasticidad de sustitución pequeña en el consumo. Si la elasticidad de sustitución es grande, entonces el gasto militar extranjero genera una mayor volatilidad en el crecimiento. Por último, Gokan (2007) verifica que si los bienes públicos incrementan la productividad del capital privado en una economía con crecimiento endógeno, entonces la tasa de crecimiento aumenta cuando aumenta el gasto.

Es claro que se ha analizado a profundidad el efecto que diferentes tipos de gasto de gobierno tienen sobre las actividades económicas, sin embargo, la teoría neoclásica del crecimiento carece de un análisis teórico que permita dar una explicación coherente del efecto que pueda o no tener el gobierno sobre la producción y, por ende, en el crecimiento, cuando dicho agente es el que genera el cambio tecnológico vía el gasto destinado hacia la generación de nuevas condiciones tecnológicas. En este marco, la presente investigación tiene como objetivo establecer las bases sobre las cuales se puede abordar este problema para complementar el enfoque neoclásico del crecimiento.

La organización del trabajo es como sigue. En la sección 2 se presenta una discusión y algunas reflexiones generales sobre el crecimiento y el cambio tecnológico en el marco neoclásico. En la sección 3 se presenta un análisis metodológico de los modelos de crecimiento neoclásicos, En la sección 4 se presenta una nueva perspectiva del crecimiento endógeno que incorpora al gobierno como promotor del cambio tecnológico. Por último, en la sección 5 se presentan las conclusiones y limitaciones del trabajo, así como una agenda de futuras investigaciones. Un apéndice contiene detalles técnicos sobre diversos enfoques de la teoría del crecimiento.

2. Cambio tecnológico en corriente dominante

De la revisión realizada se puntualizan tres conclusiones. Primero, existen muchas formas a través de las cuales una economía puede crecer, por ejemplo a través de la acumulación de conocimiento, la educación, la capacitación laboral, la investigación científica, la innovación de procesos, innovación de productos y las innovaciones industriales que afectan la calidad de los bienes. Todas éstas generan un cambio tecnológico que

promueve el crecimiento económico. Sin embargo, ninguna de ellas explica cómo la intervención gubernamental genera un cambio en las condiciones tecnológicas. Segundo, generalmente, la teoría del crecimiento se ha concentrado en explicar que el gobierno debe proveer bienes públicos y las firmas bienes privados. Asimismo, sostiene que la investigación básica es un bien público, es decir, no puede ser exclusivo y que la investigación avanzada es un bien privado, es decir, es un bien rival⁵. Sin embargo, el gobierno puede generar bienes que sean no rivales y potencialmente exclusivos, un claro ejemplo se encuentra en la investigación que realiza el aparato militar para lograr el desarrollo de nuevas tecnologías que sean capaces de incrementar el nivel de eficiencia de las operaciones (v.g. Estados Unidos). Dichos desarrollos, posteriormente, son incorporados a la sociedad y éstos pueden ser usados en actividades económicas; ejemplos como: la telefonía celular, el uso de computadoras y programas e innovaciones en la aeronáutica encajan perfectamente aquí. En este sentido, Romer (1990b p. 98) señala que *“para la teoría del crecimiento lo que importa es que un bien sea parcialmente o totalmente exclusivo, en lugar de ser un bien rival.”* Por lo tanto, en el caso del gobierno, éste es un agente que puede producir bienes exclusivos además de las empresas, lo cual justifica su consideración como objeto de estudio al interior de la teoría del crecimiento endógeno neoclásica. Y, tercero, los modelos de cambio tecnológico muestran que si hay un cambio en las condiciones de producción de las empresas, de tal forma que ven aumentada su productividad y al mismo tiempo su nivel de ganancias, entonces el crecimiento económico es mayor. Lo que no analizan dichos modelos es cómo se da el cambio tecnológico, es decir, cómo un individuo incrementa su nivel de

⁵ A este respecto, se debe tomar en cuenta que un bien es rival si cuando lo usa un individuo o firma se puede descartar su uso en cualquier otro agente. Por otro lado, es no rival si puede utilizarse por cualquier individuo o firma al mismo tiempo. Un bien es exclusivo si el dueño puede evitar que sea usado por otros.

conocimiento, o cómo se incrementa la habilidad laboral, o cómo se genera una máquina más eficiente, etc. Eicher (2001) muestra, al respecto, que el crecimiento depende positivamente de la productividad en la investigación, proporcionando una explicación del cambio tecnológico por medio de microfundamentos, los cuales fueron aplicados sólo al proceso generado por las empresas.

3. Análisis metodológico del crecimiento neoclásico

La principal contribución de la (nueva) teoría neoclásica del crecimiento con individuos idénticos y racionales con vida infinita es, fundamentalmente, técnica ya que es posible suponer rendimientos crecientes y competencia imperfecta en modelos de equilibrio dinámico. Sin embargo, la estructura de los modelos iniciales de crecimiento ha sido objeto de múltiples críticas debido a varias debilidades en su construcción. Suponer un único bien producido, un solo sector de producción, rendimientos constantes a escala, una economía competitiva, etc., representan las principales limitaciones. Como consecuencia, la tasa de crecimiento económico puede ser explicada en términos muy sencillos. En la actualidad, las investigaciones dejan de lado los rendimientos constantes y la competencia perfecta para incorporar monopolios, oligopolios y competencia monopolística, lo cual permite a las empresas recuperar sus desembolsos en investigación. La tasa de crecimiento está ahora determinada por los esfuerzos en investigación y los determinantes del éxito de los mismos. Algunos otros conceptos que no fueron de interés en la (vieja) teoría del crecimiento (sin agentes racionales) son ahora el centro de la nueva teoría del crecimiento, tales como externalidades, rendimientos crecientes y otras no convexidades; por ejemplo, Romer (1990b) señala que existen

bienes que son no rivales, que son importantes para el crecimiento y que crean no convexidades que son importantes dentro del análisis a nivel agregado.

En la literatura existen dos tipos de modelos de crecimiento endógeno. Los lineales que utilizan una función de producción que es homogénea de grado uno en los insumos, en donde si no existen bienes no rivales entonces no hay rendimientos crecientes, lo que simplifica la construcción de un modelo competitivo. Para simplificar aún más, se agregan todos los insumos en una medida simple del capital de tal forma que se tiene una función lineal $Y = F(Z) = \phi Z$, en donde Z son los insumos. De acuerdo con Solow (1994), el supuesto de rendimientos constantes a escala permite realizar un análisis en términos de razones o proporciones y, además, permite la representación de un mercado competitivo. Sin embargo, es posible tener rendimientos crecientes a escala y mantener los principales resultados de la teoría neoclásica; tomando en cuenta que es inevitable suponer rendimientos crecientes ya que de lo contrario se tendría una productividad marginal negativa de los factores productivos que son capital. Un ejemplo de modelos con rendimientos crecientes se encuentra en Romer (1987), en donde se señala que tradicionalmente un equilibrio descentralizado consiste en un continuo de empresas en el sector de bienes intermedios y en un número indeterminado de empresas en el sector de bienes finales con una función de producción que tiene rendimientos constantes a escala. Los rendimientos crecientes son introducidos aquí a través de un vector de insumos intermedios que interviene en la producción; resultado de la especialización. Lo anterior captura la preferencia por la variedad del proceso productivo.

Por otro lado, están los modelos de *spillovers* que, generalmente, utilizan una función Cobb-Douglas para representar el proceso productivo, en donde un incremento

en unidades de capital o trabajo aumenta el nivel tecnológico de la economía a través de excedentes en conocimiento o en productividad. Según Romer (1994) la mayor parte de los desarrollos dentro del crecimiento endógeno ha seguido la tendencia de los modelos lineales, haciendo hincapié en que las actividades del sector privado son las que contribuyen al avance tecnológico y no las del sector público; tal y como lo hace Arrow (1962). Aunado a la linealidad de los modelos de crecimiento, existen otras carencias que deben ser cubiertas. De acuerdo con Romer (1994) la teoría del crecimiento debe cubrir 5 aspectos básicos:

1. Existen muchas firmas en el mercado y se tiende a la concentración del producto en manos de un solo agente monopolístico.
2. Los descubrimientos difieren de otros insumos en el sentido que mucha gente los puede usar al mismo tiempo, es decir, los bienes ordinarios son rivales, pero la información no.
3. Es posible duplicar las actividades físicas. Por lo tanto, suponer que el mercado es competitivo significa que la actividad opera en la escala mínima eficiente, así que no existen economías de escala por la construcción de una planta que es el doble de larga que la ya existente.
4. El avance tecnológico proviene a través de lo que la gente hace y es una función del tiempo.
5. Muchos individuos y firmas tienen poder de mercado y ganan beneficios monopolísticos debido a sus descubrimientos. Existe una ganancia monopolística porque la información no tiene costo de oportunidad.

Dado lo anterior suponer que la función de producción es homogénea de grado uno en todos los insumos, rompería con los puntos 2 y 3. Los primeros modelos que incorporan los 5 aspectos antes señalados, los encontramos en Romer (1987 y 1990a), el primero sin *spillovers* y el segundo con *spillovers*⁶.

Por otra parte, un proceso de cambio tecnológico junto con la existencia de varios bienes, evitará incurrir en lo que Solow (1957) ha denominado efectos neutrales del cambio tecnológico. Solow argumenta que cualquier tipo de cambio en la función de producción es interpretado como un cambio tecnológico. Dichos cambios son neutrales si deja intacta la tasa marginal de sustitución y sólo modifican el nivel de producto. Además señala que si el acervo de capital consiste en muchas maquinas idénticas y cada una es reemplazada por una maquina más durable pero con la misma capacidad de producción anual, entonces el acervo de capital se incrementará. Sin embargo, el flujo máximo de servicio del capital será constante. Lo que mide la función de producción es el capital en uso y no en el capital en cantidad. Por ende, la existencia de varios sectores y bienes es necesaria para evitar este tipo de problemas.

Por último, un análisis que contemple variables estocásticas para modelar los fenómenos económicos inherentes a este tipo de comportamiento puede ser útil. Al respecto, Benhabib y Jovanovic (1991) concluyen que un salto grande en el entendimiento del crecimiento ocurrirá sólo cuando el motor del crecimiento representado por un proceso estocástico de shocks tecnológicos es exitosamente endogeneizado. La incorporación de procesos estocásticos permite analizar las dinámicas de transición en el proceso de crecimiento que de acuerdo con Turnovsky (2001) son esenciales.

⁶ El análisis se hace introduciendo rendimientos crecientes a escala, ver anexo.

4. Gobierno promotor de la tecnología

A continuación se presenta un modelo de cambio tecnológico generado por el gobierno. Considere un modelo de crecimiento endógeno con rendimientos constantes a escala, rendimientos marginales decrecientes y agentes racionales con vida infinita. Se supone que el gobierno interviene en el desarrollo de tecnología afectando la productividad del capital, por lo que la función de producción toma la forma:

$$y_t = Agk_t, \quad (1)$$

en donde $g > 0$ es el gasto que el gobierno realizará como inversión en la tecnología, A representa el nivel tecnológico disponible en la economía, k_t es el capital físico y y_t es el producto. El problema de maximización del consumidor y sus condiciones de optimalidad correspondientes (de primer orden) son:

$$\begin{aligned} \text{Maximizar } U &= \int_0^{\infty} \ln(c_t) e^{-\rho t} dt \\ \text{s.a. } \dot{k}_t &= Agk_t - c_t, \quad k_0 \text{ dado,} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\frac{\partial H}{\partial c_t} = 0, \quad \frac{\partial H}{\partial \dot{k}_t} = \dot{\lambda}_t, \quad -\frac{\partial H}{\partial k_t} = \dot{\lambda}_t - \lambda_t \rho, \quad (3)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} k_t e^{-(Ag)t} = 0, \quad (4)$$

donde c_t es el consumo, ρ es la tasa subjetiva de descuento, $H = \ln c_t + \lambda_t (gAk_t - c_t)$ es el Hamiltoniano y λ_t es la variable de co-estado. Bajo estas condiciones, la trayectoria del consumo satisface:

$$c_t = \rho k_0 e^{(Ag-\rho)t}. \quad (5)$$

De lo anterior se desprende que el nivel de consumo de equilibrio depende del parámetro de preferencias ρ , del capital inicial k_0 y del gasto de gobierno g . Un aumento en las

últimas dos variables incrementará el nivel de consumo. Por otro lado, se tiene que, si $Ag > \rho$, con $g > 1$, entonces el consumo crecerá a un mayor ritmo que en el caso en donde no interviene el gobierno. En caso contrario, es decir, si $Ag < \rho$, entonces el consumo decrecerá. Es deseable que $g > 1$ ya que sólo así $Ag > A$. De esta forma, si el gobierno invierte en tecnología, entonces éste puede influir en el crecimiento económico. Análogamente, la trayectoria del capital es:

$$k_t = k_0 e^{(Ag-\rho)t} . \quad (6)$$

Una vez más si $Ag > \rho$, entonces el capital crecerá. Lo contrario sucederá si $Ag < \rho$. Como se muestra, las trayectorias del consumo y del capital dependen de la tasa subjetiva de descuento, de la tecnología y del gasto de gobierno, por lo tanto la tasa de crecimiento *per capita* estará dada por:

$$\gamma = \frac{\dot{y}_t}{y_t} = \frac{\dot{c}_t}{c_t} = \frac{\dot{k}_t}{k_t} = Ag - \rho \quad (7)$$

En consecuencia, la tasa de crecimiento en todos los sectores de la economía depende de la diferencia $Ag - \rho$, por lo que si $Ag > \rho$, todos los sectores crecen, mientras que decrecen si $Ag < \rho$. Observe que el crecimiento es balanceado. A continuación se evalúa el impacto que tiene el gasto del gobierno, la tecnología y el capital inicial sobre el bienestar de los agentes. Para ello, se obtiene la función del bienestar económico (W), la cual resulta de la sustitución del nivel óptimo de consumo en la función directa de utilidad, por lo que se tiene:

$$W = \int_0^{\infty} \ln(\rho k_0 e^{(Ag-\rho)t}) e^{-\rho t} dt . \quad (8)$$

Equivalentemente,

$$W = \frac{\ln(\rho k_0)}{\rho} + \frac{Ag - \rho}{\rho^2}. \quad (9)$$

De la ecuación anterior se deduce que el bienestar económico está en función del coeficiente tecnológico disponible A , del impacto del gobierno g , de las preferencias del individuo ρ y del capital inicial k_0 . Un aumento en el gasto de gobierno, como inversión en tecnología, aumenta el bienestar. De esta manera, el gobierno no sólo participa en la generación de tecnología, sino que con ello incrementa, a su vez, el bienestar de los agentes. Lo anterior es debido a que:

$$\frac{\partial W}{\partial g} = \frac{A}{\rho^2} > 0. \quad (10)$$

Por su parte, un aumento en la tecnología a través del parámetro A incrementará el bienestar, ya que se cumple con:

$$\frac{\partial W}{\partial A} = \frac{g}{\rho^2} > 0. \quad (11)$$

Evidentemente, se espera que en países con un mayor desarrollo tecnológico el nivel de bienestar económico sea más alto que en países tecnológicamente rezagados. Análogamente, un aumento en el capital inicial aumentará el bienestar económico de los agentes, toda vez que:

$$\frac{\partial W}{\partial k_0} = \frac{1}{\rho k_0} > 0. \quad (12)$$

Por último, un incremento en la tasa subjetiva de descuento, lo cual se traduce en una mayor ansiedad por parte del individuo para consumir en el presente, deteriora el bienestar debido a que:

$$\frac{\partial W}{\partial \rho} = -\frac{2}{\rho^3} < 0. \quad (13)$$

En consecuencia, el bienestar aumentará conforme se tenga un aumento en el capital inicial, o en el gasto de gobierno, o si se da un aumento en el nivel de tecnología mediante el coeficiente A . Por otro lado, el bienestar disminuirá si aumenta la tasa subjetiva de descuento.

En resumen, el modelo muestra que la participación del gobierno en la generación de tecnología tiene un efecto positivo sobre el crecimiento. Sin embargo, presenta algunas de las debilidades especificadas en la sección 3, razón por la cual un desarrollo teórico que incorpore los aspectos antes mencionados, en dicha sección, es necesario.

5. Conclusiones

Por todo lo anterior se puede concluir que el crecimiento económico es la suma de actividades de una sociedad completa, por lo que necesariamente depende de la participación de todos los agentes y, de acuerdo con Romer (1994 p. 3), *“en la teoría neoclásica del crecimiento, el centro del crecimiento endógeno está en el comportamiento de la economía como un todo”*, entonces si el gobierno forma parte de la sociedad y más aún si interviene en la actividad económica al interior de la misma, entonces su incorporación en el modelado del crecimiento endógeno, vía el cambio tecnológico, es indispensable. Además, el análisis del crecimiento endógeno vía el cambio tecnológico tiene que mostrar cómo es que dicho cambio se produce. Tal y como Solow (1994 p. 51) lo dice, *“yo pienso que el valor real de la teoría del crecimiento endógeno emergerá del intento por modelar el componente endógeno del progreso tecnológico como parte integral de la teoría del crecimiento económico”*, por lo tanto, el desarrollo de los microfundamentos que puedan dar explicación al proceso de cambio

tecnológico, tanto en las empresas como en el gobierno, es esencial. Finalmente, es necesario desarrollar un modelo que subsane los aspectos metodológicos aquí analizados. Sin duda la agenda de investigación pendiente deberá tomar este camino.

Apéndice

Este apéndice contiene los detalles técnicos de los diversos enfoques del crecimiento que fueron considerados en el desarrollo y la discusión de la presente investigación

Harrod, R. F. “An Essay in Dynamic Theory”, (1939)

En este modelo se analizan los factores que afectan a la velocidad del crecimiento, tales como, la tasa de crecimiento del trabajo, la productividad del trabajo, la tasa de crecimiento del capital o tasa de ahorro e inversión y la productividad del capital. Se propone un modelo, sin microfundamentos, en el que el ingreso es determinante del ahorro, entonces a la tasa a la cual crece el ingreso crece también el ahorro. Además supone que la oferta iguala a la demanda. La principal ecuación del modelo expresa que la tasa garantizada de crecimiento del ingreso depende de la fracción del ingreso destinado al ahorro (s) y del valor de los bienes de capital (C) requeridos para incrementar en una unidad más la producción.

$$G_w = \frac{s}{C}. \quad (\text{A.1})$$

Por lo tanto, la tasa de crecimiento garantizada está determinada exógenamente por la propensión al ahorro y por el nivel tecnológico, en consecuencia este modelo es de crecimiento exógeno. Por otra parte, se expresa el crecimiento realmente observado a través de la siguiente ecuación:

$$G = \frac{s}{C_p}. \quad (\text{A.2})$$

En esta ecuación el término C_p es igual a la razón entre el valor del incremento de la tecnología y el incremento en el ingreso total. Uno de los principales resultados del modelo se da cuando la igualdad $G = G_w$ no se cumple, esto sucede por que los productores desean cada vez producir más y entonces la brecha entre estas tasas de crecimiento se incrementa. Por lo tanto, el equilibrio es inestable ya que los empresarios crean sus expectativas y modifican C_p alejándolo cada vez más de (C) .

Complementando el análisis, en el modelo también se propone que G_w es igual a:

$$G_w = \frac{s - k - \frac{K}{x_0}}{C}, \quad (\text{A.3})$$

donde x_0 es la producción en el tiempo cero, k es el capital que varía sólo con el nivel actual de ingreso, mientras que K es el nivel de capital que varía tanto con el nivel actual de ingreso como con la tasa de crecimiento. También se expresa G_w en función de las exportaciones (E) y de las importaciones (i) como proporción del ingreso, de la forma:

$$G_w = \frac{s + i - k - \frac{K}{x} - \frac{E}{x}}{C}. \quad (\text{A.4})$$

Se puede apreciar que en las tres expresiones de G_w se encuentra presente el valor de los bienes de capital (C), que es una expresión del nivel tecnológico.

Arrow, K. “The Economic Implications of Learning by Doing”, (1962)

El objetivo es sugerir una teoría endógena de los cambios en el conocimiento bajo una línea intertemporal e internacional de las funciones de producción. El aprendizaje, que es

producto de la experiencia, es la variable de la cual depende el crecimiento y si el conocimiento se estanca se llega a rendimientos decrecientes a escala. Arrow introduce así la innovación tecnológica a través del capital humano. Para ello supone que existen bienes de capital nuevos (G) y bienes de capital antiguos (G'), los bienes de capital tiene vida finita al tiempo T de tal forma que se cumple con $G'(t) \geq G(t-T)$, existe el pleno empleo, por lo tanto la fuerza de trabajo existente en la economía es igual a la demanda total de trabajo. Así, si hay racionamiento en la producción se restringe el uso de bienes de capital, y si hay racionamiento en la demanda de producto se restringe el uso de la fuerza de trabajo y por lo tanto hay desempleo Keynesiano en ambos casos.

El nivel de conocimiento es creciente en el tiempo y necesita aprenderse, el aprendizaje es producto de la empresa, la inversión bruta acumulada de bienes de capital es indicador de la experiencia. Además se supone que los nuevos bienes de capital incorporan todo el conocimiento hasta entonces disponible, pero su eficiencia productiva no puede alterarse por el conocimiento subsecuente, siempre se prefiere usar los bienes de capital nuevos en lugar de los antiguos, la cantidad de trabajo usada en la producción $\lambda(G)$ es una función no creciente de G , la capacidad productiva de una bien de capital $\gamma(G)$ es una función no decreciente de G , existe obsolescencia pero no hay depreciación. Sea (G) la inversión bruta acumulada, $\lambda(G)$ la cantidad de trabajo usada en la producción, $\gamma(G)$ la capacidad productiva de una bien de capital, (X) el producto total y (L) la fuerza de trabajo empleada, entonces se definen:

$$X = \int_{G'}^G \gamma(G) dG, \quad (A.5)$$

$$L = \int_{G'}^G \lambda(G) dGX, \quad (\text{A.6})$$

donde la producción (X) es la suma de todas las capacidades productivas vigentes hasta ese momento en la economía y la fuerza de trabajo es igual a suma de las cantidades de trabajo que requiere cada bien de capital en un momento determinado. En términos agregados se tiene:

$$\Lambda(G) = \int \lambda(G) dG, \quad (\text{A.7})$$

$$\Gamma(G) = \int \gamma(G) dG. \quad (\text{A.8})$$

Por lo tanto, el crecimiento del producto está dado por la expresión:

$$X = \Gamma(G) - \Gamma\{\Lambda^{-1}[\Lambda(G) - L]\}. \quad (\text{A.9})$$

La función de producción está expresada en términos de la tecnología más reciente incorporando el trabajo y es positiva decreciente. Si $\gamma(G) = a$ y $\lambda(G) = bG^{-n}$, $n > 0$, entonces se obtiene que:

$$\Gamma(G) = \int a dG = aG, \quad (\text{A.10})$$

$$\Lambda(G) = \int bG^{-n} dG = CG^{-n+1}, \quad (\text{A.11})$$

donde aG es la tasa de crecimiento de la capacidad productiva y CG^{1-n} es la tasa de crecimiento de la demanda de trabajo, por lo que la tasa de crecimiento económico es:

$$X = aG \left(1 - e^{-L/b}\right). \quad (\text{A.12})$$

Esta función de producción tiene rendimientos crecientes respecto a la fuerza de trabajo.

Lucas, R. “On the Mechanics of Development Planning”, (1988)

En su modelo Lucas supone un número constante de trabajadores (N) con habilidades idénticas, los cuales utilizan una fracción de su tiempo $u(h)$ para producir bienes y $1 - u(h)$ para la acumulación de capital. Por lo tanto, la función de producción es:

$$Y = AK^\beta (uhL)^{1-\beta} h_a, \quad (\text{A.13})$$

donde h_a mide las externalidades del stock promedio de habilidades y está sujeta a:

$$k = Ak^\beta (uh)^{1-\beta} h - c - (n + \delta_h)h, \quad (\text{A.14})$$

donde h representa la producción de capital humano, que se encuentra definida por la ecuación:

$$h = \phi - (1 - u)h - (n + \delta_h)h. \quad (\text{A.15})$$

Debido a lo anterior, encuentra que la trayectoria del consumo es:

$$\dot{c} = \frac{-\rho - \delta}{\sigma}. \quad (\text{A.16})$$

Por lo tanto, en ausencia de externalidades, la trayectoria del consumo se encuentra en función de la tasa subjetiva de descuento, de la depreciación y de un parámetro de aversión al riesgo. Bajo estas condiciones las tasas de crecimiento del consumo, la producción, el capital y el capital humano son iguales. Incorporando el papel de las expectativas a un modelo de acumulación de capital, Lucas muestra que la acumulación de capital humano es factor fundamental para el crecimiento ya que todas las variables crecen a la tasa de crecimiento del capital humano.

Romer, P. “Endogenous Technological Change” (1990)

En el modelo se supone que el cambio tecnológico proporciona un incentivo para continuar con la acumulación de capital, dicho cambio se da como resultado de acciones

intencionales de los individuos que reaccionan ante incentivos de mercado, y existe un costo único fijo en la realización de instructivos para procesos de trabajo con la materia prima. La empresa no es precio aceptante por lo que no existe la competencia perfecta, los bienes económicos que son excluibles y rivales son también privados, los bienes económicos no rivales y no excluibles son públicos. En consecuencia, el cambio tecnológico es un bien publico de propiedad privada, porque es un bien no rival y excluible. El proceso de producción $F(A, X)$ depende de los insumos rivales (X) y de insumos no rivales (A), y presenta rendimientos crecientes a escala si cumple con:

$$F(\lambda A, \lambda X) > \lambda F(A, X) \quad (\text{A.17})$$

Existen cuatro insumos básicos, que son el capital físico, el capital humano, el trabajo y el índice de nivel tecnológico. La economía tiene 3 sectores el sector de investigación, el sector de bienes intermedios y un sector de bienes finales. Adicionalmente se supone que la población y la oferta de trabajo se mantienen constantes, el stock de capital humano en la población es fijo y también la fracción que se ofrece al mercado. La producción de bienes finales se expresa como función del trabajo físico (L), del capital humano (H_y) y del capital físico (k), es decir:

$$Y(H_y, L, x) = H_y^\alpha L^\beta \sum_{i=1}^{\infty} X_i^{1-\alpha-\beta}, \quad (\text{A.18})$$

Por otro lado, el stock de capital agregado de los diseños en el sector de investigación se desarrolla mediante una función de producción de la siguiente forma:

$$\dot{A} = \delta H_A A, \quad (\text{A.19})$$

donde H_A representa el capital humano total usado en la investigación. Por lo tanto, la investigación es intensiva en capital humano, y destinar más capital humano a la investigación conduce a incrementar la tasa de producción de nuevos diseños, mientras que ni la cantidad de bienes durables ni la cantidad de trabajo físico ayudan a mejorar la investigación. Esta última ecuación captura el carácter acumulativo del conocimiento, mientras que la función de producción de los bienes intermedios está dada por:

$$\dot{K}(t) = Y(t) - C(t). \quad (\text{A.20})$$

El equilibrio señala trayectorias de precios y cantidades tales que los consumidores toman sus decisiones de ahorro y consumo tomando como dada la tasa de interés. Los poseedores de capital humano deciden si trabajar en el sector de investigación o en el sector de bienes intermedios, tomando como dados los stocks de conocimiento y los precios. Los productores de bienes finales escogen trabajo, capital humano y variedad de bienes durables tomando los precios dados, cada firma maximiza sus ganancias tomando como dadas las tasa de interés. De tal forma que en el equilibrio se tiene:

$$w = \frac{\lambda \gamma \pi (w_{t+1})}{r + \lambda_{n,t+1}}, \quad (\text{A.21})$$

$$L = n + x(w_t) = n + x\langle w_t | A_t \rangle, \quad (\text{A.22})$$

donde γ es el parámetro de escala (variación en insumos), r es el precio del capital físico, π son los beneficios o ganancias de la firma, λ es el parámetro asociado a condiciones de arbitraje en el trabajo y w son los salarios. El crecimiento de equilibrio balanceado implica una tasa de crecimiento constante, que es posible asegurar si el monto de capital humano dedicado a la investigación permanece constante. Para que el crecimiento sea balanceado se necesita que A , K e Y crezcan a tasas exponenciales constantes.

Referencias

- Arrow, K., "The Economic Implications of Learning by Doing", *Review of Economic Studies*, 1962, Vol. 29, No. 3, pp. 155-173.
- Barro, R., "Government Expending in a Simple Model of Endogenous Growth", *Journal of Political Economy*, 1990, Vol. 98, No. 5, pp. S103-S125.
- Barro, R. y X. Sala-i-Martin, "Public Finance in Models of Economic Growth", *Review of Economic Studies*, 1992, Vol. 59, pp. 654-661.
- Benavie, A., E. Grinols, S. Turnovsky, "Adjustment Costs and Investment in a Stochastic Endogenous Growth Model", *Journal of Monetary Economics*, 1996, Vol.38, pp. 77-100.
- Benhabib, J, y B. Jovanovic, "Externalities and Growth Accounting", *American Economic Review*, 1991, Vol. 81, No. 1, pp. 82-113.
- Bond W., P., Wang, K., Yip, "A General Two-Sector Model of Endogenous Growth with Human and Physical Capital: Balanced Growth and Transitional Dynamics", *Journal of Economic Theory*, 1996, Vol. 68, pp. 149-173.
- Cazzavillan, G., "Public Spending, Endogenous Growth and Endogenous Fluctuations", *Journal of Economic Theory*, 1996, Vol. 71, pp. 394-415.
- Chatterjee, S., G. Sakoulis, S. Turnovsky, "Unilateral Capital Transfers, Public Investment and Economic Growth", *European Economic Review*, 2002, Vol. 47, pp. 1077-1103.
- Domar, E., "Capital Expansion, Rate of Growth and Employment", *Econometrica*, 1946, Vol. 14, No. 2, pp. 137-147.
- Easterly, W., R. King, R. Levine, S. Rebelo, "Policy, Technology Adoption and Growth, Economic Growth and the Structure of Long-Term Development: Proceedings of the IEA Conference", Varenna Italy, 1994, pp. 75-89.
- Eicher, T., "On the Mechanics of Technical Change: New and Old Ideas in Economic Growth, Conference: Old and New Growth Theories: An Assessment", University of Pisa, October 2001, pp. 1-24.
- Eicher, T., y Turnovsky, S. "Non-Scale Models of Economic Growth", *Economic Journal*, 1999, Vol. 109, No. 457, pp. 394-415.
- Fagerberg, I., "Why Growth Rates Differ", in Dosi *et al*, 1988.
- Fisher, W., y S., Turnovsky, "Public Investment, Congestion, and Private Capital Accumulation", *The Economic Journal*, 1998, Vol. 108, No. 447, pp. 399-413.
- Glomm, G. y B. Ravikumar, "Public Investment in Infrastructure in a Simple Growth Model", *Journal of Economics Dynamics and Control*, 1994, Vol. 18, pp. 1173-1187.
- Gong, L. y H. Zou, "Military Spending and Stochastic Growth", *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2003, Vol. 28, pp. 153-170.
- Gokan, Y., "Infrastructure, Alternative Government Finance and Stochastic Endogenous Growth", *Journal of economic Dynamics and Control*, doi:10.1016/j.jedc.2007.01.029.
- Harrod, R., "An Essay in Dynamic Theory", *The Economic Journal*, 1939, Vol. 49, No. 193, pp. 14-33.

- Lucas, R., "On the Mechanics of Economic Development", *Journal of Monetary Economics*, 1988, Vol. 22, pp. 3-42.
- Ludvigson, S., "The Macroeconomic Effects of Government Debt in a Stochastic Growth Model", *Journal of Monetary Economics*, 1996, Vol. 38, pp. 25-45.
- Malthus, T. R., "An Essay on the Principle of Population", London, 1798.
- Nordhaus, W., "An Economic Theory of Technological Change", *The American Economic Review*, 1969, Vol. 59, No. 2, pp. 18-28.
- Pavitt, K. y L. Soete, "International Differences in Economic Growth and the International Location of Innovation, Emerging Technologies: Consequences for Economic Growth, Structural Change and Employment", 1981.
- Ramsey, F., "A Mathematical Theory of Saving", *The Economic Journal*, 1928, Vol. 38, No. 152, pp. 543-559.
- Reikard, G., "Endogenous Technical Advance and the Stochastic Trend in Output: A Neoclassical Approach", *Research Policy*, 2005, Vol. 34, pp. 1476-1490.
- Ricardo, D., "Principles of Political Economy and Taxation", London, 1817.
- Rivera-Batiz, L. y P. Romer, "International Trade with Endogenous Technological Change", *European Economic Review*, 1991, Vol. 35, pp. 971-1004.
- Romer, P., "Increasing Returns and Long-Run Growth", *The Journal of Political Economy*, 1986, Vol. 94, No. 5, pp. 1002-1037.
- Romer, P., "Growth Based on Increasing Returns Due to Specialization", *The American Economic Review*, 1987, Vol. 77, No. 2, Papers and Proceedings of the Ninety-Ninth Annual Meeting of the American Economic Association, pp. 56-62.
- Romer, P., "Endogenous Technological Change", *The Journal of Political Economy*, 1990a, Vol. 98, No. 5, Part 2: The Problem of Development: A Conference of the Institute for the Study of Free Enterprise System, pp. S71-S102.
- Romer, P., "Are Nonconvexities Important for Understanding Growth?", *The American Economic Review*, 1990b, Vol. 80, No. 2, pp. 97-103.
- Romer, P., "The Origins of Endogenous Growth", *The Journal of Economic Perspectives*, 1994, Vol. 8, No.1, pp. 3-22.
- Smith, A., "An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations", Edinburgh, 1776.
- Solow, R., "A Contribution to the Theory of Economic Growth", *The Quarterly Journal of Economics*, 1956, Vol. 70, No. 1, pp. 65-94.
- Solow, R., "Technical Change and the Aggregate Production Function", *The Review of Economics and Statistics*, 1957, Vol. 39, No. 3, pp. 312-320.
- Solow, R., "Perspectives on Growth Theory", *The Journal of Economic Perspectives*, 1994, Vol. 8, No.1, pp. 45-54.

- Tirado, R., “Crecimiento con Cambio Tecnológico Endógeno, Bancos y Dinero”, *Universidad Autónoma Metropolitana*, 2000, pp. 1- 31.
- Turnovsky, S., “Macroeconomic Policies, Growth, and Welfare in a Stochastic Economy”, *International Economic Review*, 1993, Vol. 34, No. 4, pp. 953-981.
- Turnovsky, S., “Optimal Tax, Debt, and Expenditure Policies in a Growing Economy”, *Journal of Public Economics*, 1996, Vol. 60, pp. 21-44.
- Turnovsky, S., “Productive Government Expenditure in a Stochastically Growing Economy”, University of Washington, Seattle, 1998, pp. 1-38.
- Turnovsky, S., “On the Role of Government in a Stochastically Growing Open Economy”, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 1999, Vol. 23, pp. 873-908.
- Turnovsky, S., “Government Policy in a Stochastic Growth Model with Elastic Labor Supply”, *Journal of Public Economic Theory*, 2000, Vol. 2, pp. 389-433.
- Turnovsky, S., “Old and New Growth Theories: A Unifying Structure? Conference: Old and New Growth Theories: An Assessment”, University of Pisa, October 2001, pp. 1-40.
- Uzawa, H., “Optimum Technical Change in an Aggregative Model of Endogenous Growth”, *International Economic Review*, 1965, Vol. 6, No.1, pp. 18-31.