

CRECIMIENTO ECONÓMICO
SUSTENTADO EN LA
GENERACIÓN DE CIENCIA Y
TECNOLOGÍA, UNA REVISIÓN
TEÓRICA

por

VIVANCO BAUTISTA JOSÉ TRINIDAD

Tesina sustentada en aspectos teóricos
propuesta para obtener el grado en

Licenciado en Economía

Universidad Nacional Autónoma de
México

2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



“CRECIMIENTO ECONÓMICO SUSTENTADO EN LA
GENERACIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA, UNA REVISIÓN TEÓRICA”

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

CRECIMIENTO ECONÓMICO SUSTENTADO
EN LA GENERACIÓN DE CIENCIA Y
TECNOLOGÍA, UNA REVISIÓN TEÓRICA

Por: Vivanco Bautista José Trinidad



Este trabajo no hubiera sido posible si la valiosa cooperación de mis sinodales los profesores José Guadalupe Sandoval Manzano, Armando Sánchez Vargas, Emidio Méndez Hernández, Godofredo Rivera Arias y mi tutor Miguel Cervantes Jimenez quien además de guiar y aportar al proyecto me brindo su amistad.

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Economía por haberme dado la formación y las herramientas necesarias para desempeñar dignamente y con calidad el compromiso de vida que me otorgo como economista.

No puedo dejar pasar por alto el mencionar a todas las personas que a los largo de mi vida han intervenido para formarme en la persona que hoy soy, mis profesores, amigos, mis padres y hermanos.

“... ya notenemos veinte años para que nos desinfectemos despues de manosear los pecados capitales. La cosa es destruirnos o lograrlo. ”

Mario Benedetti



Tabla de contenido

Tabla de contenido	V
Justificación y delimitación	VII
Objetivos.....	VIII
Metodología.....	IX
Antecedentes.....	X
1 Teoría del Crecimiento Económico, primeros estudios.....	- 12 -
1.1 Adam Smith.....	- 13 -
1.2 David Ricardo.....	- 16 -
1.3 Karl Marx	- 19 -
1.4 A manera de Conclusión	- 22 -
2 La teoría moderna del crecimiento	- 25 -
2.1 Harrod – Domar	- 26 -
2.2 El modelo de crecimiento de Solow.....	- 30 -
2.3 Learning by doing.....	- 41 -
2.4 Teoría del crecimiento endógeno.	- 49 -
2.4.1 Economía de las ideas.	- 50 -
2.4.2 El modelo simple AK.	- 53 -
2.4.3 El modelo de Romer.	- 57 -
2.5 Convergencia.....	- 66 -
Conclusiones y recomendaciones.....	- 71 -
Índice de gráficos	- 73 -
Bibliografía.....	- 74 -



Índice de gráficos

Grafica 2-1: Tasa de crecimiento del producto por unidad eficiente de trabajo.....	- 32 -
Grafica 2-2: Inversión de reposición y realizada.....	- 35 -
Grafica 2-3: Afecto del aumento en la tasa de ahorro	- 37 -
Grafica 2-4: Incremento de la producción.....	- 38 -
Grafica 2-5: Modelo de Arrow (Cobb-Douglas).....	- 44 -
Grafica 2-6: Modelo neoclásico (Cobb-Douglas)	- 45 -
Grafica 2-7: Tasas de crecimiento: El modelo AK vs. modelo de Solow	- 55 -
Grafica 2-8: Efectos de la aplicaciones de políticas.....	- 56 -
Grafica 2-9: Dinámica de transición del Modelos de Solow.....	- 67 -
Grafica 2-10: Convergencia Condicional.....	- 68 -



Justificación y delimitación

Conveniencia

El presente trabajo resulta de gran beneficio para futuras investigaciones que profundicen en el tema, al establecer, ante el reflorecimiento de las investigaciones sobre la Teoría del crecimiento económico, un marco teórico de referencia básico.

Relevancia teórica.

Todo estudio requiere tener un precedente teórico que ayude a encontrar camino hacia el objetivo deseado; por eso, es conveniente tener una referencia que aporte una rápida visualización de esas líneas teóricas que pueden encaminar y ubicar al investigador, académico o estudiante que inician en el tema para una posterior profundización.

Relevancia social

El estudio del crecimiento económico es materia de interés para toda la sociedad, la actual situación prevaleciente de escaso crecimiento, tanto en el ámbito nacional como mundial, nos manifiestan la importancia de tener a conocimiento el conjunto de opciones teóricas para elegir la praxis de la más conveniente. Este trabajo no soluciona un problema tan grande como el crecimiento, sin embargo, si es un grano de arena en la concepción de un país con mejores perspectivas y oportunidades.

Viabilidad de la investigación

La investigación es viable ya que se cuenta con los suficientes insumos que requiere esta. Se dispone de los recursos humanos, materiales, dígame computadoras, papelería etc; financieros para la adquisición de materiales operativos como bibliográficos y demás que se requieran; se tiene el tiempo para trabajar en este proyecto y de un lugar adecuado para hacerlo.



Objetivos

Objetivos generales

Este trabajo se propone exponer argumentos teóricos que proponen la creación de ciencia y tecnología como generadores de crecimiento económico; como se dijo antes no se pretende solucionar la complejidad que implica el crecimiento pero si ser un preámbulo a futuros trabajos más ambiciosos que profundicen en el tema.

Objetivos particulares

El trabajo se divide en dos secciones ordenadas en forma cronológica, en la primera se presentan los antecedentes de la teoría del crecimiento, esto es, a partir de los primeros economistas se retoman las líneas concernientes al crecimiento económico y la influencia del cambio tecnológico en este, al final se expone una definición de lo que es crecimiento económico y la influencia de la ciencia y la tecnología para estimularlo.

En la segunda parte se muestran algunos de los autores más influyentes en la teoría moderna del crecimiento económico como lo son los modelos de Solow, Harrod, Domar,¹ Arrow y Romer. Esencialmente se trata de una exposición en la que no se puede dejar fuera las confrontaciones teóricas entre los autores que giran en el carácter exógeno o endógeno de la ciencia y la tecnología, por ende esta parte se subdivide en las posturas exógenas como lo son Harrod-Domar, Solow y el híbrido de Arrow “learning by doing”, luego se expone el modelo AK , y Romer representantes del crecimiento endógeno. Por último se presenta la hipótesis de convergencia, que como se percibirá es el argumento que pretenden valide una u otra postura.

¹ Harrod y Domar no incluyen ninguna variable relacionada con la ciencia o la tecnología, pero son un importante aporte para el reinicio del estudio del crecimiento económico por lo que no son dejados fuera a pesar de no ser de gran relevancia desde la perspectiva de este trabajo.



Metodología

El presente trabajo es un seguimiento y descripción de las diferentes teorías y visualizaciones que se tiene del crecimiento y su vinculación con la ciencia y la tecnología; para lo cual se realiza una recopilación de los textos artículos o libros de los teóricos más representativos de cada corriente; por existir una gran variedad de autores y visiones se han pasado por alto no por intrascendentes, sino por viabilidad y relación con el tema.



Antecedentes

El estudio del crecimiento económico es materia de interés para toda la sociedad, la actual situación prevaleciente de escaso crecimiento, tanto en el ámbito nacional como mundial, nos manifiestan la importancia de tener un conocimiento amplio del conjunto de opciones teóricas para elegir la praxis de la más conveniente.

Desde la confirmación de la economía como ciencia los estudiosos de esta joven disciplina se interesaron por conocer lo que motiva y provoca el enriquecimiento de la sociedad, todos esos estudios se centraron en abstraer el desarrollo del sistema economía para vislumbrar los componentes que la hacían funcionar. Adam Smith refleja desde el título de su principal obra dichas intenciones; pasando después por Mill, Ricardo, Marx y otros los inicios de la ciencia económica fueron marcados por cuestionamientos acerca del incremento de la riqueza de los individuos y de la sociedad.

Al pasar de los años el sistema económico se desarrollo cada vez más complejo, surgiendo nuevos cuestionamientos que no dejaban de tener como eje el crecimiento económico o la riqueza de las naciones, las diferentes coyunturas dirigieron el pensamiento hacia las oportunas respuestas, pero a pesar de los cambios en las posturas siempre han estado presente en las abstracciones los componentes básicos del sistema, el trabajo, el capital y la tierra o la renta de esta. Ya sea para solucionar crisis como la de principios del siglo pasado o para buscar el desarrollo de las naciones atrasadas, los más recientes contextos económicos abrieron la necesidad y la oportunidad de retomar el estudio del crecimiento de manera importante.

Bajo esta temática se generaron nuevas teorías más complejas y con el uso de mayores herramientas matemáticas y estadísticas. El modelo de Solow (1956) y antes el de Harrod Domar (1939 y 1946) reiniciaron el interés por la teoría del crecimiento económico un tanto detenida por dar mayor peso a otros tópicos, luego nuevamente de los 60' del siglo pasado a los 80' se dejó a un lado cuando reaparición con nuevas propuestas y problemas a



resolver, dentro de esta última generación aparecieron o se retomaron conceptos como los de los spillovers y learning by doing; en la nueva baraja de economistas ocupados en la teoría del crecimiento aparecieron Grossman y Helpman, Barro, Sala-i, Paul Romer entre otros no menos importantes.



“La ciencia es el alma de la prosperidad de las naciones y la fuente de todo progreso”

Louis Pasteur

1 Teoría del Crecimiento Económico, primeros estudios

El estudio del crecimiento económico es un tema que atañe a los estudiosos de la economía desde el surgimiento de esta como ciencia, es, “sin duda la teoría del crecimiento la rama de la economía de mayor importancia”²

Es importante tener en claro a que se refiere cuando se habla de crecimiento económico, ya que a menudo suele confundirse le con el desarrollo, y si bien están estrechamente ligados, se refieren a diferentes objetivos. Mientras el crecimiento mide de manera cuantitativa, mediante la tasa de crecimiento del PIB; para el desarrollo se hace con base en indicadores cualitativos, habitualmente en base al Índice de Desarrollo Humano (IDH) que engloba varios indicadores de bienestar, salud –esperanza de vida al nacer- educación, la riqueza por individuo (PIB per-capita). El segundo busca la mejora de las condiciones de vida de la sociedad en general, por tanto engloba la existencia del primero, el cual solo se refiere al incremento de la producción; así el desarrollo no es solo la acumulación de riqueza generada en base a los recursos disponibles, implica también cambios en las estructura económica, en la distribución de la riqueza y otros aspectos que engloba el mejoramiento de las condiciones de vida de la sociedad.³

Ésta distinción es suficiente para empezar a estudiar la concepción del crecimiento, la ciencia y tecnología en el ámbito económico; en este capítulo se enmarca el inicio del estudio del crecimiento económico, su definición y la influencia que ha tenido la ciencia y la tecnología en éste; para tal objetivo se expone el pensamiento, manifestado en sus principales obras, de los primeros y más representativos pensadores económicos, que

² Sala-i Martín Xavier, Apuntes de crecimiento económico, Antoni Bosch Editor, 2000 España

³ Sunkel Osvaldo, El subdesarrollo latinoamericano y la teoría del desarrollo, Siglo veintiuno editores, 26ª edición 2004, México



establecieron los cimientos sobre los cuales se ha montado lo que hoy llamamos ciencia económica. El primer apartado trata sobre Adam Smith, el segundo presenta a David Ricardo, el tercero a Karl Marx, y en el último apartado del capítulo se presenta una definición acabada de crecimiento, ciencia y tecnología junto con algunos comentarios de la relación entre estos según los autores. Es un análisis poco profundo en el cual no se pretende generar polémica entre los autores, ni tampoco presentar toda la obra, se limita a mostrar lo que atañe a la investigación y contiene muchas partes interpretativas.

1.1 **Adam Smith**

Considerado por muchos el padre de la economía, Adam Smith hace mención en su libro “Investigación sobre la Naturaleza y Causas de la Riqueza de las Naciones” de la importancia que tiene la división del trabajo en la capacidad productiva y por ende, en la riqueza de una nación.

Concibiendo la riqueza de las naciones como valor natural o valor de la producción anual de un país, suele referirse a la producción indistintamente, sin salirse de la idea medular de que es el valor de la cantidad de bienes que se han producido en un año. En lo que no es irregular es en las causas que motivan el incremento en esta, el autor sostiene que: “*El producto anual de un país solo puede aumentar su valor aumentando el número de trabajadores o las aptitudes productivas de los operarios que ya existen*”.⁴

Dentro de sus contribuciones a la teoría del crecimiento económico ésta la división del trabajo y la distinción entre el trabajo productivo e improductivo.⁵ En referencia con la última conceptualiza al trabajo productivo como aquel que se destina únicamente a las manufacturas o al campo, en otras palabras a lo que genera bienes, y el improductivo a los trabajadores que prestan servicios; luego, dice que la producción se encuentra en función de

⁴ Smith, Adam; Investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones; FCE 2000

⁵ Chadhuri, Gramil; Economic Theory of Growth; Harvester Wheatsheaf, New York, USA 1989 y Scaglione Matías D. Roles de la acumulación de Capital y del Progreso Técnico en la Teoría del Crecimiento Económico de Adam Smith; http://www.aaep.org.ar/aspa/anales/pdf_01/scaglione.pdf Coinciden en esta opinión.



la cantidad de trabajadores que son empleados en una actividad; entonces la producción esta determinada por el porcentaje de trabajadores que se destinan a las actividades productoras de bienes.

La división del trabajo interesa más a la presente investigación por expresar el adiestramiento de los trabajadores en sus labores, lo cual trae consigo importantes consecuencias; Smith distingue que originados de la división del trabajo los trabajadores obtienen:

una mayor destreza en sus actividades;

- ahorran tiempo al pasar de una ocupación a otra, y
- la inclusión de maquinaria facilita al obrero su trabajo, además de producir lo de varios⁶.

La tercera consecuencia es desencadenada por las anteriores, en especial por la primera. Para empezar, el hecho de que los trabajadores se dediquen a una sola actividad los convierte en expertos en esta, así que, en busca de trabajar menos y ahorrar tiempo, ingenian nuevos mecanismos y métodos producidos gracias a su experiencia. La inclusión de maquinaria genera una cadena de continuo aprendizaje y mejoras en la producción, esta generación es tan importante que se llegó al punto donde se destinaron trabajadores especializados a la creación de nuevas tecnologías.

La maquinaria empleada aumenta la productividad, reduce precios y también disminuye, ya sea la cantidad de trabajadores empleados o los salarios. A esta contrariedad Smith la defiende argumentando que la disminución de precios da la oportunidad de consumir bienes a un número mayor de personas; incrementando la demanda, el beneficio y manteniendo los empleos⁷. La incorporación de nuevas tecnologías, como se ha visto, esta ligada a la división del trabajo, es producto y generadora de ella. La revolución industrial como tal no

⁶ Smith Op. Cit. Libro 1 Cap. I

⁷ Ibíd. Libro 1 Cap. XI Parte III



partió de la mente “ociosa de filósofos”⁸, fue el espíritu de cambio, “de intercambio”, y el aumento de beneficios, lo que motivo la creación de novedosas maquinas que simplificaban trabajo y generaban jugosas ganancias. La creación de estas permitió la exploración de nuevos territorios en busca de nuevos mercados.

Otras aportaciones de Smith a la teoría del crecimiento económico son el definir los límites del crecimiento económico. Los efectos potenciadores de la división del trabajo sobre el incremento de la producción encuentran su principal limitante en el tamaño del mercado. Los niveles de producción no pueden sobrepasar esta restricción, de darse el caso, el valor de cambio de los bienes tendería a ser menor al óptimo de mercado que cubre la demanda resultando no redituable para el empresario.

El otro límite es el ritmo de acumulación de capital, el cual está ligado con la productividad. La mayor división del trabajo conlleva una eficacia superior en el uso del capital disponible, estimulando así la producción y la acumulación que responde a los requerimientos de trabajo y capital; conforme aumenta la acumulación tiene que ser más eficaz el uso de capital, pero existe un límite en el cual la mayor acumulación de capital dejará de reportar incrementos en la productividad, pues el trabajo no crece a su ritmo y existirán rendimientos decrecientes. Por tanto el crecimiento se ve acotado por el ritmo y el nivel de acumulación de capital que la economía pueda soportar.

Siempre latente, la ciencia y la tecnología se incorporan al proceso productivo en forma indirecta, todo gracias a la división del trabajo y sus secuelas, así mismo sus limitantes de aprovechamiento residen en las del crecimiento continuamente expandibles. A pesar de la presencia en forma exógena de la ciencia y la tecnología en la teoría de Smith, no pierde importancia en sus estudios ni en los de boga, con mucho material por rescatar, es un tópico con poco más de dos siglos de estudio y discusión.

⁸ Smith hace alusión que estos pertenecían a la clase de trabajadores improductivos.



1.2 **David Ricardo**

La parte central de la obra de Ricardo retoma múltiples definiciones elaboradas por Smith, entre ellas la de producción nacional o riqueza de un país; en la cual se manifiesta consiente de la delimitación espacial y temporal de la producción, así, generalmente al referirse a producción ésta contemplando el valor de los bienes producidos por una nación en un año (disfrutes como él los llama)⁹, y aunque no lo expresa tal cual, si es fácil advertir que presenta a la producción como una variable de flujo.

Con respecto a la riqueza se observa que, en la teoría del valor de Ricardo, tiene amplias razones con respecto a qué la genera o la modifica; supone que la cantidad de trabajo es lo que determina el valor de cambio¹⁰, por lo tanto, variaciones en la cantidad de labor empleado modificaran la cantidad de bienes producidos¹¹ ya sea en forma positiva o negativa, todo dependiendo de otras condiciones como factores climáticos que provocaran que, en caso de ser adversos, se requiera mayor trabajo para alcanzar la misma producción del periodo anterior¹² o bien se generara una mayor cantidad de bienes, en condiciones favorables, que traerán en consecuencia una mayor riqueza. Casos como el anterior son cuestiones sobre las que no podemos interactuar, resultan exógenos, y cuando se dan son por periodos cortos, por tanto, habrá que encontrar que factores determinan las variaciones en el valor, en la cantidad de trabajo y en la cantidad de bienes.

Se ha visto que el valor es determinado por la cantidad de trabajo empleado, entonces se ésta en posición de apuntar que si se modifica la cantidad requerida en un bien se altera al primero. Ahora, la cuestión es saber como se puede hacer. Manteniendo la misma lógica de

⁹ Ricardo David: Principios de Economía Política y Tributación, Cap. VII, FCE, México 1985 Cap. VII

¹⁰ Se hace referencia al valor de cambio y en adelante se seguirá haciendo, ya que el valor de uso se determina por su utilidad y no resulta de interés a la investigación.

¹¹ Smith, Op. Cit. Cap. I, Pg. 11. “Si la cantidad de trabajo cristalizada en los bienes determina su valor en cambio, cualquier aumento de la cantidad de trabajo debe elevar el valor de este bien sobre el que se ha aplicado, así como cualquier disminución debe reducir su valor”

¹² *Ibíd.*



Ricardo y siguiendo su texto,¹³ se tiene que, para la producción de un bien necesitamos de ciertas habilidades y herramientas que en principio, en épocas primitivas, eran limitadas; como se fueron mejorando ambas, la dificultad para producir fue disminuyendo. Lo anterior permite argumentar que esta es la forma en que según Ricardo se modifica el valor.

¿Como se modifican estos factores que alteran el trabajo requerido? Es por la alteración de la forma en que se combinan los factores de la producción.

Ricardo expresa que es mediante el mejoramiento de la destreza humana, obtenida por la división del trabajo y la implementación de maquinaria, como se da una transformación en la proporción de capital fijo y de variable, lo que es expresión de que se requiere una cantidad diferente de trabajo, entendiendo, sin entrar en discusión, al primero como los utensilios y maquinaria, y el segundo la mano de obra y los insumos. Se pudo haber dado que se introdujo una innovación en la maquinaria empleada o que el obrero, resultado de continuos años de experiencia, sea dueño de una destreza tal que ahora puede cristalizar una mayor cantidad de productos con el mismo trabajo.

En ambos casos al requerirse una menor cantidad de trabajo en la producción se modifica a la baja el valor de los bienes, en palabras de Ricardo, *“en efecto la cualidad esencial de una mejora consiste en disminuir la cantidad de trabajo que antes se requería para producir un bien, y dicha disminución no puede ocurrir sin una reducción de su precio o en su valor relativo”*

En lo referente a los efectos sobre los salarios y los beneficios, dada la modificación de los precios, llega a conclusiones parecidas a las de Smith y de manera similar la justifica.

La mejora en la maquinaria implica que se requiera una menor cantidad de trabajo para la producción de bienes, esto es, que con una cantidad menor de trabajo empleado o con la misma cantidad pero en menor tiempo se produzca la misma cantidad de bienes que se producía antes de la mejora. Ricardo observa que la disminución en el trabajo utilizado en la producción modifica los precios de estos. Esta afirmación tiene importantes

¹³ Ricardo Op. Cit.



consecuencias para la economía. Primero, la reducción de los precios relativos, derivada de la mejora de la maquinaria, genera una reducción de los costes de producción, así es que el sobrante se puede destinar al ahorro y a la acumulación, siempre y cuando no sea utilizado en consumo improductivo. Segundo, la reducción en el trabajo requerido para producir “x” cantidad de bienes desplaza trabajo hacia otras actividades en las que no se han introducido mejoras o simplemente por su naturaleza requieren una ampliación extensiva de la fuerza de trabajo.

La maquinaria y las mejoras que se introducen a estas toman un papel fundamental en el incremento de la producción, la experiencia de los trabajadores en su labor es la fuente del avance en los mecanismos y el conocimiento de la forma en que se deben combinar los factores. Ambos casos son una manifestación de la incorporación, al proceso productivo, de nuevos conocimientos que se pueden catalogar como mejoras tecnológicas. La ciencia y la tecnología como una variable indirecta deben su incorporación, como causante del incremento de la riqueza, a la división del trabajo que permite la generación de un conocimiento tácito que al socializarse permite una innovación tecnológica a toda la actividad.

En Ricardo la aplicación de los conocimientos obtenidos gracias a la división del trabajo representan el cambio tecnológico que se refleja en las maquinas y procesos empleados que a su vez modifican la cantidad de trabajo empleado en la producción. La continúa aplicación de conocimientos al proceso productivo, vía la mejora de procesos y maquinas, aparece como un exponenciador de la producción recurrente, todo esto bajo la reserva de los alcances o soportes de la economía para estos niveles de producción, trabajo, empleo y precios de los bienes. Tal vez no sea tan explícita la presencia de la ciencia y la ciencia y la tecnología, pero si esta presente en la división del trabajo y el conjunto de conocimientos implícito que desarrollan los trabajadores y en los creadores de maquinaria y procesos productivos.



1.3 **Karl Marx**

En los estudios de Marx expone el proceso de producción capitalista desde la creación de la mercancía hasta su realización. Teniendo en consideración que realizó su trabajo a partir de la crítica a trabajos como el de Smith (RN) y de Ricardo es sensato asumir que la producción es medida por la cantidad de mercancías realizadas durante un año, esta producción estará en relación a la cantidad de ciclos productivos que se generen en dicho año. Sin embargo, Marx, al explorar las relaciones dentro del proceso de producción se encontró con que el valor de las mercancías puede verse desde dos perspectivas, primero por su valor de uso, y segundo por el valor de cambio el cual está determinado por el trabajo que destinaría la sociedad para fabricar dicha mercancía “el trabajo socialmente necesario”.

El proceso productivo, en el cual se manufactura la mercancía, requiere de los obreros, que incorporan valor a las mercancías mediante su trabajo, de las materias primas y de las herramientas, que ya contienen un trabajo anterior. Para Marx el proceso productivo es el medio por el cual el capitalista se apropia de una parte del trabajo del obrero “la plusvalía” por tanto la jornada laboral se divide en dos, la de trabajo necesario que es constante y equivale a su sueldo y en la parte de trabajo excedente, de donde surge la plusvalía.

En el análisis de Marx, la tecnología y las ciencias juegan un papel trascendental dentro del proceso de producción, partiendo desde un punto de vista histórico observa que los medios de trabajo “*objeto o conjunto que el obrero interpone entre él y el objeto a trabajar*”¹⁴ evolucionan de acuerdo con el tipo de época económica en la que se encuentra el hombre “*lo que distingue a la épocas económicas unas de otras no es lo que se hace, sino el como se hace, con que instrumentos de trabajo se hacen*”¹⁵ la relación surgida entre el hombre y las herramientas, en épocas primitivas fueron huesos y piedras que evolucionaron de ser simples a compuestas o máquinas, ha cambiando la manera de producir. La incorporación de la máquina, conjunto de herramientas simples, dentro de la manufactura cambió las

¹⁴ Karl Marx, “El Capital”, Tomo I Cap. XIII Maquinaria y gran industria; FCE Tercera Edición 2000

¹⁵ *Ibíd.* p 302



maneras artesanales de producir para ser de gran escala donde la maquina desplaza el trabajo del hombre así como sus talentos, el tipo de trabajo realizado dentro de la manufactura es un trabajo desvalorizado según el concepto de valor de Marx,¹⁶ ya que incorpora a trabajadores no tan virtuosos como los artesanos pero si más calificados en el uso de la maquina, así como los escasamente dotados, a los que se les adiestra con mínimos costos. La maquinaria como producto del desarrollo de la técnica es una manifestación del papel de la tecnología en la producción, pero también la ciencia tiene su rol. La ciencia química, resaltada continuamente por Marx, proporciona nuevas técnicas en el uso de materiales implicados en la producción, el manejo de nuevas substancias y las reacciones de las ya conocidas fueron potencializadoras en la revolución industrial, la física por su parte proporcionó sistemas de movimiento para las maquinas y el motor de la revolución, la maquina de vapor.

El camino de la maquina a la industria comenzó con la división del trabajo que formó especialistas en una actividad determinada, en la que poco a poco se generaron herramientas específicas para ahorrar tiempo y disminuir el empleo improductivo de la fuerza de trabajo,¹⁷ las necesidades de los nuevos procesos obligaron a la revolución de la maquinaria hasta alcanzar el punto de que en la gran industria se generaron maquinas con maquinas, la ciencia y la técnica se auto revolucionaron siguiendo las necesidades de la nueva época económica que surgía.

En el capitalismo la incorporación de herramientas más complejas modificó la composición orgánica del capital y para Marx, estas despojaron al obrero de su fuente de vida, su trabajo. A diferencia de Smith, Marx no considera que el incremento de la producción motive la generación de los trabajos perdidos, para el, la producción industrial no da cabida a la fuerza de trabajo desplazada de actividades como la del campo. Para que un obrero, desplazado por una maquina dentro de cierto sector, encuentre un nuevo trabajo se requiere de un capital que genere este nuevo empleo. La incorporación de maquinaria desplaza

¹⁶ *Ibíd.* Tomo I Cap. I

¹⁷ *Ibíd.* p 276



obreros que son arrojados a engrosar el ejército industrial de reserva, el capital destinado a la nueva maquinaria es el capital destinado al salario del obrero. Con la maquina se mantiene el nivel de mercancías producidas, pero por el lado de la demanda existe una caída en esta, ya que los obreros no reciben su salario, en consecuencia hay una caída en los precios y mas desempleo. Para que se de la reocupación de los obreros desplazados como sugiere Smith, Marx infiere que debe existir un nuevo capital aun no colocado que genere estos empleos.

La ciencia y la tecnología sin duda forman parte del motor de la nueva industria, basta con decir que se generaron industrias destinadas a las ciencias propulsoras de la producción, pero se enfrentan al problema de mano de obra sin capacitar y la disminución del valor de la fuerza de trabajo, argumentos del porque los obreros en el surgimiento de la manufactura consideraban a la maquinaria como un rival.

Marx es bastante explícito al mencionar que los cambios tecnológicos, mejoras en las maquinas, a lo largo de la historia de la humanidad y más notablemente a partir de la revolución industrial, han modificado el valor de cambio y la cantidad de bienes producidos. Coincide con Smith, en opinar que la incorporación de nuevas técnicas reeducativas de trabajo incita a los obreros ser gente mediocre, holgazana y poco interesada por el trabajo. En el plano puramente económico, dejando de lado cuestiones filosóficas, el problema del uso de la ciencia y la tecnología radica en si el grado y la forma de aplicación de innovaciones, por parte de una economía poco preparada para los cambios en su estructura productiva, retribuirá en alcanzar beneficios reales o solo serán superficiales. Al interior del proceso productivo se modifica la composición de la jornada de trabajo, la incorporación de una innovación tecnológica materializada en una nueva maquina disminuye el tiempo del trabajo necesario y aumenta, en consecuencia el trabajo excedente. Dado que se disminuyo la parte del trabajo necesario, que es la parte correspondiente al sueldo del obrero y sirve para mantener sus medios de vida necesarios, este tiene que buscar la forma de mantener los mismos niveles de vida; la maquina también aumenta la capacidad productiva del trabajo, ahora la producción de 10 horas se puede realizar en 8, esto es lo que mantiene el nivel salarial del obrero. El aumento del trabajo excedente hace



que se incremente la plusvalía relativa (la absoluta consiste en el alargamiento de la jornada de trabajo), además de que al aumentar la capacidad productiva se da un aumento de la oferta o una caída en la demanda seguido del abaratamiento de las mercancías y de los salarios. A menos que en otro sector se genere un incremento en la productividad que permita el equilibrio de los salarios y de la demanda se genera una externalidad negativa por el cambio tecnológico y los posibles beneficios obtenidos en el momento de auge por la innovación solo son temporales.

La medida en la cantidad de ciencia y tecnología parece ser una preocupación común para los autores citados anteriormente; con posturas diferentes encuentran en la ciencia y la tecnología una de las columnas del incremento de la producción; la forma de aprovechar los beneficios generados a partir del cambio tecnológico son cuestiones que siguen en el aire para las nuevas generaciones de investigadores.

1.4 ***A manera de Conclusión***

Con esta previa visualización del origen de las concepciones de crecimiento se toma una definición más acabada tomada de Jones Charles. “*El crecimiento económico es un incremento en términos reales de “output” de bienes y servicios sostenido por un largo periodo de tiempo medido en términos de valor agregado;*”¹⁸ no obstante, no se puede definir solamente de esta manera, o mejor dicho, con sólo observar la acción no basta, se tiene que conocer su génesis y secuelas, si bien cuantitativamente sería correcto decirlo de esa forma cualitativamente tiene grandes implicaciones, ya que el crecimiento económico es la base para la mejora en el nivel de bienestar individual y social, es la base para la búsqueda del desarrollo económico. El desarrollo de las actividades humanas a lo largo de la historia y en especial de la actual sociedad esta sustentada en la adquisición y producción de bienes y servicios que proporcionan no sólo los bienes de subsistencia, también le permiten realizar actividades necesarias desde el punto de vista, digamos intelectual espiritual, que la propia naturaleza del hombre exige; uno puede ir al supermercado y

¹⁸ Jones Charles I; Introducción al crecimiento económico, Pearson Education, México 2000



comprar alimentos o acudir a la fábrica y vender su fuerza de trabajo, así también se asiste al teatro, al museo o se adquieren pinceles y óleo para pintar; todos estas actividades representan diferentes tipos de beneficios o reportan un grado diferente de utilidad, pero el hecho es que al hombre le resultan indispensables ya que forman parte de su naturaleza. De esta parte se desprende la importancia del crecimiento económico, de la oportunidad que brinda al hombre de acercarse a otras diligencias. El “*humus económicos*” actúa racionalizando su costo-beneficio, el aumento de sus ingresos permite colocarse en una curva de beneficio superior.

En teoría y con la lógica de Smith y Ricardo, el que un ente genere una mayor riqueza arrastraría detrás al resto de la sociedad, que esto se cumpla o no, es un problema que se omite en la teoría del crecimiento, se da por hecho que así sucede, de manera coloquial se diría que primero hay que tener canicas para poder repartirlas y la pregunta trascendente es ¿cómo se logra generar éste crecimiento? Lograr el crecimiento constante implica necesariamente cambios en la forma en que se produce, lograr ser más eficiente en la aplicación de recursos. Gran parte de la respuesta se encuentra en la ciencia y en la tecnología, la primera como base de la segunda, no hay que omitir que mientras el conocimiento científico es aplicado en periodos de tiempo más distantes, la innovación tecnológica es redituable a corto plazo. Contrariamente a lo que parece, no se expresa que esta última sea más ventajosa o productiva, sino que ésta no habría podido tener la potencialidad con la que cuenta, muy claramente observable en los avances del siglo pasado; de no ser por una base acumulada en centurias y que se capitalizó de manera exponencial y encadena gracias al descubrimiento de nuevos materiales y combustibles que anteriormente no se podían manejar y que sólo con la acumulación de conocimientos científicos se les logro aprovechar, lo demás es historia... nuevos productos, nuevos mercados.

¿Pero como definir a la “Ciencia” y a la “Tecnología”?... ¿Cómo terminar de explicar el papel de estas en el crecimiento, si no se ha explicado qué son?

La ciencia en un sentido amplio es conocimiento sintetizado, organizado y objetivamente comprobable; desde el enfoque económico, la ciencia representa la acumulación de



conocimientos orientados y no orientados¹⁹, que puede llegar a ser aplicados a procesos productivos por medio de la tecnología. Para entender el papel de la ciencia en la economía es necesario observarlo desde una panorámica histórica, en la que se muestre una relación directa entre las formas de organización social y el grado de desarrollo de la ciencia, como por ejemplo el renacimiento se caracteriza por el resurgimiento de muchas disciplinas del conocimiento antes vetadas y por la generación de nuevos pensamientos sobre la forma de organización social.

Los autores referidos anteriormente coinciden en no considerar al factor tecnológico en sus funciones de producción, destacando para los tres al trabajo, la tierra y el capital como las principales variables endógenas. El factor tecnológico resulta una externalidad que no deja de ser mencionada, concuerdan de cierta manera en lo que representa para la producción la tecnología, del como por la especialización de los trabajadores facilita labores, reduce costos y trabajo. La tecnología se incorpora y se expresa como la aplicación de conocimientos dirigidos a un problema específico, conocimiento sintetizado de manera muy funcional, aterrizar lo abstracto que puede llegar a ser pensamiento científico en un sencillo engrane; es el proceso mediante el cual el hombre ha ingeniado herramientas y maquinas que le ayudan a modificar su entorno en el que se desenvuelve.

¹⁹ Este tipo de distinción se refiere, en el caso de la orientada, a la investigación de fenómenos predestinados a una aplicación específica, mientras que la no orientada, es la que se realiza sin conocer una aplicación concreta.



“La ciencia es el alma de la prosperidad de las naciones y la fuente de todo progreso”

Louis Pasteur

2 La teoría moderna del crecimiento

Hasta el momento se ha definido lo que es el crecimiento económico y la importancia de la ciencia y la tecnología. Ahora, se abordan los modelos básicos de crecimiento de las últimas generaciones, en primer lugar, se describe un modelo muy sencillo, el modelo Harrod – Domar, que con un enfoque keynesiano se preocupa principalmente por el nivel de ocupación. El segundo es uno de los más recurrido en los trabajos sobre crecimiento, ha servido de base para modelos más complejos de crecimiento y es el más representativo de los modelos neoclásicos, publicado en 1956, el modelo de Solow.²⁰ Le sigue el modelo de “learning by doing” el cual conceptualiza algunas de las ideas previas a la economía de las ideas; el planteamiento de los dos anteriores modelos considera el factor tecnológico en forma exógena. En cuarta instancia dos modelos de crecimiento endógeno que involucran lo que se conoce dentro de la nueva teoría del crecimiento como generación de (I+D)²¹. El primero es el modelo simple AK , y posteriormente se habla del modelo de Paul Romer, previa definición de los conceptos involucrados en la economía de las ideas y el crecimiento endógeno, que ha sido uno de los más acabados de esta nueva generación de modelos de crecimiento, además de ser una referencia obligada para trabajos que involucran el factor tecnológico de forma endógena. Y por último de convergencia, que ha generado cuestionamientos y polémicas entre los estudiosos del crecimiento a partir de la innovación y la economía de las ideas, por un lado los partidarios del modelo neoclásico y, por otro, los de la nueva teoría del crecimiento endógeno. Cabe señalar, al ser un argumento

²⁰ También conocido como Solow-Swan.

²¹ El concepto (I+D) es utilizado generalmente en la literatura del crecimiento en sustitución de: “investigación y desarrollo” y en algunos casos también denota Ciencia y Tecnología; en los modelos matemáticos expresa un stock de conocimientos o factores tecnológicos, definidos por la literal A .



sobre el que gira la valides teórica de las teorías exógenas *versus* las endógenas, se expone al final para tener en conocimiento previo ambas posturas.

2.1 **Harrod – Domar**²²

Antes de la aparición del modelo de Solow, el modelo más popular de crecimiento y representativo de la escuela Keynesiana, la cual estaba en boga, es el llamado Harrod – Domar.²³ Desde su aparición fue objeto de críticas; en la actualidad, por su falta de solvencia teórica es poco recurrido por las nuevas generaciones de economistas “*por ser poco valido para estudiar la realidad de las economías desarrolladas de la actualidad.*”²⁴

A continuación se presenta su planteamiento para luego esbozar sus conclusiones y problemas que lo han motivado discusiones teóricas sobre su funcionalidad.

Ante la premisa de que es un planteamiento ligado a las ideas de Keynes, es de suponer que cualquier conclusión arrojada debe responder al problema del nivel de ocupación de la fuerza laboral y que parte de supuestos similares al modelo Keynesiano, tales como los son los siguientes:

- El nivel de ahorro S es una fracción del ingreso que los agentes dejan de consumir en expectativa de obtener mayores ingresos en el futuro, así: $S = sY$, donde s es la propensión marginal al ahorro.
- Solo existe un tipo de combinación de los factores capital y trabajo, K y L , en la función de producción.
- Por lo que respecta a la fuerza de trabajo, ésta crece a una tasa constante n , pero sin que ello suponga la existencia de rendimientos decrecientes, sino que por el contrario. Teniendo en cuenta esta circunstancia, se establece que la “eficiencia laboral”, es decir, el número de trabajadores en unidades de eficiencia, aumenta a

²² Galindo, Martín, M. A; Crecimiento Económico, Principales Teorías desde Keynes; Mc Graw-Hill; Madrid 1994; Chadhuri, Op. Cit.

²³ Desarrollado por separado, Harrod 1939 y Domar 1946, llagan a conclusiones similares.

²⁴ Galindo, Op. Cit.



una tasa n' , lo que implica: $n' = n + \lambda$, con $\lambda = a$ la tasa de crecimiento de la destreza del trabajador.

- El capital es una parte del volumen de producción, $K = vY$, v es la relación Capital-Producto.
- Por último, las variaciones en el capital \dot{K} tienen la relación $\dot{K} = v\dot{Y}$, redefiniendo v como la relación marginal Capital-Producto o el aumento efectivo del stock de capital, y dado que se supone la no existencia de la depreciación el incremento del stock de capital tiene que ser igual al que los inversionistas tienen la expectativa de ser de ser el adecuado a los requerimientos de la producción, por tanto $I = v\dot{Y}$, y si $I = S$, la condición de equilibrio es: $v\dot{Y} = sY$.

Con esto se llega a lo que se denomina la “ecuación fundamental”

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{s}{v} = G$$

con v y s constantes, la parte izquierda de la igualdad representa la tasa de crecimiento de la renta nacional, también llamada “tasa de crecimiento efectiva,” G .

Existe otra tasa de crecimiento, al considerar el coeficiente del stock de capital que los empresarios requieren, o mejor dicho, tiene la expectativa de que sea el requerido, v_R , se formula la ecuación:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{s}{v_R} = G_W$$

al lado derecho se le denomina la “tasa de crecimiento garantizada,” G_W .

La G_W es lo que los empresarios o inversionistas consideran como ideal ya que se ajusta a sus expectativas. En este nivel se encuentran satisfechos y esperan así se conserve, por lo que mantendrán los mismos niveles de I . De ser cierto esto, existe un nivel en el cual hay plena ocupación y estabilidad en el crecimiento.



Como ya se refirió, el modelo Harrod-Domar muestra preocupación por los niveles de empleo y estabilidad, todas las tendencias que estén fuera de la de G_w exhiben deficiencias en estos objetivos; para garantizarla tenemos que esperar que $G = G_w$ y con ello sus coeficientes:

$$Gv = Gv_R = s$$

Por ultimo, tanto G como G_w deben ser armónicas con el crecimiento de la fuerza de trabajo, lo que se le llama “un crecimiento natural” Gn , el cual esta condicionado por n' , de tal forma que esta sea igual a G .

De este punto, según Galindo,²⁵ parte la falta de solvencia en el modelo.

Primero, el planteamiento no deja ver la forma en la que se puedan manipular las variables s , v y n' que son las determinantes de las tasas de crecimiento del ingreso y, por tanto, no garantiza su igualdad, la cual es requerida para lograr el crecimiento equilibrado, el pleno empleo demanda que $G = n$; lo anterior se resume en:

$$G = G_w = Gn \quad \text{ó} \quad \frac{s}{v} = \frac{s}{v_R} = n'$$

y como ya se dijo las variables no son manipulables, de hecho resultan exógenas y dependen de factores tales como, para el caso de s , de las preferencias de consumo de los agentes, para v , de la tecnología que se supone fija, de la cual no se había hecho mención, y en n , del comportamiento de factores extraeconómicos.

Al referirse a G_w se ha hecho hincapié en las expectativas de los empresarios y en general de todos los agentes, sobre los ingresos y producción a futuro, y es que este es otro de los factores exógenos que no facilita el alcanzar la tasa garantizada. Los empresarios están en la creencia de que los niveles de inversión aplicados son los adecuados, más no tiene la

²⁵ Apud. Galindo, Op. Cit.



certeza de que así lo sean, se encuentran ante la posibilidad en un gran porcentaje de errar en ello.

El segundo se encuentra, derivado de las equivocadas expectativas de inversión, las tasas de crecimiento de la producción no se encuentran en igualdad, fracasando el crecimiento con estabilidad. Los errores en las perspectivas de inversión, lejos de corregirse, se incrementan formando un círculo vicioso que aleja las sendas de crecimiento. Se pueden dar dos casos, uno en el que la inversión realizada sea menor a la requerida, dejando el nivel de producción por debajo del potencial, y otro en el que la inversión sea mayor, en esta situación los empresarios creerán que van por buen camino y mantendrán las tasas de inversión que genera una sobre producción que colapsara.

En la tasa de crecimiento de la destreza del trabajador, λ , está implicado un factor tecnológico y de aprendizaje por parte del trabajador que permite el incremento de n' , la cual condiciona la variación en la tasa de crecimiento natural, y si n es constante, se deduce que Gn depende en su totalidad del como se comporte λ ; dada la importancia en la visión keynesiana del factor trabajo, se recalca el papel de λ en el incremento de la producción, aunque no aparece con claridad la posibilidad de establecer políticas expansivas de esta.

El modelo de Harrod-Domar deja muchas preguntas sin respuesta, se concluye que la trayectoria de crecimiento solo se alcanza por el azar, la inversión realizada escasamente es la óptima impulsando mayores diferencias con la necesaria y los agentes tienen una lenta capacidad de respuesta ante los errores en los pronósticos; en general se plantea bajo un esquema de especulación no sustentable teóricamente y, por tanto no manipulable, dejando sin opciones de políticas de crecimiento a la economía.



2.2 **El modelo de crecimiento de Solow.**²⁶

El modelo de Solow (1956) ha sido la base para el desarrollo de los nuevos modelos que involucran la tecnología como un factor de crecimiento, aunque en este se describe de forma exógena y en la nueva teoría del crecimiento es adoptada como una variable endógena, se ha partido de la forma funcional del modelo para generar, nuevas aportaciones.

Solow describe una función de producción Y que involucra dos variables: K y L , y un factor tecnológico A ; el capital, el trabajo y la tecnología, respectivamente, en la que los dos primeros presentan rendimientos constantes de escala, mientras la tercera, la tecnología, se determina en forma exógena con una tasa de crecimiento constante (x), que es una medida del progreso tecnológico. La representación de Y es:

$$Y(t) = F[K(t), A(t)L(t)] \quad (2-1)$$

en la que se observa que AL ²⁷ representa el trabajo efectivo; L es exógeno, su tasa de crecimiento es n , y A posee una tasa de crecimiento x , que actúa como un aumentador del trabajo.

A primera instancia se observa que variaciones en una cuantía “ c ” en los factores, ceteris paribus, Y crecerá en la misma proporción “ c ”. Así, redefiniendo la función en términos de unidades efectivas y teniendo:

$c = 1/AL$: Constante positiva que representa la variación de uno de los factores; donde AL son unidades efectivas de trabajo con su tasa de crecimiento $(n + x)$,

$k \equiv K/AL$: Capital por unidad eficiente de trabajo, y

²⁶ Solow, Robert; A Contribution to the Theory of Economic Growth. Quarterly Journal of Economics, 1956, 70 (febrero) 65-94. Romer, David; Macroeconomía Avanzada, Mc Graw Hill, España 2002. Sala-i, Op. Cit. y Barro, Robert; Economic Growth, Mc Graw Hill, New York 1995.

²⁷ Para simplificar la notación en adelante se asumirá que todas las variables están en función del tiempo (t).



$$y = \frac{F(K, AL)}{AL} = Y/AL : \text{Producto por unidades de trabajo efectivo}$$

Obtenemos de manera generalizada al multiplicar por la variación “c” a Y :

$$cY = cF(K, AL)$$

sustituyendo las igualdades previstas:

$$cY = \frac{1}{AL} F(K, AL) = \frac{F(K, AL)}{AL} = \frac{Y}{AL} = y, \text{ a su vez}$$

$$cY = cF(K, AL)$$

$$\frac{Y}{AL} = \frac{1}{AL} F(K, AL) = \frac{F(K, AL)}{AL}$$

$$\frac{Y}{AL} = F\left(\frac{K}{AL}, \frac{AL}{AL}\right)$$

$$\frac{Y}{AL} = F\left(\frac{K}{AL}, 1\right) = F(k, 1) = f(k)$$

$$y = f(k) = k \tag{2-2}$$

Por lo tanto $k = K/AL = Y/AL = y$. Lo que expresa (2-2) es que la producción por unidad de trabajo efectivo depende únicamente del capital por unidad eficiente de trabajo.

Para el análisis sobre las implicaciones de este planteamiento se utiliza una función de producción Cobb-Douglas²⁸ que satisface las condiciones de Inada, la productividad marginal del capital por trabajador se aproxima a cero cuando k tiende al infinito y la

²⁸ Este tipo de función Cobb Douglas aumentadoras de trabajo es neutra en el sentido de Hicks.



productividad marginal del capital por trabajador tiende al infinito cuando se aproxima a cero²⁹, su primera derivada es positiva, mientras que la segunda es negativa.

$$F(K, AL) = K^\alpha (AL)^{1-\alpha}, \quad 0 < \alpha < 1 \quad (2-3)$$

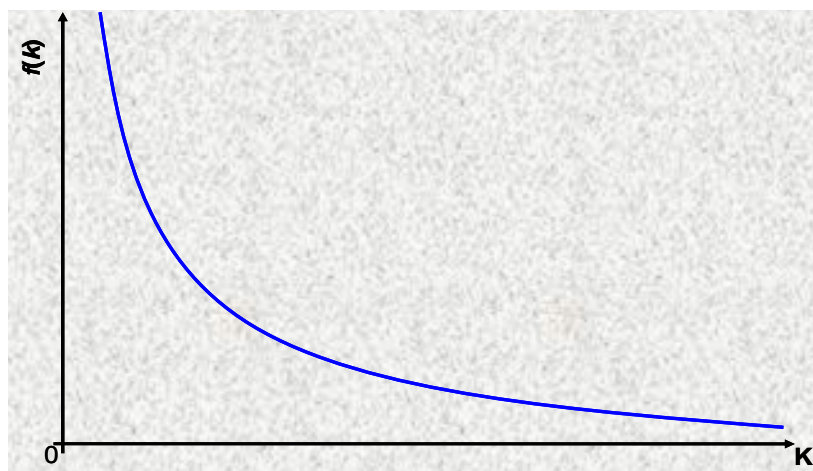
Para obtener la ecuación (2-2) se multiplican los dos factores por el parámetro c dando como resultado:

$$F(cK, cAL) = (cK)^\alpha (cAL)^{1-\alpha} = \left(\frac{K}{AL}\right)^\alpha \left(\frac{AL}{AL}\right)^{1-\alpha}$$

$$y = f(k) = \left(\frac{K}{AL}\right)^\alpha = \tilde{k}^\alpha \quad (2-4)$$

la cual expresa que la variación en la cantidad de capital por unidad eficiente de trabajo, la productividad, irá disminuyendo ante incrementos de K .

Gráfica 2-1: Tasa de crecimiento del producto por unidad eficiente de trabajo



Fuente: Elaboración propia.

Los supuestos restantes del modelo son:

²⁹ $\lim_{k \rightarrow 0} f'(k) > 0$ implica que la curva de producción tiene pendiente positiva, o que el producto marginal es positivo; $\lim_{k \rightarrow 0} f'(k) < 0$ implica que la productividad marginal tiende a ser menor conforme aumenta la cantidad de capital incorporado, es decreciente.



- K, L, A se encuentran definidos para cada momento (t) al igual que sus valores iniciales,
- es una economía sin la intervención del estado, no toma en cuenta el desempleo, y sólo considera un bien,
- la inversión (s) es una variable exógena y constante, por tanto incrementos de esta serán en la misma cuantía sobre las unidades de capital, el cual se deprecia a una tasa d ,
- las tasas de crecimiento del trabajo y de la tecnología, que crecen exponencialmente, están dadas por la derivada de estas con respecto al tiempo, de manera alternativa también se pueden obtener aplicándoles sus logaritmos naturales.

$$\frac{\partial L(t)}{\partial t} = \dot{L}(t) = \frac{nL(t)}{L(t)} = n \quad (2-5)$$

$$\frac{\partial A(t)}{\partial t} = \dot{A}(t) = \frac{x A(t)}{A(t)} = x \quad (2-6)$$

Así, la ecuación inicial para el desarrollo del modelo es \dot{K} , la tasa de crecimiento del capital existente; la porción del producto destinado a la inversión menos la depreciación del capital:

$$\dot{K}(t) = sY(t) - dK(t) \quad (2-7)$$

Como se hizo notar la variable A esta fija, por tanto el modelo se limita a buscar el crecimiento con base en la acumulación de capital fijo. En particular interesaría, como se modifica el stock de capital por unidad de trabajo efectivo k ; resulta más conveniente observar los efectos en términos per-capita, dado que, lo que interesa al crecimiento es la producción y el beneficio de cada persona; el nivel agregado de la producción si bien es un parámetro del crecimiento económico³⁰ no muestra el potencial de la economía, ni sus resultados en la población.

³⁰ Vid. Capítulo 1



A partir de la derivada con respecto al tiempo del capital por unidad eficiente de trabajo

$k = K/AL$ ³¹ se obtiene:

$$\dot{k} = \frac{\dot{K}}{AL} - \frac{K}{AL} \cdot \frac{\dot{L}}{L} - \frac{K}{AL} \cdot \frac{\dot{A}}{A}, \text{ sustituyendo las ecuaciones (2-5) y (2-6) tenemos:}$$

$$\dot{k} = \frac{\dot{K}}{AL} - \frac{K}{AL}n - \frac{K}{AL}x$$

ahora se incluye (2-7) y las variables definidas previamente como condiciones para obtener la ecuación (2-2)³² y aplicando un poco de álgebra:

$$\dot{k} = \frac{sY - dK}{AL} - \tilde{k}n - \tilde{k}x = s \frac{Y}{AL} - d \frac{K}{AL} - \tilde{k}n - \tilde{k}x$$

$\dot{k} = s \frac{Y}{AL} - d\tilde{k} - \tilde{k}n - \tilde{k}x$, factorizando y sustituyendo (2-4) se obtiene:

$$\dot{k} = sf(k) - (n + x + d)\tilde{k}$$

$$\dot{k} = s\tilde{k}^\alpha - (n + x + d)\tilde{k} \quad (2-8)$$

$$^{31} \frac{\partial k}{\partial t} = \frac{K'}{AL}$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} = \frac{K}{L} A^{-1}$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} = -\frac{K}{L} A^{-2} A'$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} = -\frac{K}{LA^2} A' = -\frac{K}{LA} \frac{A'}{A}$$

$$\frac{\partial L}{\partial t} = \frac{K}{A} L^{-1}$$

$$\frac{\partial L}{\partial t} = -\frac{K}{A} L^{-2} L'$$

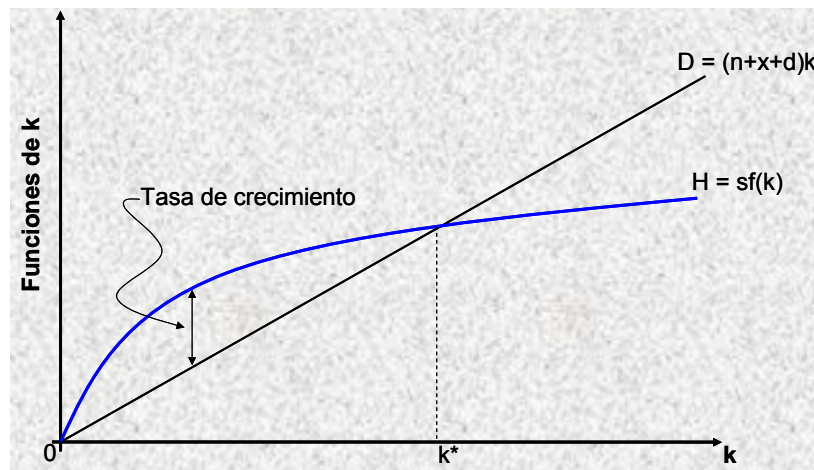
$$\frac{\partial L}{\partial t} = -\frac{K}{L^2 A} L' = -\frac{K}{LA} \frac{L'}{L}$$

³² Vid. p 18



sobre esta ecuación se concluye que la tasa de crecimiento del stock de capital es la diferencia de la inversión realizada por unidad de trabajo efectivo o curva de ahorro por persona $sf(k)^{33}$ y la inversión de reposición de capital por persona o curva de depreciación $(n+x+d)k$; ³⁴ dado que existe la depreciación del capital y el crecimiento $(n+x)$ del trabajo efectivo AL , si este crece se tiene que aumentar el capital disponible K , para mantener la relación de k . Si la inversión realizada en trabajo efectivo es mayor a la inversión de reposición $s\tilde{k}^\alpha > (n+x+d)\tilde{k}$ se tiene que k tiende a aumentar; cuando $s\tilde{k}^\alpha < (n+x+d)\tilde{k}$, disminuye y si son idénticas $s\tilde{k}^\alpha = (n+x+d)\tilde{k}$, permanece constante.

Grafica 2-2: Inversión de reposición y realizada



Fuente: Sala-i p. 22, 28; Romer, David p. 10

La Grafica 2-2 es la representación de estas condiciones; se observa que la línea punteada marca el punto donde se da la igualdad entre la inversión que se utiliza para reponer la depreciación y la inversión que se realiza. Si existiera alguno de los casos de desigualdad mencionados en el párrafo anterior, no se daría la igualdad requerida para cumplir la condición de k constante. En la grafica 2-2 el lado izquierdo de k^* ejemplifica el primer caso, mientras el derecho al segundo.

³³ Curva de ahorro por persona = $sf(k) = H$

³⁴ Curva de depreciación o de inversión de reposición = $(n+x+d)k = D$



Recordando los supuestos del modelo, A crece en x y L en n , y las características de la función de producción se observa que existe un momento de saturación en el que nivel de capital inicial converge a k^* . Se concluye que el stock de capital es $K = ALk$ y que Y crece a una tasa idéntica $(n + x)$, en resumen todas las variables crecen al mismo ritmo. En el estado estacionario $\tilde{k} = k^*$, por tanto:

$$\dot{\tilde{k}}(t) = s\tilde{k}^\alpha - (n + x + d)\tilde{k}$$

$$s\tilde{k}^\alpha = (n + x + d)\tilde{k}$$

$$\tilde{k}^{-1}\tilde{k}^\alpha = \frac{(n + x + d)}{s}$$

$$\tilde{k}^{\alpha-1} = \frac{(n + x + d)}{s}$$

$$\tilde{k} = \left[\frac{s}{(n + x + d)} \right]^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} \quad (2-9)$$

Esta última ecuación representa el capital per-capita de la economía, con la igualdad expresada en (2-2) se llega a \tilde{y} , la producción per-capita en términos de eficiencia:

$$\tilde{y} = \tilde{k}^\alpha = \left[\frac{s}{(n + x + d)} \right]^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} \quad (2-10)$$

Si en el equilibrio de estado estacionario (2-10) y la igualdad $\tilde{k} = \frac{K}{AL} = 0$ son ciertos, la tasa de crecimiento de \tilde{y} es nula:

$$\tilde{y} = \frac{\dot{\tilde{y}}}{\tilde{y}} = 0 = \tilde{k}^\alpha$$

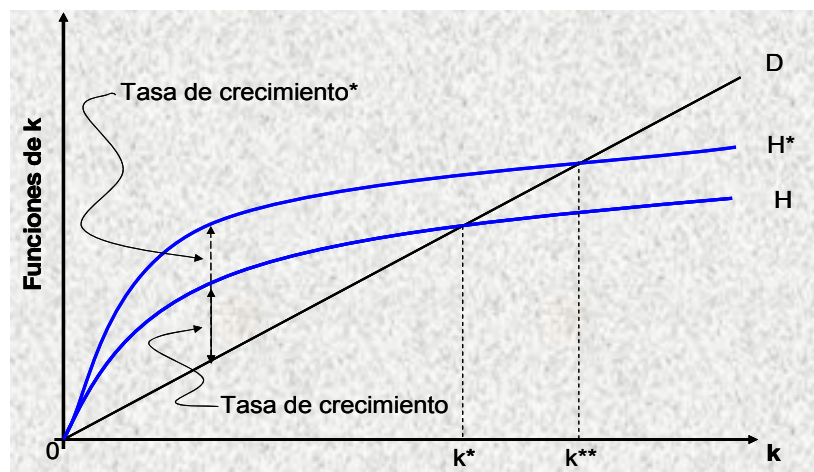
$$\tilde{y} = \alpha \frac{\dot{\tilde{k}}}{\tilde{k}} = 0$$



Solow planteó un modelo para una economía cerrada “en Autarquía” que no tiene la influencia del capital extranjero que apoyen la acumulación de capital mediante el comercio, así se concluye que todas las variables crecen a la tasa \tilde{k}^α , en estado estacionario la única manera de generar un crecimiento constante en la producción es con el cambio tecnológico, aunque de manera exógena. Los posibles efectos sobre el nivel de producción dado un incremento en alguna de las variables no se puede catalogar como crecimiento, ya que suelen ajustarse a la senda actual de crecimiento; sólo el crecimiento constante de A , dados valores iniciales puede generar crecimiento constante en la producción.

Según el modelo al modificar s , el ahorro, con un crecimiento permanente en la inversión de K se produce un desplazamiento de la inversión realizada hacia arriba, incrementando k^* y por ende la producción per-capita y^* , de igual modo, cambios en la tasa n o en d tiene un efecto similar; en un punto abstracto esta posibilidad es más limitada que la del capital K , debido a la exogenidad de estas variables y el tiempo para que puedan modificarse significativamente.

Grafica 2-3: Afecto del aumento en la tasa de ahorro



Fuente: Sala-i p. 25; Romer, David p. 12

En la gráfica (2-3) se observa dicho efecto. Recordando que $k = k^*$, se genera un periodo de transición de k para alcanzar el nuevo nivel de equilibrio. Así, la variación constante de s genera un efecto nivel, incremento temporal en el stock de capital, para después destinar

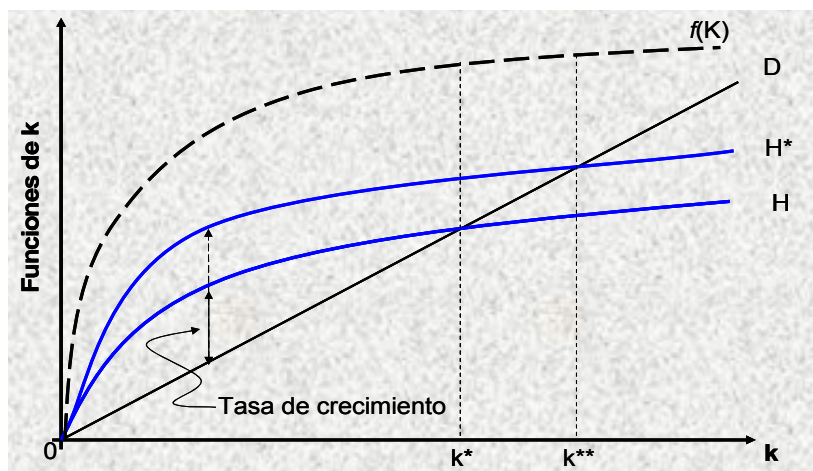


al ahorro a mantener los nuevos niveles de capital K , cumpliendo con la ecuación (2-9) o (2-10).

La aplicación de políticas económicas se ve limitada a la acumulación de capital, el resto de las variables están dadas, ahora, si bien se expresa que es mediante la inversión el medio mediante el cual se puede modificar la senda del crecimiento, no se expone la manera en la que se impacta a la tecnología o al resto de las variables. En la grafica 2-4, se observa el efecto nivel sobre la producción dada la mejora en s ; incremento temporal del ritmo de acumulación de capital.

Dentro del modelo se señala que la variable población presenta rendimientos decrecientes a escala con una tasa de crecimiento n constante, con la ecuación (2-2) es claro que las posibles variaciones que se lleguen a dar en el trabajo L , “*ceteris paribus*” produce un incremento en la tasa de crecimiento de la producción, desplazando su curva de H a una nueva senda con una productividad la cual encontrara, según el modelo, el punto de saturación del estado estacionario. Así, el modelo no proporciona el cómo se puede generar un continuo crecimiento económico de largo plazo.

Grafica 2-4: Incremento de la producción



Fuente: Sala-i p. 25



A partir del modelo ha surgido un punto de interés de la teoría del crecimiento, el cuestionarse, primero, la velocidad a la que se converge al estado estacionario, expresado por la ecuación³⁵:

$$\dot{k} \cong \left[\frac{\partial \dot{k}(k)}{\partial k} \Big|_{k = k^*} \right] (k - k^*)$$

Dentro del planteamiento de Solow este cálculo es de gran conveniencia para la planificación de políticas económicas, pues presenta un pronóstico del tiempo a transcurrir para que una economía alcance el estado estacionario.

Segundo, la existencia de la hipótesis de convergencia³⁶; Ramón Tirado³⁷ manifiesta que el modelo de Solow no se presta para argumentar la validez de la hipótesis de convergencia ya que presenta una gran incongruencia teórica la cual radica en el hecho de que el modelo se enfoca a una economía autárquica en la que no se tiene la influencia del exterior, la suposición de tener parámetros estructurales idénticos o similares involucra la existencia de algún tipo de comercio o intercambio que nivele las condiciones. Por otro lado existen estudios con evidencia empírica de Barro, Sala-i, Dolad Persson, Esquivel, entre otros, que demuestran la viabilidad de la hipótesis de convergencia; por el momento no se aborda esta discusión, posteriormente se dedicara algunas líneas a esta controversia.

Solow no sólo se limitó a este modelo, también elaboró el “residuo de Solow” una forma en la que se pudiera medir el impacto del factor tecnológico en el crecimiento. Partiendo del hecho que en el corto plazo la tasa de crecimiento del producto depende de tres factores:

- la tasa de crecimiento del capital,

³⁵ Partiendo de $\dot{k}(t) = sf(k(t)) - (n + x + d)k(t)$, $\dot{k} = \dot{k}(k)$ cuando $k = k^*$, $\dot{k} = 0$ Linealizando con las series de Taylor se obtiene la aproximación lineal: $\dot{k} \cong \left[\frac{\partial \dot{k}(k)}{\partial k} \Big|_{k = k^*} \right] (k - k^*)$

³⁶ La hipótesis de convergencia dice que las economías más pobres tiene tasas de crecimiento superiores a la de las economías ricas. Una explicación más amplia se realiza posteriormente.

³⁷ Tirado Jiménez, Ramón; La nueva teoría del crecimiento y los países menos desarrollados, Comercio Exterior, 10-October del 2003, México



- la tasa de crecimiento de la población y
- la tasa de crecimiento de la tecnología.

Descomponiéndose de esta forma se puede observar el impacto de cada una en el total; al hacer referencia al residuo de Solow se habla del papel de la parte de la tecnología. El desarrollo parte de a función de producción generalizada:

$$Y = AF(K, L)$$

con los logaritmos y derivando respecto al tiempo se obtiene su tasa de crecimiento:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \alpha \frac{\dot{K}}{K} + (1 - \alpha) \frac{\dot{L}}{L} + \frac{\dot{A}}{A}$$

despejando el último término llegamos al residuo:³⁸

$$R = \frac{\dot{A}}{A} = \frac{\dot{Y}}{Y} - \alpha \frac{\dot{K}}{K} - (1 - \alpha) \frac{\dot{L}}{L}$$

$$R = \frac{\dot{A}}{A} = \frac{\dot{Y}}{Y} - \alpha \frac{\dot{K}}{K} - (1 - \alpha)n$$

donde α es la elasticidad de la producción con respecto al capital o la participación del capital en la producción total y $(1 - \alpha)$ es la elasticidad de la producción respecto al trabajo o la participación del factor trabajo en la producción total. El residuo se define como la tasa de crecimiento de la renta nacional menos las tasas de los factores de la producción observables. Una manera sencilla de observar el impacto de una variable poco cuantificable como es el factor tecnológico.

Dadas las simplificaciones y supuestos del modelo tal afirmación es correcta, pero en la aplicación para estudios empíricos no es del todo cierto, ya que, como su nombre lo dice, es un residuo en el cual se involucra toda la información faltante, ya sea por omisión o por

³⁸ Barro, Macroeconomía: Teoría y Política; Mc Graw-Hill, España 1997; Sala-i Op. Cit. Romer David, Op. Cit.



falta de disponibilidad. En consideración a lo anterior, el residuo es muy sencillo pero los resultados del residuo deben tomarse con cautela para no errar en el análisis.

El modelo concluye básicamente que es la acumulación de capital lo que puede incrementar los niveles de producción, y es la inversión destinada a la acumulación de capital fijo el móvil para lograrlo. Las críticas que se le pudieran realizar se enfocan a los supuestos, sin dejar de tener claro que únicamente se trata de un modelo, una abstracción generalizada de la realidad, pues al plantear a todas las variables con dotaciones suministradas de forma exógena, no dan la oportunidad de esbozar dentro del modelo la posibilidad de transformar las variables; una variable tan importante como la tecnología es dotada en función del tiempo, adjudicándole un carácter de externalidad. Lo más interesante del modelo, sin menospreciar su importancia, es que dio pie a la generación de preguntas del cómo se puede llegar a modificar la tasa de crecimiento de la tecnología, la existencia de la convergencia, cuestionar posiciones que sostienen que la tecnología está en función exclusivamente del tiempo y formular una base sobre la cual se presentan las principales problemáticas a la hora de generar propuestas de crecimiento. Cabe recalcar que el cambio tecnológico (la ciencia y la tecnología) no es una variable que el modelo busque en principio explicar su comportamiento, pero en las conclusiones se observa que ofrece la oportunidad de alterar las sendas de crecimiento, de allí que se halla convertido, en especial en recientes épocas, en un importante tópico de la teoría del crecimiento económico

2.3 ***Learning by doing***

Uno de los puntos en los que coincide Ricardo, Smith y Marx, es el hecho de que los trabajadores al estar especializados en su actividad, primero, desarrollan una gran destreza para ejecutarlo y segundo, tendrán la posibilidad y buscarán aminorar su trabajo con la creación de mejoras en sus procesos productivos. En su manera básica en esto consiste la idea del aprendizaje por la práctica “Learning by Doing”. A primera instancia resulta sin mayor complejidad entender que esto es así; quien no, en su infancia, dedico algunos segundos de sueño a tratar de ingeniar el como tender la cama con un mecanismo de canicas y poleas, bueno tal vez esto sea muy burdo pero no se aleja de la concepción de “learning by doing”. Para ésta hazaña infantil, alguien tenía que enseñarnos a utilizar las



poleas, y quien más sino alguien que ya supiera, comienza a complicarse el asunto; ¿que adulto nos daría el tiempo para nuestro futuro premio Nóbel en física? En la concepción del crecimiento learning by doing implica que existen dos tipos de economías, una con una mayor tecnología y otra con escasa, el proceso en el que la economía de menor capacidad se pueda apropiarse del conocimiento generado por la primera es más complejo y requiere de ciertas premisas.

Arrow (1962)³⁹ genero en primera instancia la idea del “learning by doing” como una acumulación de conocimiento que esta en función indirecta de la actividad económica⁴⁰ y la inversión en (I+D).⁴¹ El proceso se describe de la siguiente manera:

La empresa productora de “x” bien, en el ejemplo clásico de Ricardo, la fabricación de alfileres, los trabajadores, como se menciono arriba, desarrollan su destreza aumentando la productividad; considerando que usan un cierto tipo de maquinaria para fabricar las cabezas de los alfileres; el obrero domina progresivamente mejor la maquinaria apropiándose de un stock de conocimiento. La empresa como agente racional buscará la maximización de su beneficio reduciendo costos, por tanto introduce maquinaria con alguna innovación tecnológica que mejora la producción, ligado a esto el obrero se capacita en ésta, aumentando su conocimiento y a la larga potencializa la innovación con su mayor destreza. Se observa como se encuentra ligada de manera directa la nueva maquinaria con el incremento del stock de conocimientos, este es uno de los supuestos de Arrow, los conocimientos acumulados (\dot{A}_t), son igual a ($\dot{\kappa}_t$), el capital agregado:

$$\dot{A}_t = \dot{\kappa}_t \quad \text{y} \quad \kappa_t = \sum_{j=1}^n K_j \quad (2-11)$$

donde K es el capital de la empresa j -ésima.

³⁹ Arrow, K; The Economic Implications of Learning by Doing, Review of Economic Studies, 1962, 29 (junio): 155-173

⁴⁰ Vid. Capitulo 2.4.1 Economía de las ideas.

⁴¹ Los efectos “learning by doing” y “spillovers” son externalidades en la que, el incremento de la inversión de una empresa aumenta su stock como el del resto de las empresas.



El segundo es que existe un derramamiento (Spillovers) del conocimiento, lo que equivaldría a suponer que es un bien público.⁴² Grossman y Helpman (1991) definen que existe derrama cuando las empresas adquieren la información creada por otro sin pagar por ella y los creadores de la información carecen de recursos jurídicos para evitarlo,⁴³ lo cual implica que si la empresa E_j genera (I+D) en el momento (t) , ese nuevo stock de conocimiento será el de toda la economía:

$$A_{jt} = \dot{A}_t \quad (2-12)$$

A continuación se presenta la forma matemáticamente de expresar el modelo de Arrow.⁴⁴

Tomando en cuenta los dos supuestos anteriores y agregando que:

- La función de producción de la empresa j esta determinada por los factores: K_{jt} , L_{jt} y A_{jt} ; capital, trabajo y tecnología para la empresa i -ésima en el momento (t) y que satisface las condiciones neoclásicas:

$$Y_{jt} = F(K_{jt}, A_{jt} L_{jt}) \quad (2-13)$$

- el factor trabajo se supone constante. \bar{L}
- el nivel de conocimiento agregado de la economía es:

$$A_t = \int_{-\infty}^t I(s) \delta s = \kappa_t \quad (2-14)$$

La integral de la inversión y el incremento del conocimiento desde el año cero de la humanidad (como no se conoce tal se sustituye por el menos infinito).

Así la función Cobb-Douglas:

⁴² Un bien público se caracteriza por ser un bien no rival y no excluible. Más adelante en Economías de las ideas se explican estas características.

⁴³ Loc. Cit. Romo Murillo David, Derramas Tecnológicas de la Inversión Extranjera en la Industria Mexicana, Comercio exterior, 10-oct-03, México

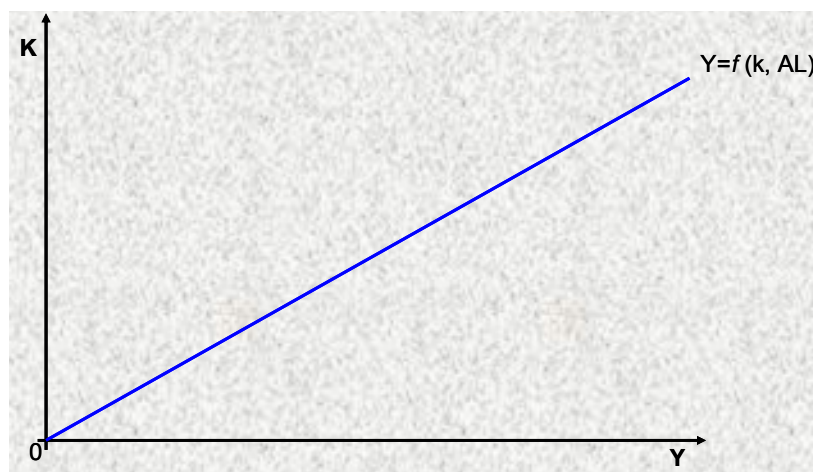
⁴⁴ Apud. Sala-i, Op. Cit; Cap. 7.



$$Y_{jt} = F(K_{jt}, A_{jt}L_{jt}) = K_{jt}^{\alpha} (\kappa_t L_{jt})^{1-\alpha} \quad (2-15)$$

expresa la producción de la empresa j -ésima.

Grafica 2-5: Modelo de Arrow (Cobb-Douglas)



Fuente: Elaboración propia

Sin olvidar los supuestos y considerando n empresas igual a 10, se asignan valores a (2-15) para ver los efectos:

Inicialmente tenemos $Y_{jt} = 2^{3/4} (20 * \bar{2})^{1-3/4} = 4.23$, si K_{jt} aumenta en una unidad se obtiene $Y_{jt} = 3^{3/4} (30 * \bar{2})^{1-3/4} = 6.34$, con otro incremento resulta $Y_{jt} = 4^{3/4} (40 * \bar{2})^{1-3/4} = 8.46$, se observa un incremento aritmético de 2.11 unidades en el resultado; gráficamente se pueden ver las consecuencias del modelo. Se observa claramente la diferencia en el tipo de curva del modelo aquí presentado, Grafica 2-5, y el de una función tradicional neoclásica $Y_{jt} = K_{jt}^{\alpha} (\kappa_t L_{jt})^{1-\alpha}$, Grafica 2-6.

La segunda grafica, con κ_t constante, describe rendimientos decrecientes de escala; el incremento de uno de los factores las tasas de crecimiento del producto se acercan a un punto estacionario.



Grafica 2-6: Modelo neoclásico (Cobb-Douglas)



Fuente: Elaboración propia

La primera ilustración muestra que los rendimientos son constantes de escala, ya que los incrementos en K_j serán en la misma proporción en el capital agregado κ por su relación directa originada por los efectos de learning by doing y el desbordamiento de conocimiento denotado en las funciones (2-11) y (2-12). El factor κ_t ha pasado de ser una variable exógena a una endógena, y se le atribuye la propiedad de potenciar del impacto originado de variaciones en otros factores, en este caso la inversión en capital.

El modelo de mercado sigue la misma lógica modificando los supuestos para un modelo agregado de la economía. La primera alteración es que existen un gran número de empresas

M ; luego el capital agregado es ahora $K = \sum_{j=1}^M K_j$; como M es grande las empresas

individualmente no pueden influir en κ así que lo toman como dado, y nuestra función de producción agregada es:

$$Y = K^\alpha L^{1-\alpha} \kappa^{1-\alpha}$$

dividiendo entre L se llega a: $\frac{Y}{L} = \frac{K^\alpha}{L} \left[\frac{(L(\kappa))^{1-\alpha}}{L} \right] = y = k^\alpha \kappa^{1-\alpha}$ y sus condiciones de

primer orden son:

$$r + \delta = \alpha k^{\alpha-1} \kappa^{1-\alpha} \tag{2-16}$$



donde r es el tipo de interés y δ es la tasa de depreciación.

Las condiciones óptimas de crecimiento, por el lado de los consumidores, están dadas como en un modelo de consumidores de Ramsey por la ecuación de Euler:⁴⁵

$$\frac{\dot{c}}{c} \equiv \gamma c = \frac{1}{\theta}(r - \rho) \quad (2-17)$$

que denota el consumo a través del tiempo, con θ ⁴⁶ constante y ρ la tasa de descuento del consumo o beneficio proporcionado al consumir.

Este tipo de consumidores tiene características especiales; prefieren limitar su consumo presente, bajo la expectativa de obtener un consumo futuro mayor, esto supone que r es el rendimiento que se obtiene por el ahorro del momento (t), y así que cuanto mayor sea θ , el incremento en r tiene que ser lo suficientemente alto como para que el costo de oportunidad sea aceptable. Por último ρ expresa el aumento de la utilidad dado el nivel de consumo en el presente y no en el futuro.

Para encontrar el equilibrio de mercado se busca que las tasas de interés sean las mismas, sustituyendo (2-16) en (2-17) se llega a:

⁴⁵ Obtenido de la maximización, mediante un Hamiltoniano, de la función de utilidad:

$$U(0) = \int_0^{\infty} e^{-(\rho-n)t} \left(\frac{e^{1-\theta} - 1}{1-\theta} \right) \delta t \quad \text{sujeta a: } \dot{b} = w + rb - c - nb$$

Donde: \dot{b} = Restricción presupuestaria

w = Salario

$b = B/L$ = Activos de los consumidores en términos per-capita

$c = C/L$ = Consumo per-capita

n = Tasa de crecimiento de la población

Vid. Capítulo 3 en Sala-i Op. Cit.

⁴⁶ Denota convexidad de la función y se refiere a la distribución del consumo a través del tiempo.



$$\gamma c = \frac{1}{\theta} (\alpha k^{\alpha-1} \kappa^{1-\alpha} - \rho - \delta) \quad (2-18),$$

que supone $k = \frac{K}{L}$ y $\kappa = Lk$. La primera representa el capital per-cápita y la segunda el capital total, en esta parte κ representa el stock de capital individual.

Sustituyendo las anteriores definiciones en (2-18) se obtiene la tasa de crecimiento del consumo:

$$\gamma c = \frac{1}{\theta} (\alpha k^{\alpha-1} (Lk)^{1-\alpha} - \rho - \delta)$$
$$\gamma c = \frac{1}{\theta} (\alpha L^{1-\alpha} - \rho - \delta) \quad (2-19)$$

dado que L es constante, la tasas de crecimiento del consumo, γc , también lo es, la cual para ser positiva deberá cumplir la condición $\alpha L^{1-\alpha} > \delta + \rho$, esto indica que los efectos de learning by doing serán mayores a la tasa de depreciación más la tasa de descuento del consumo, que en conjunto representan un costo de oportunidad social.

La teoría de “learning by doing” manifiesta una relación entre la experiencia laboral, menores costos laborales, la innovación tecnológica y la interacción entre diferentes mercados. La adopción de esta teoría se manifiesta en periodos en los que los países en desarrollo buscan la expansión industrial y no tiene los medios para lograrla, por lo que recurren a inversión extranjera que les facilita la adopción de tecnologías. Siguiendo los postulados de learning by doing y pasando por alto las cuestiones de patentes y derechos de propiedad, la industria receptora de esta tecnología puede no sólo maquilar con esta, sino que tiene la posibilidad de hacerla suya y generar innovaciones a la ya establecida, de cierto modo es lo que paso con las industrias japonesas en los años 70'; dieron la entrada a capital extranjero que les facilitó tecnología, la aprendieron, para luego generar la propia. Si bien es un caso que no se puede, ni debe generalizarse, por las condiciones y las características imperantes en cada país, existen estudios a nivel sectorial en los que el aprendizaje por la



práctica fomentó la calidad del capital humano y mejoró la actividad, lo cual resulta ilustrativo para considerar la viabilidad de esta teoría.

Los países en desarrollo en la actualidad se afrontan con marcos legales más estrictos que protegen la propiedad intelectual de los productos de nuevas investigaciones, incentivando, en los países que han avanzado en este tipo de legislación, los procesos de (I+D). En contraste, en los países menos desarrollados, este tipo de leyes aun no esta previstas como tampoco las políticas de (I+D), ante esta limitante no existe su generación; los conceptos de spillovers y de learning by doing sugieren para estos casos la posibilidad de un desarrollo en dichas actividades mediante la absorción en las plantas productivas, de las nuevas tecnologías y procesos organizacionales generadas por inversión extranjera, que pueden ser expandidos por los trabajadores que entre en contacto con estas y se desplazan a nuevos centros de trabajo nacionales. Otra forma de hacerse de estos conocimientos es proporcionando la oportunidad a investigadores de realizar estudios en centros en el extranjero para luego, regresar a sus naciones de origen y transmitir a sus compatriotas lo aprendido. Se habla de un proceso complejo limitado por la falta de estructuras, pero que en combinación con las políticas correctas e incluso como un factor de socialización del conocimiento,⁴⁷ puede redituar en avances de la productividad nacional, no resulta imposible lograrlo, se tiene como gran precedente el caso de Japón, una economía o Corea que iniciaron manufacturando para extranjeros hasta apropiarse y generar su propia tecnología, que les permitió colocarse en los primeros planos internacionales en producción tanto de bienes como de (I+D).

El modelo de Arrow está catalogado como un híbrido entre los modelos exógenos y endógenos. El papel de la ciencia y la tecnología no es directo, entre en el proceso por el factor trabajo y la acumulación de capital como una externalidad positiva. Consecuentemente no se generan políticas específicamente dirigidas a la acumulación de conocimiento. Si bien, la ciencia y la tecnología son determinadas exógenamente, dentro de los supuestos del modelo es posible su acumulación de manera indirecta. Los países en

⁴⁷ Lara Rivero, Arturo. Cambio tecnológico y socialización del conocimiento tácito, Comercio exterior, Vol. 53, 10, Octubre 2003.



desarrollo pueden considerar esta teoría como un paso inicial en busca de acumulación de capital humano y tecnológico para lograr crecimiento.

“La teoría es asediada tarde o temprano por la experiencia”

Albert Einstein

2.4 **Teoría del crecimiento endógeno.**

Los modelos generados a partir de Solow se caracterizan por estar sustentados en una función neoclásica con rendimientos de capital decrecientes a escala, por lo que llegan a un punto en el que las economías ya no pueden seguir creciendo y se instalan en un estado estacionario con plena ocupación de los factores.

A partir del modelo de Paúl Romer esta situación dio un giro, inició una tendencia de pensamiento dentro de la teoría del crecimiento, denominada la nueva teoría del crecimiento; los seguidores de esta corriente critican la poca viabilidad del modelo de Solow por sus limitantes en el largo plazo, además de que los estudios empíricos, bajo el enfoque de Solow, han demostrado que gran parte del crecimiento era explicado por el residuo de Solow, en el cual está contenido el factor tecnológico; así, sugieren un modelo en el que los factores de la producción, como la ciencia y la tecnología, no estén determinados de manera exógena, como en Solow, ahora serán de manera endógena por lo que el crecimiento y la acumulación de estos factores responderán a los estímulos del mercado o de políticas. Esto no se limita a este punto, el supuesto de endogenidad, da la pauta para pensar en un crecimiento continuo de largo plazo, en el que no existan rendimientos decrecientes de capital, y en consecuencia no hay estado estacionario que enmarque un límite a la producción. Otro punto distintivo es que tratan de mantener supuestos matemáticamente más elaborados, lo cual no significa que uno u otro modelo sea mejor o peor, simplemente es un tipo de abstracción diferente que trata de explicar la realidad, la cual solo puede ser alcanzada en sí misma.



2.4.1 **Economía de las ideas.**

En este capítulo se expone un modelo de cambio tecnológico endógeno. En este tipo de planteamientos se involucra el factor tecnológico como una variable manipulable no exógena que es directamente producto de la inversión y, por ende, un tipo de capital que se puede acumular sacrificando consumo presente, es decir, ahorrando.

A diferencia de lo expuesto en el modelo de learning by doing donde el cambio tecnológico y la innovación era el resultado secundario de la inversión, (la innovación de un proceso surgía de la experiencia del trabajador, por lo que no se requería destinar recursos directamente a un proceso de investigación como tal). En este caso la variable que representa el factor tecnológico y a la vez el capital se descomponen en una nueva variable denominada " H ", el capital humano. En el apartado en que se habla acerca del modelo AK se expresa la idea de que el capital total es la sumatoria de los diferentes tipos de capital que intervienen en la producción, y que el trabajo es una de las variedades de estos capitales.⁴⁸ El capital humano es una variable que representa la acumulación de conocimientos de los trabajadores, es por ello que contiene una parte de K y otra de A , teóricamente es bajo esta concepción como el capital humano H se incorpora a la función de producción de tal suerte que se puede acumular como cualquier otro stock de capital.

Manteniendo en consideración la definición de tecnología del capítulo 1, en la práctica se puede manifestar endógena en dos contextos.

Primero, por “escaleras de calidad” en donde el progreso técnico ayuda a la mejora de los métodos, herramientas y demás insumos que intervengan en los procesos productivos desembocando en el mejoramiento de los bienes ya existentes, suministrando a los mercados productos de mayor calidad por precios ya sea marginalmente superiores, iguales o incluso menores. Con esto la empresa creadora de las mejoras adquiere poder de mercado y desplaza del mercado a sus competidores que poseen tecnologías inferiores. Por su parte las empresas que manifiestan rezagos tecnológicos, se ven obligadas a, no sólo igualar su

⁴⁸ Vid. Capítulo 2.4.2 El modelo simple AK



competitividad, también a crear mejoras propias para estar un paso a delante que el resto. Esta carrera es productora de continuas mejoras por las empresas participantes en el mercado.

La segunda forma es mediante la creación de nuevos inputs de capital o bien de nuevos bienes de consumo final que proveen un mercado de mayor diversidad y superiores tecnológicamente a los existentes. En el panorama actual de los países en desarrollo, este trabajo se interesa por la segunda propuesta debido a que en “escaleras de calidad” se requieren industrias y mercados bien establecidos y maduros, en los pises en desarrollo son prácticamente inexistentes o muy poco sustantivos, así se presta la posibilidad de su creación.

Como se vio en el modelo de Solow la única manera de generar un crecimiento de largo plazo es mediante el constante incremento del factor tecnológico, pero en la función del modelo neoclásico la tecnología no puede ser modificada intencionalmente, ya que esta determinada de manera exógena, además de que presentar rendimientos constantes a escala y rendimientos decrecientes de capital. Estas característica involucran que el pago a los factores sean igual a la producción total, así, no existe un sobrante que pueda ser destinado al aumento del stock tecnológico. Los modelos de crecimiento endógeno plantean la posibilidad de romper con estas características del modelo neoclásico, y por ende la presencia de un excedente que se aplica al incremento del stock de capital.

Además del concepto de capital humano, los modelos que endogenizan el factor tecnológico exigen para su comprensión el conocer la variedad de bienes que pueden encontrarse por su capacidad de exclusión y nivel de rivalidad.

La rivalidad manifiesta la incapacidad de la utilización de un mismo bien por más de un agente, un bien al ser utilizado por un consumidor *i-ésimo*, dígase una calculadora, impide que esta sea ocupada por el consumidor *j-ésimo*. El bien no puede estar en dos lugares al mismo tiempo, y el primer consumidor adquiere derechos sobre la propiedad de este, por tanto el segundo no tiene derecho sobre el.



Por su parte la exclusión es la capacidad del consumidor *i-ésimo* de evitar la utilización de su bien por el consumidor *j-ésimo*, la posibilidad de exclusión esta respaldada generalmente por un marco regulador de los derechos de propiedad, es lo que garantiza a los creadores de un invento evitar que sea utilizado por personas ajenas a ellas. Cuando los bienes están manifestados en un objeto tangible, la calculadora, la exclusión se da de manera automática, sólo el que la posee físicamente es el que la puede utilizar. En el caso donde el bien no está ligado necesariamente a una forma física, las patentes, la letra de una canción, etcétera, se necesita del marco regulador para lograr la exclusión.

No todos los bienes poseen estas características por lo que se pueden clasificar por ser bienes rivales o no rivales y por tener la posibilidad de exclusión o no tenerla.

La no rivalidad se da cuando un bien puede ser utilizado por dos consumidores al mismo tiempo, es el caso de la patente y la habilidad para sumar; es un bien que fácilmente se puede reproducir o transmitir con mínimos costos.

La exclusión se da de manera completa, parcial o nula. La primera se explico arriba; la segunda, se presenta cuando a pesar de la existencia de medios para realizar su exclusión no se puede garantizar que se dé en su totalidad, es el caso de la piratería de software y música que presentan costos de reproducción muy bajos. Cuando un bien es no excluible o tiene nula exclusión, se refiere al caso en el que no se tiene la manera de evitar que varios agentes utilicen un bien, por lo que se suministra de forma gratuita, este tipo de bienes tienen nulos costos marginales de producción o por lo menos poco significativos.

Con esta previa revisión intuitiva de conceptos a continuación se expone el modelo de tecnología *AK*, que es una extensión del modelo de Solow, con la diferencia de que flexibiliza algunos supuestos iniciales que endogenizan al factor tecnológico. Posteriormente se expone el modelo desarrollado por Paúl Romer de crecimiento endógeno en el que considera por separado el factor tecnológico, por una parte el capital humano *H* y por la otra *A*; ambos determinados de manera endógena.



2.4.2 El modelo simple AK.

A partir de las conclusiones del modelo de Solow y de la suavización de algunos de sus supuestos se han desarrollado nuevos modelos. El modelo más simple dentro de la nueva teoría del crecimiento económico es el de tipo AK o “tecnología AK ”. En este se involucra una forma funcional de producción $Y(t) = AK(t)$ en la que el stock de capital, K , es una función lineal y la tecnología, A , es una constante endógena.

A diferencia de otros trabajos en este sólo se considera una variable, K , excluyendo el resto; inclusive deja fuera al trabajo que comúnmente es primordial para el análisis. Este supuesto en la función se justifica y resulta razonable si consideramos que todos los insumos involucrados en el proceso productivo representan un tipo de capital, el modelo toma en consideración que los obreros requieren que se les invierta en forma de alimentos, vestido, calzado, educación y capacitación, para que puedan trabajar y reproducirse; el hecho de que se sacrifique consumo presente para destinarlo a la manutención de la mano de obra le da, a esta última, un carácter de capital. Por tanto, la variable K de este modelo es la sumatoria de capital humano y no humano, matemáticamente: $K = \sum_i k_i$

La suavización en los supuestos del modelo de Solow se relaciona principalmente con la forma funcional, ahora se tiene que ya no satisface las condiciones neoclásicas. $Y(t)$ sigue manteniendo rendimiento constantes a escala, ante el cambio Δ de las variables, la respuesta de $Y(t)$ es en la misma proporción. Pero no exhibe rendimientos decrecientes, aunque sí positivos; esto rompe con una importante limitante de modelos anteriores, ahora se pueden tener tasas de crecimiento constantes, generando una continua acumulación de capital que no disminuye su proporción a lo largo del tiempo, siempre el ahorro será mayor que la tasa de depreciación por lo que no da cabida al estado estacionario.

El método del modelo es como en Solow, igualmente considera el análisis en términos per capita, se supone que el capital se deprecia a una tasa d y la tasa de crecimiento de la población, n , es exógena y permanece constante.

En lugar de definir la producción por unidad de trabajo como $k = K/AL$ ahora se tiene:



$$y = Y/L = AK/L = Ak \therefore k = K/L$$

Se deriva k y siguiendo los pasos utilizados en (2-8)⁴⁹ se obtiene:

$$\dot{k} = \frac{K'}{L} - \frac{K}{L} \frac{L'}{L}, \text{ con la definición de la tasa de crecimiento del trabajo dada por (2-5):}$$

$$\dot{k} = \frac{K'}{L} - \frac{K}{L} n, \text{ incorporando (2-7), la tasa de crecimiento del capital existente}$$

$$\dot{K}(t) = sY(t) - dK(t):$$

$$\dot{k} = \frac{sY - dK}{L} - kn$$

$$\dot{k} = s \frac{Y}{L} - d \frac{K}{L} - kn$$

$$\dot{k} = sy - dk - kn$$

$$\dot{k} = sy - (d + n)k \tag{2-20}$$

en términos per-capita y dividiendo entre k

$$\dot{k} = sy - (d + n)k = sAk - (d + n)k$$

$$\frac{\dot{k}}{k} \equiv \gamma k = sA - (d + n) \tag{2-21}$$

se obtiene la tasa de crecimiento del capital per-persona expresado por la ecuación (2-21).

⁴⁹ $\frac{\partial k}{\partial t} = \frac{k'}{L}$

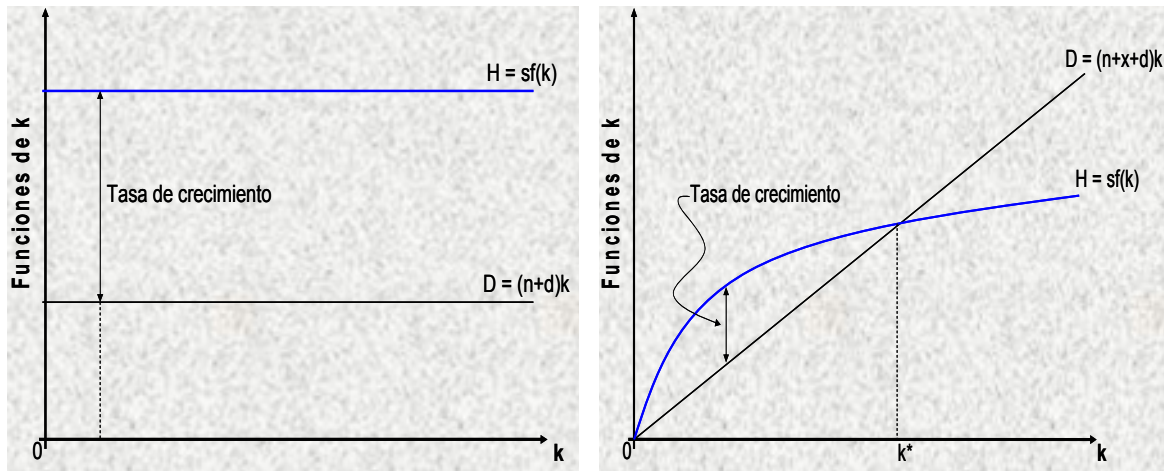
$$\frac{\partial L}{\partial t} = KL^{-1}$$

$$\frac{\partial L}{\partial t} = -KL^{-2}L'$$

$$\frac{\partial L}{\partial t} = -\frac{K}{L^2}L' = -\frac{K}{L} \frac{L'}{L}$$



Grafica 2-7: Tasas de crecimiento: El modelo AK vs. modelo de Solow



A: Modelo AK

Fuente: Sala-i p. 53

B: Modelo de Solow

Fuente: Sala-i p. 22, 28; Romer, David p. 10

Comparada la Grafica 2-7 (B) del modelo de Solow con su símil del AK, Grafica 2-7 (A), es más que obvia la diferencia. De entrada se advierte que las curvas de ahorro $sf(k)$ y la de depreciación $(n+d)k$ en la Grafica 2-7 (A) jamás llegan a cruzarse, lo que económicamente implica que no existe convergencia al estado estacionario. ¿Cómo se puede concluir esto?

En el capítulo referente a Solow se menciona que la tasa de crecimiento del stock de capital es la diferencia entre la curva H y la D , además de que existe una dinámica por la cual, dado cualquier nivel inicial de k , sin importar que se ubique a la derecha o a la izquierda de k^* , se converge hacia este, el punto de su intersección.⁵⁰

En la Grafica 2-7 (A) no existe el cruce que defina el estado estacionario; la curva de ahorro $sf(k)$ no tiene la forma cóncava y por tanto no es decreciente, mientras $(n+d)k$ tiene pendiente nula. Así la brecha que define la tasa de crecimiento es constante a lo largo de (t) . La curva de producción, estará en un crecimiento continuo y constante determinado por la ecuación (2-21) siendo por siempre la inversión mayor que la depreciación,

⁵⁰ Vid. Capítulo 2.4 Convergencia

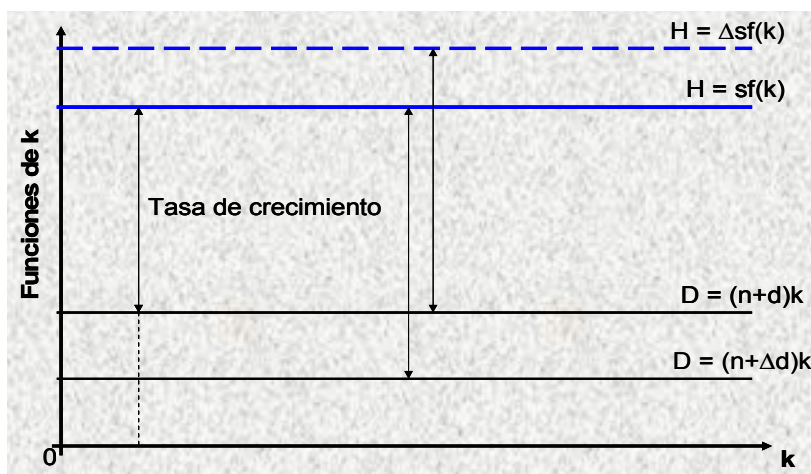


proporcionando, a cada momento, el capital necesario para reponer el capital desgastado e incrementar el stock de capital existente generando un crecimiento de largo plazo.

Este tipo de comportamiento abre la posibilidad de generar políticas que modifiquen, ya sea, la tasa de ahorro, la de depreciación o la del crecimiento de la población, el hecho de que no se hayan involucrado variables exógenas permite la aplicación de dichas políticas. Otro punto trascendente reside en que al ser constante la tasa de crecimiento de las variables el crecimiento es permanente.

Por ultimo, en este modelo se predice que no existe la posibilidad de convergencia de ningún tipo, e indica que las economías que presenten tasas de ahorro más altas experimentarían tasas de crecimiento mayores a las economías que posean tasas pequeñas.

Grafica 2-8: Efectos de la aplicación de políticas



Fuente: Elaboración propia

Con respecto al factor tecnológico, resalta el carácter endógeno y acumulable que se le da, en AK la ciencia y la tecnología son el motor del crecimiento, de una forma simplificada y didáctica este modelo muestra con claridad la diferencia entre los modelos clásicos exógenos y los endógenos en boga, con una sencilla modificación matemática genera una gama de nuevas posibilidades a estudiar.



2.4.3 El modelo de Romer.

Para muchos teóricos del crecimiento económico el trabajo realizado por Paúl Romer⁵¹ fue el génesis para una nueva etapa de investigaciones y visualizaciones del crecimiento endógeno. Tomando como punto de partida el planteamiento realizado por Solow el modelo de Paul Romer es una descripción de cómo se da el crecimiento cuando se toma a la tecnología como una variable endógena. Como todos los modelos esta percepción lleva detrás varios supuestos que describen un estado ideal, el de Paul Romer difiere al de Solow en estos, previendo condiciones más elaboradas.

Antes de entrar al modelo se debe tener en claro los conceptos de rivalidad y exclusión ya que son fundamentales para entender la lógica y las consecuencias del planteamiento.

Para iniciar el modelo se parte de las premisas siguientes:

- Primero, se considera al cambio tecnológico como un mejoramiento de las instrucciones para la combinación de los insumos.
- Segundo, el cambio tecnológico es originado intencionalmente por agentes que responden a estímulos del mercado, es decir prevén la obtención de un beneficio, y
- Tercero, la tecnología es considerada por Paul Romer como un insumo no rival, por sus costos mínimos de reproducción, y parcialmente excluible ya que el conocimiento puede ser suministrado de forma publica, sin embargo el productor de una innovación es motivado por la obtención de un beneficio en el mercado.

El modelo presentado por Paul Romer plantea que la economía encuentra en la innovación tecnológica la base para lograr el crecimiento mediante la acumulación de capital de forma constante e involucrando cuatro variables $f(K, L, H, A)$ donde:

- K es el capital, medido en términos de unidades de bienes de consumo;
- L , la mano de obra considerada como las habilidades para realizar una tarea, se mide por un conteo de personas y se mantiene constante;

⁵¹ Romer Paul, M. Endogenous technological change, Journal of political economy, 98, 5, 1990, USA



- H , el capital humano, tomado como fijo, es medido como la acumulación de educación y la capacitación, y
- A el componente tecnológico, medido por el número de nuevos inventos.

Tanto H como A son parte del acervo de conocimientos, el modelo los separa en la parte no rival A y la rival H , esta última ligada a un componente físico, el trabajador.

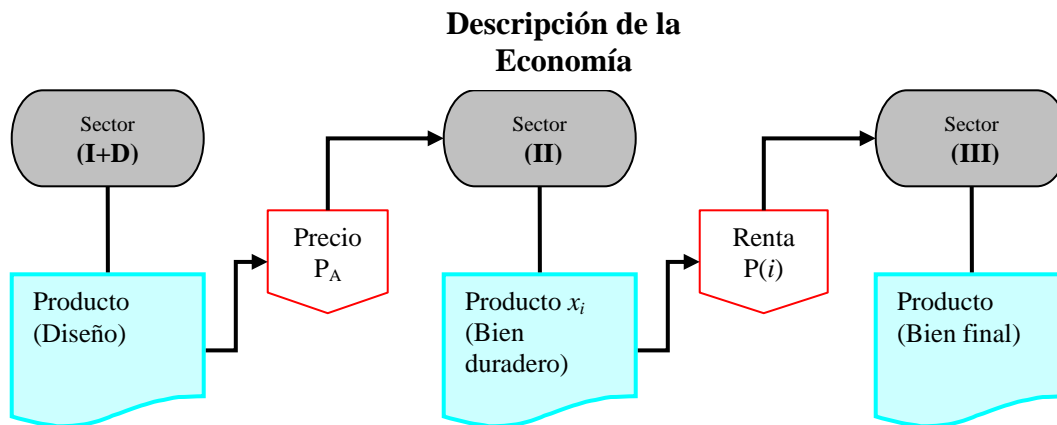
La economía se divide en tres sectores.

- El primero de (I+D) donde se generan los diseños y formulas de nuevos inventos, involucrando los factores $Y_A(H_A A)$.
- El de bienes intermedios, (II), que utiliza como insumos los productos generados en el sector (I+D) para producir bienes duraderos, como maquinaria a usarse en el tercer sector,
- El tercero (III), utilizando los bienes duraderos “producir durables” como capital físico, produce bienes de consumo final.

Como en los modelos anteriores para el desarrollo se toma, en el sector (III), una función del tipo Cobb-Douglas para el producto final:

$$Y(H_Y L, x) = H_Y^\alpha L^\beta \sum_{i=1}^{\infty} x_i^{1-\alpha-\beta} \quad (2-22)$$

x_i representa los insumos usados por una empresa que obtiene un producto final; son los bienes duraderos producidos hasta el momento (t), el hecho de que sea una sumatoria se da por que los insumos no son sustitutos perfectos, por tanto no existe relación lineal entre las variables, cada uno se puede separar para observar sus influencia sobre el producto de manera individual.



FUENTE: Elaboración propia

Las empresas del sector (III) producen bienes homogéneos en un mercado competitivo por lo que individualmente son tomadoras de precios, mientras que las del sector (II), dado que se requiere una empresa para producir cada bien durable x_i , cada empresa fija el precio de su bien x_i . Lo anterior se explica del hecho de que la empresa del sector (I+D) crea un diseño que es adquirido por una empresa del sector (II) que se apodera de la patente para producir los η bienes x_i y exclusivamente ella tiene derecho a producir este prototipo de bienes obteniendo ganancias de monopolio. Por ultimo, las empresas del sector (III) rentan por la tasa $P(i)$ al bien duradero x_i , el cual no se deprecia. Las empresas del sector (III) dejan de producir la fracción que destinan a la renta, el producto sacrificado, en teoría será destinada a la producción de más x_i , así se define el capital total K como $\dot{K}(t) = Y(t) - C(t)$, donde $C(t)$ es el consumo agregado en el momento (t) y $\dot{K}(t)$ es el producto sacrificado en el momento (t) . De igual modo K se desenvuelve en la cantidad de producto sacrificada por unidades de bienes usados efectivamente x_i ,

$$K = \eta \sum_{i=1}^{\infty} x_i = \eta \sum_{i=1}^A x_i \text{ con } \eta \text{ unidades de consumo sacrificado para crear una unidad de } x_i.$$

La ecuación (2-22) fue definida discreta; ahora se plantea continua para suponer que las patentes son infinitas, por lo que se describe como la siguiente integral:



$$Y(H_Y L, x) = H_Y^\alpha L^\beta \int_0^\infty x_i^{1-\alpha-\beta} di \quad (2-23)$$

El producto de investigaciones del investigador J depende de la cantidad de H_j y la porción de A_j con una productividad $\delta H_j A_j$, donde δ es el parámetro de su productividad; en forma agregada los investigadores son:

$$\dot{A} = \delta H_A A \quad (2-24)$$

La ecuación (2-24) representa que A es un bien no rival sus incrementos provocaran una mayor cantidad de \dot{A} , también supone que H_Y crece en proporción a A que es lineal para que se genere un crecimiento ilimitado. Si no fuera así, con A cóncava, existirían diferencias en las productividades marginales de H , estimulando a H_A para trasladarse a H_Y donde la productividad marginal será mayor.

Una de las cuestiones trascendentes del modelo es que el conocimiento es involucrado en la producción de dos formas. Primero, la creación de un diseño permite la generación de un bien durable que a su vez permite la producción de nuevos productos finales o incrementa la productividad de los ya existentes. La segunda forma consiste en que el diseño incrementa el acervo de conocimiento aumentando δ de H_A ; esta parte involucra la exclusión parcial de la tecnología. Como la producción del sector (I+D) esta en función de $Y_A(H_A, A)$ todos los investigadores tiene acceso al total de A mientras que en el sector (II) la patente sólo puede ser aprovechada por una empresa, que tiene acceso a una parte de A , manifestada en la patente.

La generación de nuevos diseños involucra costes para las empresas (I+D), como ya se mencionó el producto A es libre de usarse dentro del sector (I+D), no así en el sector (II), donde se paga un P_A por la patente. Este P_A tiene que ser suficiente para cubrir el costo de producción y generar un excedente que estimule a las empresas (I+D) a crear nuevos diseños y a los investigadores a permanecer en el sector. Si se considera P_A el precio de los diseños, W_H la tasa de renta por unidad de capital humano (el salario de H_A) y r la tasa de



interés de los prestamos denominados en bienes. A partir de la ecuación (2-24) se infiere que P_A y W_H se relacionan en $W_H = P_A \delta A$.

Una vez fijado el P_A las empresas del sector (II) lo toman como dado. Para fijar el precio de los bienes $x(i)$ escogerán una cantidad que maximice su beneficio.

La curva de demanda a la que se enfrentaran las empresas productoras de $x(i)$ se define obteniendo al derivar H_Y y L : $\max_x \int_0^\infty [H_Y^\alpha L^\beta x(i)^{1-\alpha-\beta} - p(i)x(i)di]$, luego se deriva para obtener la función de demanda inversa:

$$p(i) = (1 - \alpha - \beta)H_Y^\alpha L^\beta x(i)^{-\alpha-\beta} \quad (2-25)$$

Este es el $P(i)$ que han de tomar como dado, el precio de monopolio, de este partirán para maximizar su beneficio obteniendo $\pi = \max_x p(i)x - r\eta x$

$$\begin{aligned} \pi &= \max_x (1 - \alpha - \beta)H_Y^\alpha L^\beta x^{1-\alpha-\beta} x \\ \pi &= \max_x (1 - \alpha - \beta)H_Y^\alpha L^\beta x^{1-\alpha-\beta} - r\eta x \end{aligned} \quad (2-26)$$

El último término $r\eta x$ aparece en virtud de que le tiene que restar los costos variables, son las unidades de producto necesario para generar x bienes.

La ecuación (2-26) presenta un costo marginal y una curva de demanda elástica constantes,⁵² la elasticidad de la demanda está definida por $\bar{p} = r\eta / (1 - \alpha - \beta)$, el precio de monopolio para el bien duradero que deben tomar las empresas del sector (II) y la afluencia de ganancia monopólica, con \bar{x} igual a la cantidad obtenida en la curva de demanda del precio \bar{p} , es:

$$\pi = (\alpha + \beta)\bar{p}\bar{x}$$

⁵² La elasticidad constante se refiere gráficamente a que es una línea, cuando son curvas la elasticidad varia a lo largo de esta.



Para obtener el equilibrio en el mercado relacionando la tasa de crecimiento y la tasa de interés, al igual que en el primer modelo de Learning by doing, se hace uso de los consumidores de Ramsey, igualando las tasas de interés, y se resuelve de forma parecida. Con esta condición, el precio del diseño P_A , surgido en un mercado competitivo, debe ser igual al valor presente del ingreso neto del monopolista,

$$P_A = \frac{1}{r} \pi \quad (2-27)$$

esto, para tener un equilibrio y se mantengan las preferencias de inversión en ambos sectores; los consumidores ahorran o consumen en función de la tasa de interés y el capital humano decide si trabaja en el sector (I+D) o en el (II); a pesar de que en el sector (I+D) no se obtenga el valor que representa para la sociedad en conjunto los diseños o inventos si fija un precio por encima del costo marginal de producción. En el sector (III) la producción de bienes finales se determina, primero despejando x_i de $K = \eta \sum_{i=1}^A x_i$, ya que A determina la producción de x y se requiere η unidades por cada uno de estos, la rescribimos de la forma $K = \eta A \bar{x} \therefore \bar{x} = \frac{K}{\eta A}$. Luego, sustituyendo en la ecuación (2-23) obtenemos la producción de (III) que se comporta como un modelo neoclásico:

$$\begin{aligned} Y(H_Y L, x) &= H_Y^\alpha L^\beta \int_0^\infty x_i^{1-\alpha-\beta} di \\ Y(H_Y L, x) &= H_Y^\alpha L^\beta A \bar{x}^{1-\alpha-\beta} \\ Y(H_Y L, x) &= (H_Y A)^\alpha (LA)^\beta (K)^{1-\alpha-\beta} \eta^{\alpha+\beta-1} \end{aligned} \quad (2-28)$$

Si en el resultado final consideramos el valor de A como fijo se obtendrían resultados parecidos que en el modelo de Solow. En contraste, A se incorpora de dos formas:

- a) en forma directa, para el sector (I+D) la función de producción (2-24) que presenta ausencia de convexidad, el equilibrio se encuentra gracias a la competencia con efectos externos en el sector y,



- b) en forma indirecta en el sector (III) por la disponibilidad de nuevos bienes duraderos; con lo cual permite un crecimiento constante.

El comprobar el modelo en un equilibrio de crecimiento equilibrado se necesita comprobar que A , K y Y crecen en las mismas tasas exponenciales constantes, lo cual se verifica si los precios y salarios permiten que H_Y y H_A se mantengan constantes, por lo que los primeros deben ser también constantes, la productividad marginal del trabajo en el sector (I+D) crece en proporción a A como también lo hace en el sector (III) si el precio P_A es constante; en el caso de que no fuera de esta forma implicaría que el capital humano encuentra más redituable uno de los dos sectores provocando un desequilibrio entre los sectores, estimulando o desalentando la producción de nuevos diseños.

De entrada sabemos, por la ecuación (2-24), que A crece en $\frac{\dot{A}}{A} = \delta H_A$ cumpliendo con la condición de crecimiento exponencial constante cuando H_A es constante. En el sector (I+D) el capital humano, H_A , recibe todos los ingresos, siendo el salario de este $W_H = P_A \delta A$ que debe ser igual al producto marginal, que se obtiene de la función de producción de bienes finales,⁵³ aunque es menor al producto marginal de (I+D), ya que P_A solo recibe una parte del valor social del diseño.

$$W_H = P_A \delta A = \alpha H_Y^{\alpha-1} L^\beta A \bar{x}^{1-\alpha-\beta} \quad (2-29)$$

la cual debe crecer en la medida de A si L , H_Y y \bar{x} son fijas.

Para verificar que K crece como A basta con remitirse a la expresión de K de donde se despeja \bar{x} para ser utilizada en (2-28), en esta se demuestra claramente que las variables implicadas en esta se determinan en función a A .

Se corroboran las preferencias de trabajar en uno u otro sector al relacionar H_Y con la tasa de crecimiento $\Theta = \delta H_A$, como ya se demostró esta sería la tasa de crecimiento para A , K

⁵³ Se obtiene derivando de la ecuación (2-23)



y Y . En primera instancia sustituyendo, la afluencia de ganancia monopólica en la ecuación (2-27) y en la obtenida, la ecuación inversa de la demanda (2-25), llegamos a:

$$P_A = \frac{1}{r}(\alpha + \beta)\bar{p}\bar{x}$$

$$P_A = \frac{(\alpha + \beta)}{r}(1 - \alpha - \beta)H_Y^\alpha L^\beta x(i)^{-\alpha-\beta} \bar{x} \quad (2-30)$$

combinada con (2-29) y despejando H_Y se tiene:

$$\frac{(\alpha + \beta)}{r}(1 - \alpha - \beta)H_Y^\alpha L^\beta x(i)^{-\alpha-\beta} \bar{x} = \alpha H_Y^{\alpha-1} L^\beta A \bar{x}^{1-\alpha-\beta}$$

$$H_Y = \frac{1}{\delta} \left(\frac{\alpha}{(1 - \alpha - \beta)(\alpha + \beta)} \right) r \quad (2-31)$$

que demuestra que el capital humano esta en función de los parámetros tecnológicos además de la tasa de interés. Si el total del capital humano es $H = H_Y + H_A$ se puede establecer:

$$\delta H_A = \delta(H - H_Y)$$

$$\delta H_A = \delta H - \frac{\alpha}{(1 - \alpha - \beta)(\alpha + \beta)} r = \Theta \quad (2-32)$$

con lo que se demuestra que la proporción de capital humano en los diferentes sectores (I+D) y (III) se mantiene fijos, por comportarse de la misma forma en que lo hace Θ . En (2-32) se concluye que el costo de oportunidad del capital humano de trabajar en uno u otro sector, dadas las condiciones de equilibrio de (2-29) los salarios deben ser los mismos. También resalta que Θ crece si se da una disminución en la tasa de interés; la cual se puede dar por cambios en las preferencias o expectativas de los consumidores.

De (2-26) se deduce que aumentos en η ⁵⁴ conducen al aumento de los costos da la empresa monopólica y su disminución aumentan su beneficio, de tal modo que la aplicación de

⁵⁴ Unidades de consumo sacrificado para crear una unidad de $x(i)$



políticas que estimules dicha disminución, semejante a un subsidio sobre la formación de capital fijo, disminuye costos y aumenta la producción de A y \bar{x} .

El aumento del capital humano empleado en el sector (I+D) aumentaría la relación A a K , históricamente se puede observar que el aumento de población dedicada a (I+D) va de la mano con los progresos tecnológicos no solo a nivel global, también es una afirmación válida desde un ámbito nacional, generalmente los países desarrollados mantienen una mayor cantidad de personal ocupado en la investigación que los países en vías de desarrollo. Pero este tipo de conclusiones no se pueden atribuir a este modelo, en la ecuación (2-32) no se observa la presencia de L ni se hace mención de su papel, se supone exógena. Ubicándose en una economía desarrollada el aumento de H_A conduce al incremento de A y por ende al de Θ ; pero en una economía en desarrollo los estímulos a laborar en (I+D) son bloqueados por la poca capacidad de ahorro, representada por η , que no estimula al resto de los sectores, provocando un exceso de oferta de diseños para una industria que no los aprovecha, disminuyendo P_A y a fin de cuentas entorpeciendo la producción de los nuevos diseños, sería como tener un procesador y emplear a tres capturistas. De igual manera los estímulos a la formación de capital fijo, en este tipo de economía, son acompañados por la insuficiente cantidad de H_A que conllevan tasas de crecimiento de A muy pequeñas que justifiquen el consumo sacrificado. Resumiendo, el modelo evidencia la importancia del sector (I+D), el como A influye directa e indirectamente en las esferas de producción, su liga con las preferencias en el consumo hacia el ahorro y su endogenidad.

Este planteamiento corresponde no solo con la evolución de las herramientas teóricas y la ciencia económica, también lo hace con las preferencias de la sociedad creadas a partir de nuevos mercados, los cuales surgidos a partir de la carrera espacial, el Internet, las comunicaciones, entre otras. Siguiendo con la línea del modelo AK en Romer la ciencia y la tecnología son el factor sobresaliente en busca del crecimiento, solo que aquí además de la posibilidad de su acumulación conjuga otros supuestos implícitos como los de spillovers y de learning by doing que permiten la división en H y A .



2.5 **Convergencia**

En párrafos anteriores se hizo referencia a la convergencia como una de las preguntas trascendentes en la teoría del crecimiento en la cual, con su nuevo auge, ha tomado una nueva importancia; la convergencia pone en tela de juicio la validez del modelo neoclásico contra el modelo de la nueva teoría del crecimiento, de los modelos de crecimiento exógeno, que suponen su existencia, versus los endógenos que no la consideran válida.⁵⁵

La convergencia económica o hipótesis de convergencia, dentro de la teoría neoclásica, se refiere al hecho de que las economías pobres presentan tasas de crecimiento en su capital per-cápita más altas que las de los países ricos. Bajo los supuestos del modelo de Solow la tasa de crecimiento del capital per-capita⁵⁶ estaría inversamente relacionada con la dotación inicial de capital; de tal suerte que al acercarse al estado estacionario, donde hay plena ocupación de los factores, la tasa disminuiría hasta llegar a cero. Para un conjunto de países con estructuras y preferencias idénticas, que sólo difieren en su dotación inicial de capital, las de menor dotación crecerán más rápido que las de mayor dotación inicial, estos últimos alcanzarán en menor tiempo, por su cercanía, el estado estacionario; mientras que las naciones pobres lo harán en un periodo más prolongado; al final, una vez que todas se encuentren en el estado estacionario, todas las economías poseerán las mismas dotaciones de capital como del resto de las variables. En estas condiciones son aplicadas cuando se habla de convergencia absoluta. La gráfica 2-8 ilustra lo anterior, esta parte de la ecuación (2-8) del modelo de Solow, la dividimos entre \tilde{k} para obtener la tasa instantánea de crecimiento del capital per-capita y que ilustra la transición que sufre la tasa de crecimiento del capital per-capita de la cual parte la hipótesis de convergencia.

$$\frac{\dot{k}}{\tilde{k}} = \frac{s\tilde{k}^\alpha}{\tilde{k}} - \frac{(n+x+d)\tilde{k}}{\tilde{k}} = s\tilde{k}^{\alpha-1} - (n+x+d)$$

⁵⁵ Sala-i Martín, Op. Cit. y Serrano Lorenzo Capital Humano y Convergencia Regional, Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas s.a; www.ivie.es

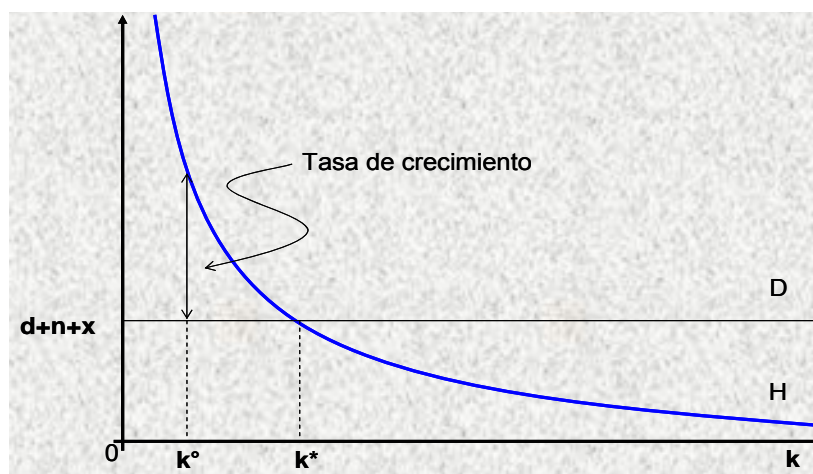
⁵⁶ Recuérdese que se supone igualdad entre el ingreso y el capital.



Como se puede ver tanto en la grafica como en la ecuación la tasa de crecimiento esta determinada por la diferencia entre la curva de ahorro y la de depreciación, entre más se acerca el capital a cero, mayor es la tasa de crecimiento, tendiendo al infinito; lo cual no significa que al tener nulo capital el crecimiento sea infinito, se esta hablando de una tasa, el incremento en está, ante la adición de una unidad adicional de capital, será mayor entre menos este desarrollada la economía; la apariencia de un texto mejora enormemente cuando se realiza con un ordenador en lugar de un aparato mecanográfico, pero no existe mayor diferencia, entre la versión anterior de un procesador de texto y la ultima editada hace un mes.

Ahora, y ante el debate respecto a la valides teórica de la convergencia, se han labrado dos conceptos de convergencia⁵⁷, el de la absoluta referida en el párrafo anterior, y el de tipo condicional; esta se da cuando las economías no son del todo idénticas, de hecho no sólo difieren en sus dotaciones iniciales de capital, también lo hacen en alguno más de sus factores, como lo ilustra la grafica 2-9, dígase en el grado de tecnología o en la tasa de ahorro o depreciación, y en consecuencia, en su senda de crecimiento y su k^* .

Grafica 2-9: Dinámica de transición del Modelos de Solow



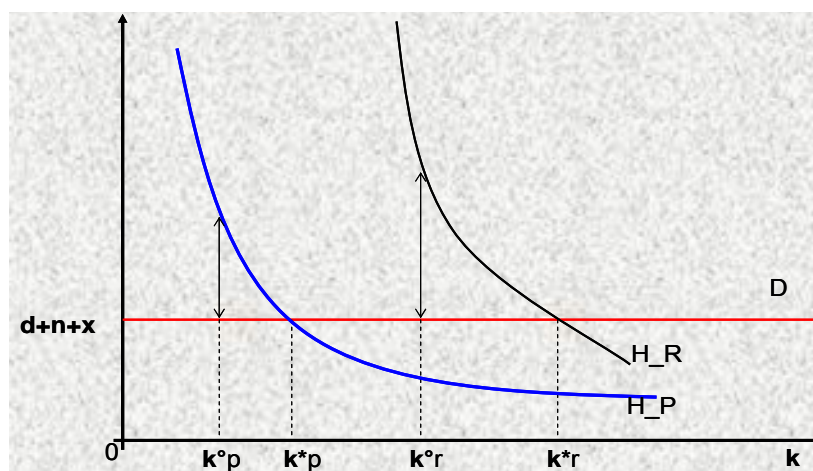
Fuente: Sala-i p. 34:

⁵⁷ Barro, Sala-i Convergence, The Journal of Political Economy Vol. 100, 1992; Barro, Macroeconomía, Op Cit.



En este caso la distancia de k entre el estado estacionario k^* esta inversamente relacionada con la tasa de crecimiento de k determinando la velocidad de acumulación de capital, o también llamada velocidad de convergencia; en el grafico 2-10, la función H_R corresponde a una economía rica y la H_P a una pobre. Parecería en una lectura ligera no existir gran diferencia entre estos dos términos; el hecho es que al considerar sendas distintas lleva a pensar la existencia de diferencias, aun en el largo plazo, en la renta per-capita de las distintas economías, a pesar de haber alcanzado el estado estacionario. Pueden darse casos en los que países pobres presenten tasas de ahorro pequeñas y ricos con altas o viceversa en donde no existiría convergencia, la de tipo condicional justifica este escenario, lo que sugiere es que la distancia determina la tasa de crecimiento, entre mayor distancia, mayor tasa de crecimiento, en ningún momento habla que los pobre alcancen los niveles de renta que tienen los ricos, solo se refiere que alcanzaran, en el largo plazo, su estado estacionario.

Grafica 2-10: Convergencia Condicional



Fuentes: Sala-i, Op. Cit; Economic Growth, Op. Cit.

Los trabajos que muestran evidencia empírica sobre convergencia abundan, para muestra Barro y Sala-i,⁵⁸ elaboraron un estudio sobre los estados de los Estados Unidos (EU) en el que demuestran la existencia de convergencia entre estos estados. A partir de un modelo

⁵⁸ *Ibíd.*



neoclásico para una economía cerrada, sin especificar cual, con una función de producción

$\hat{y} = f(\hat{k})$, que es determinada por:

$$\hat{k} = f(\hat{k}) - \hat{c} - (n + x + d)\hat{k}$$

con $\hat{c} = C / L e^{x(t)}$ y donde el resto de las variables son idénticas al modelo de Solow mostrado en capítulos anteriores; llegan a la ecuación que define la tasa de crecimiento promedio entre el periodo t_0 y $t_0 + T$:

$$\frac{1}{T} \log \frac{y_{i,t_0+T}}{y_{i,t_0}} = B - \left(\frac{1 - e^{-\beta T}}{T} \right) \cdot \log(y_{i,t_0}) + U_{i,t_0,t_0+T} \quad (2-33)$$

donde U_{i,t_0,t_0+T} es el término de error, y la constante $B = x + \left[\frac{(1 - e^{-\beta T})}{T} \right] \cdot [\log(\hat{y}^*) + x t_0]$

sobre la cual realizan regresiones que estiman el parámetro β , que mide la velocidad de convergencia. Han supuesto que los parámetros estructurales son parecidos, dado que se trata de una muestra más o menos homogénea y que existe cierto grado de relación comercial para regular posibles excedentes o faltantes en sus niveles de ingreso o consumo.

La evidencia presentada muestra que los estados de EU convergen a una tasa del 2 % anual. La convergencia se presta a críticas desde un punto teórico. Ramón Tirado⁵⁹ plantea que el modelo neoclásico de crecimiento, en referencia al de Solow, no se presta para asumir la convergencia ya que al habla de parámetros estructurales similares se tiene que hacer referencia de una economía abierta y el modelo de Solow es planteado bajo los supuestos de ser una economía cerrada; los mismos Barro y Sala-i hacen referencia de esta incongruencia teórica pero de inicio dicen que en los modelos neoclásicos de crecimiento para economías cerradas las tasas de crecimiento per-capita tienden a estar relacionadas de manera inversa con los niveles de ingreso per-capita, por lo que dichos modelos, en su opinión y aunque no sea parte de las propósitos de los creadores, predicen convergencia. Otro argumento para suponer la viabilidad de la hipótesis de convergencia viene sobre lo

⁵⁹ Tirado Ramón Op. Cit.



mismo; si bien se parte de modelos para economías cerradas, la justificación de que tengan parámetros estructurales similares radica en que las relaciones comerciales son los que permiten la nivelación de las variables como la tecnología; según los análisis de Barro y Sala-i existe evidencia de que perturbaciones externas llámese guerras, temporales climáticos, etc. no afectan significativamente el parámetro β de convergencia, lo que si, es que puede ser diferente para cada economía; por ende sin importar si se trata de una economía cerrada o abierta se asume que los valores estructurales primero pueden modificarse sin ser una economía abierta y segundo la economía tiene un parámetro β más lento o rápido e inclusive similar que al final llevaran al estado estacionario; la duda es si existe un único estado estacionario único para todas las economías.

Otro estudio realizado es el de Gerardo Esquivel⁶⁰ en el que estudia la convergencia de las entidades federativas de México mediante una regresión de las tasas crecimiento del ingreso per-capita contra sus niveles iniciales en logaritmos, el ser negativo el parámetro revela existencia de convergencia; por la falta de información homogénea realiza varias adecuaciones a sus series. Esquivel concluye que si existe evidencia de convergencia del periodo 1940-1995, sin embargo muestra que la mayor parte de este fenómeno se presento de 1940 a 1960; a partir de esta fecha la disminución en la brecha del ingreso per-capita ha sido más o menos constante.

A pesar del esfuerzo realizado de los autores para asentar evidencia de convergencia, desde la discusión teórica y la parte empírica que implica el arreglo de los datos, sigue existiendo escepticismo sobre su valides. La falta de solidez en la teoría insita justificaciones en los estudios y en la información, la mayoría de los estudios que demuestran la valides de la convergencia son realizados con estados o regiones que guardan cierto paralelismo en su desenvolvimiento histórico-económico, dejando a la especulación el suponer que la convergencia, en el sentido de que las economías pobres crecen más rápido que las ricas, no existe.

⁶⁰ Esquivel Gerardo, Convergencia regional en México, 1940-1995; El trimestre económico, México 1999, 66



Conclusiones y recomendaciones

La ciencia es conocimiento sintetizado, organizado y comprobable, puede ser dirigido o no dirigido, que permite al hombre entender al mundo que vive. La tecnología por su parte es conocimiento sintetizado y dirigido a una actividad específica que modifica la forma en que se realizan ciertas actividades; en conjunto representan conocimiento que permiten, en sentido económico, la mejora de los procesos de producción de bienes y servicios.

La ciencia y la tecnología, el factor tecnológico, en la teoría del crecimiento económico han sido, desde los autores clásicos hasta los contemporáneos, referenciadas de diferentes formas, implícitamente y explícitamente, como variable exógena o endógena, llamadas cambio o factor tecnológico; pero sin lugar a duda ha estado presente en mayor o menor grado en la mente de los economistas.

Para los autores clásicos y Marx al aportar conocimientos especializados a los procesos, los cuales reducen costos, tiempo, aportan mayor destreza al trabajador e incrementan la producción, la división del trabajo es el origen del cambio tecnológico. Desde esta visión la ciencia y la tecnología aparecen como variables exógenas a la función de producción.

Dentro de las teorías más contemporáneas, se ha establecido un debate por establecer si la ciencia y la tecnología son variables exógenas o endógenas.

Los autores que abogan por la exogenidad se caracterizan por tener como principal característica una función de producción que presenta rendimientos decrecientes a escala, y por tanto un estado estacionario en el cual el crecimiento solo alcanza para reponer la depreciación. La ciencia y la tecnología, para estos, solo se manifiestan como un factor externo que no interviene directamente en la función de producción; en el caso del modelo de Solow esta contenido en su residuo. Establecidos en esta visión es aceptada la hipótesis de convergencia entre las diferentes economías, lo cual supone que las economías pobres crecen mas rápido que las ricas y en algún momento en el tiempo alcanzan los mismos niveles de producción.



Los estudios empíricos de crecimiento encontraron que la mayor parte era explicado por el residuo de Solow, por lo que se busco una alternativa que incluyera a este, dando como resultado la nueva teoría del crecimiento económico, el cual incorpora en su función de producción al factor tecnológico como una variable acumulable y endógena. Bajo esta postura la función de producción, gracias al efecto exponenciador de la tecnología, presenta un crecimiento constante en sus variables, por tanto no existe estado estacionario y no es valida la hipótesis de convergencia.

Las políticas propuestas en estos modelos se consideran en paquetes, las acciones emprendidas para el estímulo de nuevos diseños, mediante estímulos fiscales, deben de hacerse acompañar de otros complementarios a la acumulación de capital fijo y apoyo al surgimiento de nuevo capital humano, científicos y técnicos capacitados. El solo empuje a los nuevos diseños es insuficiente, pues el ahorro destinado al capital fijo, generalmente en las naciones menos desarrolladas, es limitado, generando sobre oferta de diseños y abaratamiento de este y de la mano de obra del sector (I+D).

Existen muchos estudios sobre crecimiento y otros tantos en curso; dependiendo de la información, la región o el periodo resultan inclinarse por una u otra postura, aun es un tópico en discusión, pero ya sea como parte del residuo o como variable endógena, ambos casos se deslumbra que la ciencia y al tecnología juegan un papel innegable. La nueva teoría del crecimiento económico o teoría endógena ha expuesto una nueva alternativa en acorde con el desarrollo y las nuevas necesidades del proceso productivo y de la sociedad.

El crecimiento económico en la economía global exige ser competitivos en precios, lo cual solo puede ser alcanzado al ser competitivo en productividad, desarrollando nuevos procesos, nueva tecnología y fomentar la ciencia. Los encargados de gestionar políticas de crecimiento no deben ser ajenos a esta necesidad, por lo cual se deben establecer programas que fomenten de manera dirigida la formación de nuevos conocimientos en pro de alcanzar dichos cometidos.



Bibliografía

Arrow, K; The Economic Implications of Learning by Doing, Review of Economic Studies, 1962, 29 (junio): 155-173

Barro, Macroeconomía: Teoría y Política; Mc Graw-Hill, España 1997

Barro, Robert; Economic Growth, Mc Graw Hill, New York 1995

Barro, Sala-i Convergence, The Journal of Political Economy Vol. 100, 1992

Chadhuri, Gramil; Economic Theory of Growth; Harvester Wheatsheaf, New York, USA 1989

Esquivel Gerardo, Convergencia regional en México, 1940-1995; El trimestre económico, México 1999, 66

Galindo, Martín, M. A; Crecimiento Económico, Principales Teorías desde Keynes; Mc Graw-Hill; Madrid 1994

Jones Charles I; Introducción al crecimiento económico, Pearson Education, México 2000

Karl Marx, El Capital, Tomo I; FCE Tercera Edición 2000

Lara Rivero, Arturo. Cambio tecnológico y socialización del conocimiento tácito, Comercio exterior, Vol. 53, 10, Octubre 2003

Ricardo David; Principios de Economía Política y Tributación, FCE, México 1985

Romer Paul, M. Endogenous technological change, Journal of political economy, 98, 5, 1990, USA

Romer, David; Macroeconomía Avanzada, Mc Graw Hill, España 2002



Romo Murillo David, Derramas tecnológicas de la inversión extranjera en la industria mexicana, Comercio exterior, Vol. 53, 3, Marzo 2003.

Sala-i Martín Xavier, Apuntes de crecimiento económico, Antoni Bosch Editor, 2000,
España

Scaglione Matías D. Roles de la acumulación de Capital y del Progreso Técnico en la Teoría del Crecimiento Económico de Adam Smith;
www.aaep.org.ar/aspa/anales/pdf_01/scaglione.pdf

Serrano Lorenzo Capital Humano y Convergencia Regional, Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas s.a. Mayo 1998; www.ivie.es/downloads/docs/98/ec98-12.pdf

Smith, Adam; Investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones; FCE 2000

Solow, Robert; A Contribution to the Theory of Economic Growth. Quarterly Journal of Economics, 1956, 70 (febrero) 65-94

Sunkel Osvaldo, El subdesarrollo latinoamericano y la teoría del desarrollo, Siglo veintiuno editores, 26ª edición 2004, México

Tirado Jiménez, Ramón; La nueva teoría del crecimiento y los países menos desarrollados, Comercio Exterior, 10-Octubre del 2003, México