



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"CAMPUS ACATLAN"

PROGRAMA DE ECONOMIA

"CRECIMIENTO Y CAPITAL HUMANO  
EN LA ECONOMIA MEXICANA:  
DOS PERSPECTIVAS ENDOGENISTAS,  
PERIODO 1988-1993."

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
LICENCIADO EN ECONOMIA  
P R E S E N T A:  
GUILLERMO MIGUEL ROSETE ORTIZ

ASESOR:  
LIC. JOSE ALFREDO AGUILAR SANCHEZ

MEXICO, D. F.

1998

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

260411



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.

***Agradecimientos.***

A mis padres, cuya estimulación y paciencia fueron invaluable materia prima para la culminación de este trabajo.

A mis hermanos:           Gilberto Rafael, Minera Alma, Miriam  
  Edith y Lourdes Helia.

A mis sobrinos:            Gilberto y Victor Rosete Cornejo y Grecia  
  Mier Rosete.

A mis compañeros y amigos de la generación 91-95.

## ÍNDICE.

	Página
Introducción.	1
Capítulo 1.-Fundamentos macroeconómicos del crecimiento.	3
1.1.- Función de producción.	3
1.2.- Cambio tecnológico.	4
1.3.- Ahorro.	5
1.4.- Inversión.	6
1.5.- Población.	7
1.6.- Capital humano.	8
1.7.- Crecimiento y desarrollo económicos.	9
1.8.- Comparativa numérica.	10
Capítulo 2.- Introducción al crecimiento.	14
2.1.- Modelo de Harrod-Domar.	14
2.2.- Modelo de Solow-Swan.	18
2.3.- Modelo de Ramsey.	26
2.4.- Modelos de crecimiento endógeno.	29
Modelo AK.	29
Modelo de gasto público.	30
El aprendizaje por la práctica y las derramas de conocimiento.	30
Modelos con acumulación de capital humano.	30
Modelos con expansión del número de productos.	31

<b>Capítulo 3.- Capital humano y crecimiento en la economía mexicana.</b>	<b>32</b>
<b>3.1.- Modelo de Paul Romer.</b>	<b>32</b>
<b>3.2.- Modelo RMW.</b>	<b>39</b>
<b>3.3.- Análisis econométrico para la economía mexicana.</b>	<b>44</b>
<b>3.3.1.- Crecimiento económico sin capital humano.</b>	<b>44</b>
<b>3.3.2.- Crecimiento económico con capital humano.</b>	<b>49</b>
<b>3.3.3.- Convergencia económica.</b>	<b>52</b>
<b>Capítulo 4.- Conclusiones y recomendaciones.</b>	<b>57</b>
<b>4.1.- Conclusiones.</b>	<b>57</b>
<b>4.2.- Recomendaciones.</b>	<b>59</b>
<b>Bibliografía y Hemerografía.</b>	<b>61</b>
<b>Anexo estadístico.</b>	

## INTRODUCCION.

En las últimas dos décadas, el desenvolvimiento de la economía y del crecimiento económico mundial han sido blanco de enormes críticas, pues han roto la larga tradición de la edad dorada surgida en el periodo de posguerra. Los modelos de crecimiento económico desarrollados antes de esta situación -básicamente los de Harrod y Solow-, difícilmente vislumbraron procesos - como el crecimiento exponencial de las innovaciones tecnológicas y el mayor intercambio de información gracias a las telecomunicaciones-, que han dado un papel protagónico al cambio tecnológico, anteriormente considerado sólo como un residual, y sin explicación dentro del modelo.

Por esta razón, los viejos esquemas de crecimiento se han visto envueltos en una de las mayores revoluciones teóricas de la ciencia económica; el desarrollo de los modelos de crecimiento económico con cambio tecnológico endógeno.

En la última década, se han generado todo una serie de modelos que han endogenizado el cambio técnico de muy diversas e ingeniosas maneras. Aquí, sólo nos avocaremos al análisis de los modelos de Paul Romer y David Romer, Mankiw y Weil (modelo RMW) y su contrastación empírica.

Recientemente, se ha puesto en voga la idea de que la introducción del capital humano dentro del proceso productivo, tanto de bienes para el consumo como de nuevo capital humano, es un incentivo para elevar las tasas del Producto Interno Bruto (PIB). Es decir, existe una relación directa entre el capital humano y la tasa de crecimiento de la economía. Sin embargo, parece que el capital en su forma humana aun no llega a concretarse como un elemento importante que contribuya al crecimiento económico de las economías en desarrollo, debido a que no existe la infraestructura física ni cultural apropiada para la explotación de las externalidades generadas por el capital humano.

Por lo tanto, después de esta justificación, en esta investigación trabajaremos con la hipótesis de que la introducción del capital humano en la explicación del proceso de crecimiento económico de las economías latinoamericanas y mexicana, dispone de un poder explicativo mayor que el modelo neoclásico de Solow, que permita una adecuada elaboración de medidas de política económica dirigidas especialmente hacia este tipo de economías.

Actualmente, existe ya una gran cantidad de literatura que gira en torno a la interacción de estas dos variables, sin embargo, toda ésta, se relaciona con economías desarrolladas o a estudios regionales, siendo casi nulos o inexistentes los análisis para economías en desarrollo. Por tanto, esta investigación pretende contribuir a subsanar tales deficiencias, aunque de manera sencilla. También intenta ser un recorrido introductorio a la economía del crecimiento económico que pueda servir de apoyo a aquellas asignaturas que traten estos tópicos. Es pues, una labor que como economistas tenemos encomendada.

La manera de abordar estos aspectos, es mediante un análisis de regresión tanto para las economías de América Latina como para las 32 entidades federativas de la economía

mexicana. También se contrastan para la economía mexicana, los modelos de Romer y RMW.

Un último aspecto importante que se analiza en este trabajo son las distintas medidas de convergencia. Tan importantes para cuantificar el acercamiento de las diferentes economías con y sin los condicionamientos que provocan ciertas variables.

Este trabajo contiene cuatro capítulos, todos ellos enmarcados dentro de la teoría económica neoclásica y nueva keynesiana. En general, el análisis microeconómico del crecimiento económico se enmarca dentro del contexto neoclásico tradicional, salvo los planteamientos de Paul Romer, que más bien son de corte nuevo keynesiano. En el capítulo primero, se esboza la interacción de las principales variables macroeconómicas a fin de proporcionar un esquema para identificar los elementos determinantes del crecimiento económico. Se presentan conceptos tales como ahorro, inversión, capital humano, etc; que juegan un papel esencial en la explicación de dicho proceso.

En el segundo apartado, se hace una reseña a grosso modo de los modelos de crecimiento económico tanto de cambio tecnológico exógeno como endógeno. En el primer subcapítulo se presenta el modelo de Harrod y Domar con sus principales implicaciones. En el segundo subcapítulo, se analiza el modelo de Solow y Swan y su trascendencia para la teoría del crecimiento. Posteriormente, se esbozan los aportes de Ramsey a la teoría del ahorro y crecimiento económico. Para finalizar, se presentan de manera muy somera, las principales vertientes del crecimiento endógeno.

En el tercer capítulo, se analizan los dos modelos de crecimiento económico endógeno que aquí nos interesa. En el primer subcapítulo, se presenta el modelo de Paul Romer, con sus supuestos, su desarrollo y sus implicaciones más importantes para los fines de esta investigación. En el segundo, de igual manera, se desarrolla el modelo de RMW. Por último, se contrastan dichos modelos mediante análisis de regresión para las economías latinoamericanas y las entidades federativas de la economía mexicana.

En el apartado final, se presentan las principales conclusiones generales, así como las recomendaciones teóricas y metodológicas pertinentes para estudios posteriores.

Este trabajo, es, sin duda, un esfuerzo conjunto. En primer término quiero agradecer a las personas que intervinieron en ella de manera directa. Va pues, este primer agradecimiento a mi asesor el Lic. José Alfredo Aguilar Sánchez, quien ha potenciado el poco tiempo disponible, que sus múltiples labores académico - administrativas le permiten, para llevar a buen fin esta investigación. También dirijo mi agradecimiento al Maestro Lucio Pérez Rodríguez que, ahora unido en alma a los grandes economistas que han dejado huella en nuestro pensamiento, en vida fue una importante guía para el entendimiento de la econometría y otras temas económicos. De igual manera, van mis agradecimientos a todos y cada uno de los sinodales, pues sus comentarios han dado una mejor forma y una mayor sustancia a este trabajo, cuyo contenido es sólo responsabilidad del sustentante.

## CAPITULO 1.- FUNDAMENTOS MACROECONOMICOS DEL CRECIMIENTO.

El capítulo esboza algunos de los principales conceptos fuertemente ligados al proceso de crecimiento económico.

El crecimiento económico, visto como una mayor producción de bienes y servicios (una mayor oferta agregada), implica que su aumento este correspondido por una mayor demanda de tales satisfactores.

La oferta agregada  $Y$  es igual a la demanda agregada  $C + I + G + (X - M)$ , dicha igualdad nos remite a pensar que siempre existe un equilibrio entre ambos miembros. Es decir, que siempre se consume lo que se produce.

Sin embargo, lo que interesa estudiar es la oferta agregada, que está determinada en gran medida por una función de producción que a continuación se define.

### 1.1.- Función de producción.

La función de producción representa la relación existente entre el tipo y cantidad de insumos y la producción elaborada con dichos insumos, mientras que la cantidad máxima de producción que puede ser producida depende de la dotación de los insumos.

Una función general de producción puede tener la siguiente forma  $Y = F(K,L)$ , en la cual,  $Y$  denota la producción,  $K$  es el acervo de capital y  $L$  el acervo de trabajo. Asimismo puede estar en función de insumos discretos<sup>1</sup> o insumos continuos. La figura 1.1 muestra la función de producción de insumos discretos (Véase, Varian [1995]).

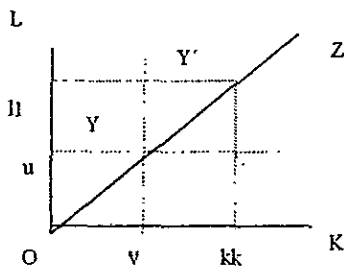


Fig. 1.1

En la figura anterior, para producir un nivel  $Y$  se requiere de una cantidad  $u$  y  $v$  de trabajo y capital, respectivamente. Para producir un nivel  $Y'$  se insumen las cantidades  $ll$  y  $kk$ . Nótese que no se pueden producir niveles intermedios entre estos dos puntos.

<sup>1</sup> Más comúnmente llamada forma de coeficientes fijos o insumo-producto. Esta se refiere a que dado un acervo de capital, sólo existe un flujo de producción que puede ser generado para un acervo dado de capital. Esta relación implica que no haya sustituibilidad entre los insumos.



La función de producción que más nos interesa analizar es la función en forma continua, que permite la sustitución entre los insumos. De manera que, un nivel dado de producción, es resultado de una variedad de combinaciones de trabajo y capital. Esta función se denomina isocuanta en la teoría microeconómica. La figura 1.2 muestra la función de producción continua. Donde el punto A involucra una mayor cantidad de trabajo y menor cantidad de capital, por el contrario, el punto B representa una mayor cantidad de capital y una menor parte de trabajo para un mismo nivel de producción.

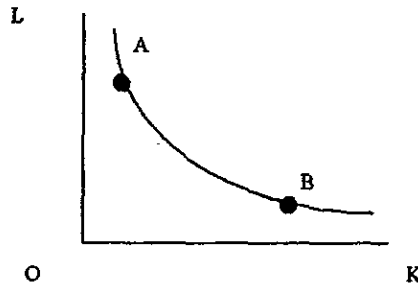


Fig. 1.2

Sin embargo, el tipo de función más utilizada en la teoría de la producción es la función Cobb-Douglas:

$$Y = AK^\alpha L^{1-\alpha}$$

Donde Y es la producción, K es el acervo de capital, L es el acervo de trabajo y A es el nivel de tecnología. Este tipo de función cumple con características muy específicas tales como las condiciones de Inada que trataremos en el siguiente capítulo.

### 1.2.- Cambio tecnológico.

Cuando en una economía existe un determinado acervo de conocimientos, técnicas de producción, cierta destreza y calificación de la mano de obra, y se contemplan en un determinado período, estamos hablando de que la economía tiene un nivel de tecnología dado (A). Cuando el nivel de A en el período  $t$  es menor que el nivel de A en el período  $t+1$ , existe progreso tecnológico, es decir, existe una mayor cantidad de técnicas y habilidades disponibles para los productores.

Hay diferentes tipos de cambio o progreso tecnológico. El progreso tecnológico desincorporado es el que incrementa la eficiencia de todo el capital existente sin considerar

su tiempo de uso. El progreso tecnológico incorporado es aquel que incrementa solamente la eficiencia de los nuevos bienes de capital.

El progreso tecnológico también puede ser ahorrador de capital, si se obtiene el mismo producto con una menor cantidad de capital; ahorrador de trabajo, si se obtiene el mismo producto con una menor dotación de trabajo o neutral<sup>2</sup>, si se obtiene el mismo producto con la misma cantidad de insumos (Véase, Barro y Sala-i-martin [1995]).

### 1.3.- Ahorro.

En el sentido más usual el ahorro en una economía cerrada (S) es la cantidad de ingreso que no se consume y que se puede destinar ya sea a la inversión o al consumo futuro, Y es el producto total y C el consumo.<sup>3</sup> Aquí, prescindiremos de los sectores público y externo. De la identidad de la oferta y demanda agregada, tenemos:

$$Y = C + I \dots (1.1)$$

dado que

$$C = Y - S \dots (1.2)$$

igualando 1.1 y 1.2, tenemos:

$$Y = Y - S + I \dots (1.3)$$

o que es igual a

$$S = I \dots (1.4)$$

La identidad nos dice que todo el ingreso que se ahorra es igual al invertido. Es decir, que los recursos no consumidos de la economía se destinan a la inversión residencial y no residencial.

<sup>2</sup> Existen tres definiciones de progreso tecnológico neutral. La primera se debe a Hicks(1932). Éste afirma que existe progreso tecnológico neutral si la razón de los productos marginales de los insumos permanecen sin cambio para razones dadas de capital/trabajo.  $Y = F(K, L, t) = T(t) * F(K, L)$   $T(t) = A > 0$ .

Harrod (1942) define una innovación como neutral si la combinación de insumos relativos  $K * F_K / L * F_L$  permanecen sin cambio para una razón dada de capital/producto.  $Y = F(K, L * A(t))$   $A(t) > 0$ . Esta forma se denomina progreso tecnológico aumentante de trabajo, ya que la producción se incrementa tanto como el trabajo.

Solow(1969) considera una innovación como neutral si la combinación de insumos relativos  $L * F_L / K * F_K$  permanecen sin cambio para una razón dada de trabajo/producto.  $Y = (K * B(t), L)$   $B(t) > 0$ . Esta forma lleva el nombre de progreso tecnológico aumentante de capital por la razón antes mencionada.

<sup>3</sup> Las variables en mayúscula representan montos o cantidades, mientras que las variables en minúscula indican tasa o propensiones.

#### 1.4.- Inversión.

Existen diferentes definiciones de inversión y una adecuada debe contener los siguientes elementos. En primer lugar, es la compra de bienes (maquinaria y equipo) para producir otros bienes; erogaciones que involucren bienes inmuebles, servicios o mano de obra. De acuerdo a estos elementos se han elaborado distintas clasificaciones de inversión. Considerando la movilidad de los factores o bienes que intervienen en la producción, estos se clasifican en:

-No residencial, que pueden ser movidos o transportados. Citamos la mano de obra y la maquinaria.

-Residencial, que no pueden ser transportados. Aquí mencionamos a las fábricas y los terrenos.

La teoría moderna de la inversión considera también otro elemento no menos importante, *los inventarios*. El manejo adecuado de inventarios permite a la firma o empresa suavizar el ciclo económico.

Ahora tomando en cuenta la duración de los factores productivos, podemos dividirlos en:

Capital fijo, que permanece fijo en un gran número de ciclos productivos. Por ejemplo, la maquinaria y los terrenos.

Capital variable, que están en función del volumen de producción: materias primas y fuerza de trabajo, como ejemplo.

Otra clasificación muy importante es la que se refiere a la inversión planeada y no planeada.

La inversión en el sentido económico, es la creación real de nuevos bienes. Por lo tanto, inversión en acciones de una compañía o la compra de algún artículo usado por debajo de su precio de mercado que reporte una ganancia al comprador, no son una inversión real porque no se está creando nada en absoluto. Ambas operaciones son sólo transacciones de riqueza ya creada.

En otro orden de ideas, la inversión bruta es la suma de la inversión neta más la inversión para reposición. La inversión neta es la que incrementa el acervo de capital que se utiliza en el proceso productivo. La *inversión para reposición o depreciación* es la que se destina a reemplazar el capital desgastado por su uso productivo y mantener el nivel de capital a un nivel constante.

La inversión neta se relaciona con la tasa de crecimiento del producto por medio del principio del acelerador. Esta relación se manifiesta por medio de la siguiente ecuación:

$$IN = \alpha \Delta Y \dots (1.5)$$

Donde  $IN$  es la inversión neta y  $\alpha$  es el producto marginal del capital. La inversión neta está en función del cambio en el producto por el producto marginal o productividad marginal del capital. Es decir, la cantidad de producto destinado a la inversión está ponderada por  $\alpha$ .

Por otro lado, la inversión neta corresponde a la parte ahorrada del ingreso determinada por la propensión marginal al ahorro ( $s$ ), por tanto se tiene la siguiente relación

$$IN = sY \dots (1.6)$$

sustituyendo ambas, tenemos

$$sY = \alpha \Delta Y \dots (1.7)$$

de donde

$$\Delta Y/Y = s/\alpha \dots (1.8)$$

En la ecuación 1.8, la tasa de crecimiento del producto es igual al cociente de la tasa de ahorro y la productividad marginal del capital. Se evidencia que la tasa de crecimiento del producto será mayor si: a) se reduce la productividad marginal del capital o b) aumenta la tasa de ahorro. Supongamos que una economía duplica su propensión al ahorro. Dado que el ahorro se transforma en inversión, se tendrá el doble de recursos para invertir en el mañana. Una mayor capacidad instalada proporcionará una mayor cantidad de satisfactores. Por otro lado, como veremos más adelante, a mayor dotación de capital, la participación de ésta en el producto es menor. Por lo tanto, la reducción de  $\alpha$ , implicará un aumento en la dotación de capital en la economía (Véase, Barro [1994]).

### 1.5.- Población.

La población es otro factor o insumo productivo que combinado con el capital determina el nivel de producción. Sin embargo, no toda la población es partícipe o aporta su fuerza de trabajo a la producción de bienes y servicios en un período de tiempo. La fuerza laboral es un indicador que mide dicha cantidad de trabajo disponible en una economía. Como determinante de la producción, ésta, está sujeta a variaciones en el nivel de empleo, es decir, mientras se mantenga constante el nivel tecnológico y de capital, una reducción en el empleo dará como resultado una disminución en la producción y por el contrario, un aumento en el empleo implicará un aumento en el producto.<sup>4</sup>

La fuerza laboral es un agregado heterogéneo de habilidades y destrezas, que representan diferentes niveles de empleos y actividades. Existen pues, diversos grados tanto de destreza como variedad de actividades industriales específicas. Por ejemplo, en una gran empresa hay técnicos encargados de la supervisión de computadoras y sistemas

<sup>4</sup> Mientras que el aumento del empleo sobre un acervo constante de capital no muestre rendimientos decrecientes.

robotizados, otros que se encargan de la colocación de pequeñas piezas y por último otros dedicados a la función de control y gestión de la empresa. Los actuales modelos de crecimiento hacen hincapié en el primer grupo como en el tercero. Dan una mayor importancia a la preparación y capacitación que estos implican. Es decir, los profesionales y técnicos especializados se denominan capital humano en el sentido de que se considera como un capital, pues involucra un largo proceso de aprendizaje y capacitación (Véase, Barro [1994]).

### 1.6.- Capital humano.

El concepto de capital humano, es, sin duda uno de los conceptos más nebulosos del crecimiento económico, por su dificultad para medirlo. El capital humano puede ser visto como las habilidades encarnadas en un trabajador como resultado de su educación y adiestramiento.

*El capital humano juega dos papeles muy importantes en el proceso de crecimiento económico. Primero, por un lado, influye sobre la productividad determinando la capacidad de las naciones para innovar nuevas tecnologías que convienen a la producción doméstica (Romer, 1990). Por otro lado, Nelson y Phelps muestran que el nivel de capital humano afecta la velocidad de captura tecnológica y difusión. Segundo, se convierte en el centro de atracción de otros factores que contribuyen al crecimiento del ingreso per cápita.*

Para su medición, se han propuesto diferentes caminos. Una primera forma de medición consiste en la razón bruta de enrole o población matriculada que está definida por: el enrole total en escuela primaria sobre el total de población entre 6 y 11 años. Dicha razón está contenida entre 0 y 1. Pero cuenta con algunos inconvenientes. El principal es que no es un acervo sino un flujo<sup>5</sup>. Otros menos importantes es que no considera los efectos de la migración o repetición de grados, fenómeno muy arraigado en economías subdesarrolladas.

Otra medida es la tasa de "literacy"<sup>6</sup> adulta que es una medida del acervo de capital humano, pero se cuenta con menor información en las estadísticas mundiales. La definición de "literacy" es "si una persona puede leer y escribir un pequeño enunciado de su vida diaria". Esto presupone que la "literacy" es sólo la primera etapa y que debe ser complementada por otros aspectos importantes como la facultad para leer y escribir números y el razonamiento lógico y analítico.

Un último camino es el propuesto por Barro y Lee (1992). Se define como el nivel de entrenamiento para la fuerza de trabajo de 25 años en adelante, que utiliza un conjunto amplio de datos de panel para examinar los efectos y determinantes del entrenamiento escolar y la composición del entrenamiento para diversos niveles de educación.

<sup>5</sup> Un acervo es una cantidad en un momento dado del tiempo, mientras que un flujo es una cantidad en un período de tiempo dado.

<sup>6</sup> Este término se refiere a la tasa de alfabetización.

### 1.7.- Crecimiento y desarrollo económicos.

Existe una gran confusión en relación a estos dos conceptos. Uno de carácter ideológico y otro de definición. En primer lugar, la teoría ortodoxa del crecimiento (modelo de Harrod y Domar, el modelo de Solow y Swan y Ramsey), en sus inicios se apoderó del *herramental teórico-matemático* que está detrás de este proceso, para tratar de explicar el crecimiento económico a largo plazo de las economías desarrolladas. El concepto de desarrollo fue relegado, entonces, a las economías en desarrollo. La teoría del desarrollo se gestó como una serie de alternativas no formalizadas (excepto en algunos modelos)<sup>7</sup> que trataban de guiar la salida del subdesarrollo a muchas naciones del planeta.

En segundo lugar, el proceso de crecimiento se diferencia del desarrollo en cuanto a su dimensionalidad. El proceso de crecimiento económico involucra un incremento en la producción de bienes y servicios para un período dado. Éste proceso implica también que sea sustentable y continuo por varios períodos de tiempo. Como consecuencia de éste crecimiento, los acervos de capital físico, humano y fuerza laboral aumentan dando posibilidad a que surja o resurja otro auge. Sin embargo, este proceso no implica que los indicadores de bienestar se alteren mostrando dicho cambio de condiciones de vida. Por lo tanto, el proceso de crecimiento no basta para que un país modifique sus estructuras productivas y de distribución del ingreso a unas que caracterizan a una economía desarrollada.

En cambio, el desarrollo económico sí implica un cambio cualitativo y no sólo cuantitativo de los indicadores económicos y sociales. Muchas condiciones deben coexistir para que el proceso de crecimiento se traduzca en un desarrollo económico con estructuras productivas y distributivas que reflejen su vigor y equidad en los indicadores económicos y sociales.

Un elemento primordial es el que el proceso de crecimiento sea continuo, es decir, que no presente variaciones estacionales ni cíclicas. En este sentido, es difícil aislar las crisis recurrentes del sistema capitalista y en consecuencia que una economía presente ausencia de este tipo de variaciones.

Otro, es que el crecimiento económico alcanzado en sectores clave, se propague a toda la economía. Así, todos los elementos de la sociedad disfrutarán del beneficio del crecimiento y desarrollo económicos.

La gráfica 1.3 muestra las diferentes variables que se manejaron en el presente capítulo, y su interrelación entre éstas de modo que den una panorámica global del proceso de crecimiento económico.

<sup>7</sup> Por ejemplo, los modelos de Arthur Lewis "economic development with unlimited supplies of labour" y Ranis y Fei "innovational intensity and factors bias in the theory of growth".

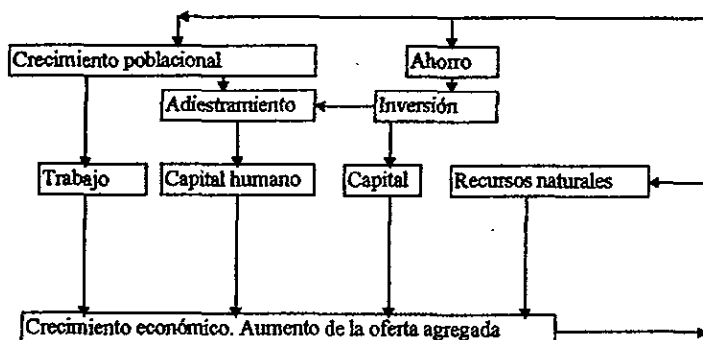


Figura 1.3

El producto interno bruto visto como ingreso obtenido de la venta del producto total se destina al consumo o al ahorro. El consumo en alimentos, calzado, vivienda, esparcimiento y educación constituyen un aliciente para el crecimiento poblacional. Esta nueva gente se enrolará como fuerza laboral en el aparato productivo. Los individuos que inviertan en su educación, formarán parte del capital humano que ocupará puestos de mayor especialización. Por otro lado, el monto ahorrado se invertirá en la creación de nueva maquinaria y la reposición de la ya gastada para incrementar el acervo de capital. Por último, parte del ingreso total debiera destinarse hacia la regeneración de los recursos renovables, hacia el consumo sensato de los recursos no renovables así como al cuidado de nuestro medio ambiente.

### 1.8 Comparativa numérica.

Como una panorámica cuantitativa, el cuadro 1 presenta seis diferentes variables involucradas en el proceso de crecimiento económico para las mayores economías de Latinoamérica. La primera de éstas, se refiere a la población de habitantes en millones. Aquí, es importante remarcar que sólo seis de las economías estudiadas rebasan los 20 millones de habitantes y sólo dos, la mexicana y la brasileña rebasan los 50 millones de habitantes. Como se observa, la mayoría de las economías seleccionadas presentan un disminuido acervo de población, susceptible de convertirse en capital humano. A este respecto, la tasa de enrole en educación secundaria promedia aproximadamente un 25% de la población en edad de cursar la educación secundaria.

Por su parte, la tasa de crecimiento de la fuerza laboral (población que realmente trabaja sobre la población económicamente activa), se aproxima al 4% para economías como la hondureña y la nicaragüense, mientras que apenas rebasa el 1% en países como

Chile, Argentina y Uruguay. En lo que respecta al ahorro doméstico, la economía que más ahorra es la chilena con el 27% de su producto interno bruto. En contraste, Bolivia y Guatemala no rebasan ni siquiera el 10%, incluso Nicaragua luce un penoso -1.8%. Por último, en cuanto a la inversión, Belice presenta la más alta tasa, 31.4%. Venezuela muestra la más reducida, apenas con 9.4%.

País	Población (millones)	PIB p.c. (US\$)	Inv/PIB (1994) %	Aho/PIB (1994) %	Eza. Laboral (1990/1994)	Eurole acc. %
Argentina	33.8	7220	20.0	17.6	1.5	/
Belice	.204	2450	31.4	22.0	/	1.3
Bolivia	7.1	760	15.1	5.7	2.5	85.0
Brasil	156.5	2930	16.5	18.3	2.2	/
Chile	13.8	3170	26.6	27.9	1.7	37.5
Colombia	35.7	1400	24.1	20.5	2.3	21.5
Costa rica	3.3	2150	27.7	22.9	2.4	22.2
Ecuador	11.0	1200	20.5	21.2	2.9	33.8
Guatemala	10.0	1100	16.7	8.1	3.3	/
Honduras	5.3	600	25.8	22.1	3.8	30.2
México	90.0	3610	24.5	19.2	3.0	12.2
Nicaragua	4.1	340	19.5	-1.8	3.9	9.1
Panamá	2.5	2600	24.0	21.2	2.6	25.6
Paraguay	4.7	1510	23.8	16.9	2.8	6.9
Perú	22.9	1490	22.2	20.0	2.8	/
Uruguay	3.1	3830	15.8	13.9	1.0	16.3
Venezuela	20.9	2840	9.4	18.7	2.9	17.6

Fuente: The world bank atlas, 1992

\* Número de matriculados en educación secundaria con respecto a la población total en edad de cursar la educación secundaria.

**Cuadro No. 1**  
Comparativa de las principales variables del crecimiento económico  
para las economías selectas de América Latina.

Estos indicadores para la economía mexicana presentan algunas características por las cuales, dicha economía es una de las más dinámicas dentro de la región. El acervo de población proporciona una cantidad inagotable de fuerza de trabajo. Esto se refleja también, en la tasa de crecimiento de la fuerza laboral de 3%.

La formación de capital humano, aquí, representado por la razón de enrole en educación secundaria al total de la población adulta es del 12.2 %.

La inversión y el ahorro no son tan bajos, pues alcanzan el 24.5 y 19.2 respectivamente.



País	Población x 1000	Enrole % 1993	Tasa analfab. betismo	PIB per capita 1994	inv/PIB 1994	Uso de energía IC	Uso de agua
Japón	124782	100	0	34630	30	3642	735
USA	260529	98	0	25860	16	7918	1870
Francia	57726	100	0	23470	18	4031	665
Suecia	8735	100	0	23630	13	5385	341
Alemania	81141	89	0	25580	22	4170	579
Cuba	10951	97	6	/	/	839	870
China	1190918	96	27	530	43	632	461
Corea	44563	100	0	8220	38	2863	632
Chile	14044	83	7	3560	27	901	1626
México	91858	100	13	4010	24	1439	899

Fuente: The world bank Atlas 1996

**Cuadro No.2 Comparativa de la Economía mexicana  
con algunas economías desarrolladas y en desarrollo para diversos indicadores  
sociales, económicos y ecológicos.**

En el cuadro 2, se compara la economía mexicana con economías en países desarrollados, como Estados Unidos, Japón, etc. Aquí se manejan siete variables. Las tres primeras son de índole social, las siguientes dos son económicas y las restantes son de carácter ecológico. En lo que respecta a las primeras, observamos que la población de los países desarrollados muestra un rango muy grande, que va de los 8 millones de Suecia a los 260 millones de los Estados Unidos. Por su parte, las cinco naciones en desarrollo, de igual manera presentan una gran diferencia entre sus poblaciones. De la menor que es la cubana que se aproxima a los 11 millones a la mayor que es la china con más de 1000 millones de habitantes.

Para el enrole en la escuela primaria, no existen grandes diferencias entre los dos tipos de países, ha excepción de la economía chilena que presenta el porcentaje más bajo de la muestra con apenas el 83%.

Para la tasa de analfabetismo, de los cinco países desarrollados todos presentan tasa cero de analfabetismo. Sin embargo, para las economías en desarrollo, dicha tasa varía de un 6% en Cuba hasta un 27% en China, pasando por el 13% para la economía mexicana.

Ya dentro de las variables económicas, el ingreso per cápita de los cinco países industrializados no es tan disperso. En general rondan por los 24000 dólares, a excepción de Japón que presenta un ingreso envidiable de más de 34500 dólares anuales. Para los cinco países restantes, el panorama no es tan optimista. El ingreso per cápita mayor pertenece a Corea con 8220 dólares mientras que para China son sólo 530 dólares anuales.

La tasa de inversión para los cinco primeros países en general es más baja que para los últimos cinco, exceptuando el caso de Japón que invierte el 30% de su producto interno bruto, mientras que los restantes países invierten en promedio sólo el 18%. Para las economías en desarrollo son mayores las tasas de inversión. China muestra una tasa de inversión del 43%, Corea del 38%, Chile de 27% y México de 24% lo que refleja que son economías más dinámicas al menos en ese año.

Las dos últimas variables se refieren al uso tanto de energía como de agua. Para los primeros cinco países el consumo en promedio es alrededor de 5000 Kwh, mayor que para los cinco países restantes, que no rebasan inclusive los 2000 Kwh.

En el consumo de agua per cápita, a excepción de Estados Unidos y Chile, muestran pautas de consumo similares de acuerdo con su población y sus recursos acuíferos.

Estas variables en su conjunto, proporcionan un diagnóstico de los niveles de vida para las economías analizadas en el cuadro 2. Aquí, la intención sólo fue dar una panorámica cuantitativa y un análisis visual de los datos. En los capítulos siguientes, se analizarán estos y otros datos bajo una perspectiva más formal a fin de determinar la relación causal, si es que existe entre estas, con respecto al crecimiento económico.

## CAPITULO 2.- INTRODUCCION AL CRECIMIENTO.

Los primeros modelos de crecimiento suponían una tasa de ahorro y cambio tecnológico determinados fuera del sistema. Es decir, que estas variables estaban dadas a priori. Por esta razón, dichos modelos son llamados exógenos.

En 1939, Harrod publicó el primer esbozo de un modelo de crecimiento económico con un marco teórico keynesiano. Sin embargo, las deficiencias superaban los logros y poder explicativo que podía alcanzar el modelo. Aun así, éste se convirtió en el punto de partida de la teoría del crecimiento y sus problemas serían tratados por autores posteriores. También, la obra de Harrod se vuelve necesaria por las contribuciones hacia la teoría del crecimiento. Robert Solow en 1956, publicó el artículo más influyente en la teoría del crecimiento. Aquí, Solow superaba algunas problemáticas afrontadas por Harrod, al pasar de esquema discreto a un esquema continuo en la función de producción. Por su parte, Ramsey supone una tasa de ahorro no constante, resultado de la optimización entre consumo y ahorro por parte de las firmas y las familias. La tasa de ahorro es una función del acervo de capital per cápita. Estos cambios tienen importantes implicaciones en el modelo de Solow-Swan.

Los modelos exógenos de Harrod-Domar, Solow-Swan y Ramsey forman la base teórica que permitió en la década de los ochenta reformular la teoría del crecimiento para alcanzar mayores logros empíricos. Fueron Paul Romer y Robert Lucas entre otros, los que llevaron a cabo la revolución endógena. Pero esta cuestión será tratada con mayor detalle en la sección 2.4 de este capítulo.

### 2.1 Modelo de Harrod-Domar.

#### 2.1.1.- Introducción.

Los trabajos de 1939 y 1948 de Roy Harrod, encarnarían un primero y verdadero intento de teorizar el proceso de crecimiento económico. Por su parte, Ipsey Domar formuló posteriormente aspectos de una teoría del crecimiento muy parecidas a los desarrollados por Harrod. Sin embargo, existen algunas sutilezas que diferencian ambos modelos., pero por conveniencia, aquí se tratarán bajo un mismo esquema teórico.

Harrod le da a su modelo un espíritu keynesiano, se centra en el equilibrio entre el ahorro y la inversión agregados en una economía dinámica, así como en la determinación de los niveles de ingreso y empleo en el corto plazo.

En la siguiente sección, se especificarán los supuestos más importantes del modelo de Harrod. mientras que en la sección 2.1.3 se analizará el modelo así como algunas de sus principales conclusiones.

#### 2.1.2.- Supuestos básicos.

Los supuestos más importantes son los siguiente:

a) el ahorro  $S$  es una función del ingreso nacional,  $S = sY$ , donde  $s$  es la propensión marginal al ahorro. Harrod no supuso que  $s$  fuera constante, sin embargo la constancia de ésta no es trascendente para el análisis.

b) la fuerza de trabajo crece a una tasa  $n$  exógena.

c) no existe progreso técnico y el acervo de capital  $K$ , no se deprecia.

d) se supone una función de producción de proporciones fijas, es decir, que existe una sola combinación de  $K$  y  $L$  que producen un determinado nivel de producto.

$$Y = \min[K/v, L/u] \dots (2.1)$$

De la ecuación anterior, se observa que el producto está en función de las relaciones de capital-producto y trabajo-producto,  $v$  y  $u$ , respectivamente. Dado que  $K = vY$ ,  $v = K/Y$  y  $L = uY$ ,  $u = L/Y$ . En términos de tasa de crecimiento

$$\dot{Y} = \min[K/v, L/u] \dots (2.2)$$

En primera instancia, la relación capital - producto es simplemente la proporción del capital respecto al producto total. Sin embargo, a Harrod le interesaba en mayor medida la relación marginal capital - producto, es decir, la relación que asocia incrementos en el acervo de capital con incrementos en la producción. Dicha relación marginal puede interpretarse de dos maneras, a saber:

a) el incremento efectivo en el acervo de capital en un determinado período, dividido entre el incremento efectivo en la producción.

b) el incremento en el acervo de capital asociado con un incremento en la producción que se requiere para que los empresarios se sientan satisfechos por haber invertido las cantidades correctas. Esta relación se denotará  $v$ .

### 2.1.3.- Desarrollo del modelo.

Suponiendo que el acervo de capital no se deprecia, entonces el incremento en dicho acervo será igual al incremento en la inversión

$$K = I \dots (2.3)$$

entonces, de las relaciones anteriores tenemos

$$I = vY \dots (2.4)$$

que es una forma simple del principio del acelerador, que relaciona incrementos en la inversión como resultado de incrementos en la producción multiplicados por la constante  $v$ , que representa la relación capital/producto en un momento dado.

Si la inversión y el ahorro planeados son iguales, es decir, están en equilibrio, tenemos

$$I = S \dots (2.5)$$

como

$$S = sY \dots (2.6)$$

sustituyendo 2.4 y 2.6 en 2.5, tenemos

$$vY = sY \dots (2.7)$$

de esta forma

$$\dot{Y}/Y = s/v \dots (2.8)$$

Esta ecuación diferencial se denomina la ecuación fundamental de Harrod y relaciona la tasa de crecimiento del producto con el cociente de la tasa de ahorro y la relación capital - producto.

Por otro lado, dado que la inversión es igual a la acumulación de capital, de 2.3 y 2.6, tenemos

$$K = sY \dots (2.9)$$

sustituyendo  $Y = K/v$  en 2.9, obtenemos

$$K = s/v K \dots (2.10)$$

por lo tanto,

$$\dot{K}/K = s/v \dots (2.11)$$

Que es la ecuación de acumulación de capital. De aquí que tanto el producto como el acervo de capital crezcan a la misma tasa constante  $s/v$ . La ecuación fundamental se puede interpretar de dos formas, de acuerdo a las dos diferentes relaciones marginales, anteriormente señaladas.

Por una lado, la ecuación fundamental se puede ver como una identidad. En la ecuación 2.8, ambos términos se multiplican por  $v$ , y ésta se sustituye por  $I/Y$  y dado que  $I = K$ , tenemos

$$Y/Y \cdot I/Y = s = S/Y \dots (2.12)$$

$$Y/Y = S/Y/I/Y \dots (2.12a)$$

sustituyendo  $s = S/Y$  y  $v = I/Y$ , la tasa de crecimiento del producto debe ser  $s/v$ . A esta tasa se le llamará tasa efectiva de crecimiento, denotada por  $G_a$ .

$$G_a = s/v \dots (2.13)$$

Por otro lado, si se utiliza la segunda interpretación de la relación marginal  $v_r$ , de 2.9 y 2.11, obtenemos

$$G_a v = s = G_w v_r \dots (2.14)$$

Aquí,  $G_w$  es la tasa de crecimiento del producto que hace que los empresarios estén satisfechos por haber invertido las cantidades correctas, es decir, la tasa garantizada de crecimiento. Si el producto crece a la tasa garantizada, el incremento efectivo en el acervo de capital, asociado al incremento del producto, igualará al incremento requerido por los empresarios (Véase, Jones [1991]).

Ahora pasemos a dos problemas que surgen del planteamiento de Harrod.

El primer problema se refiere a si la economía está en pleno empleo a largo plazo, la tasa efectiva debe ser igual a  $n$ , la tasa de crecimiento de la fuerza de trabajo. Esto implica que exista la posibilidad de crecimiento equilibrado con pleno empleo. Sin embargo, dicha posibilidad es muy reducida ya que  $s$ ,  $v$  y  $n$  se determinan independientemente. Lo anterior constituye el primer problema de Harrod.

El segundo problema de Harrod surge de la siguiente cuestión. De la ecuación 2.14, es evidente que  $G_a$  es igual a  $G_w$ , si y sólo si,  $v_r$  es igual a  $v$ . Pero, si  $G_a$  es mayor que  $G_w$ ,  $v_r$  será mayor que  $v$  y viceversa. Cuando la tasa efectiva de crecimiento de una economía se desvía de la tasa garantizada, dicha desviación en lugar de autocorregirse, muestra un efecto contrario y acumulativo.

Anteriormente, concluimos que  $s/v = n$  y que sólo por una enorme coincidencia se mantiene la igualdad. La tasa de crecimiento de la fuerza de trabajo  $n$  exige la adecuación de la tasa de ahorro o la relación capital-producto. Si la tasa de ahorro crece exógenamente, la tasa garantizada de crecimiento será mayor que el crecimiento de  $n$ , por tanto, se llegará al nivel de pleno empleo y la tasa garantizada de crecimiento ya no se podrá sostener. Por el contrario, si la tasa garantizada de crecimiento es menor que la tasa  $n$ , surgirá una situación donde prevalezca el desempleo. Aquí, la tasa de ahorro determinada exógenamente de poco vale para ajustar  $s/v$  a la tasa  $n$ .

El ajuste vía ahorro es analizado en modelos posteriores. Como los elaborados por Kaldor, Robinson, Kalecki y otros postkeynesianos.

## 2.2.- Modelo de Solow-Swan.

### 2.2.1.- Introducción.

Este modelo si no fue el primero, sí es el de mayor trascendencia en la teoría del crecimiento económico. Fue desarrollado paralelamente por Robert Solow y por Trevor Swan en 1956. Ambas versiones son muy similares por lo que a menudo se fusionan, dando como resultado el modelo de Solow-Swan.

El modelo intenta resolver el problema de inestabilidad en el modelo de Harrod-Domar (segundo problema de Harrod). El ajuste se encuentra en la relación capital-producto, permitiendo a ésta ser continua, es decir, que puede tomar una infinidad de valores hasta que se ajuste a la tasa de crecimiento poblacional. Esta solución se da de manera automática. Aunque, el modelo de Solow-Swan resuelve tal problema, surgen otros inconvenientes que serán tratados en el transcurso de esta sección.

En la primera sección de este capítulo, esbozaremos los supuestos básicos del modelo. A continuación, en la sección 2.2.2, se presentará el desarrollo del modelo y sus implicaciones teóricas.

### 2.2.2.- Supuestos básicos.

El primer supuesto se refiere a que la Economía funciona bajo competencia perfecta. Esto implica que existen un gran número de firmas sin poder de mercado e igualmente los consumidores (o familias) no influyen sobre los precios. Ambos son tomadores de precios que determina el mercado.

Dada la competencia perfecta, las firmas tienen acceso por igual tanto a créditos como a tecnologías similares disponibles para todas las firmas. Por su parte, las familias pueden disponer de su ingreso disponible entre el consumo y ahorro de la mejor manera.

Un segundo supuesto es que todos los individuos de la sociedad se comportan racionalmente, es decir, las familias maximizan sus utilidades y las firmas maximizan sus beneficios.

Como tercer supuesto, se considera una función de producción agregada de tipo Cobb-Douglas<sup>3</sup> de rendimientos constantes a escala, que cumple ciertas condiciones que analizaremos posteriormente en este capítulo.

Otro supuesto importante es el que se refiere a que no existe cambio tecnológico al menos endógeno o determinado por el mismo modelo, aquí se supone que el cambio tecnológico crece a una tasa dada y constante en el tiempo.

<sup>3</sup> En honor al economista Paul Douglas y el matemático Charles Cobb. Quienes descubrieron que la fracción de capital  $\alpha$  alrededor de 0.3, ha permanecido constante a lo largo de cuatro décadas.

Por último, la economía satisface la ley de Walras. Esto es, que la sumatoria de los excedentes de todos los mercados es igual a cero. La demanda es igual a la oferta en todos y cada uno de los mercados.

Otros supuestos no menos importantes, nos ayudarán a simplificar aún más el desarrollo del modelo neoclásico de Solow-Swan en la siguiente sección.

Las familias y las firmas se aglutinan en un grupo de familias productoras que son dueñas de los insumos y de la forma en que se combinan estos para obtener productos. En esta economía hay dos tipos de insumo, el capital  $K(t)$  y el trabajo  $L(t)$ . La producción resultante está dada por:

$$Y(t) = F[K(t), L(t), t]$$

Aquí  $t$  refleja el cambio tecnológico, ya que si en dos puntos del tiempo se utilizan las mismas cantidades de insumos, los diferentes niveles de producción se explican por el cambio en el nivel tecnológico. Dicho cambio se mide por la llamada productividad total de los factores o como el mismo Solow lo llamó, el residuo de Solow. La siguiente ecuación muestra cuáles son los determinantes del crecimiento del producto:

$$\Delta Y/Y = \alpha \Delta K/K + (1-\alpha) \Delta L/L + \Delta A/A$$

donde  $\alpha$  es la productividad marginal del capital,  $1-\alpha$  la productividad marginal del trabajo,  $A$  es el cambio tecnológico exógeno o la tecnología y  $\Delta$  indica los cambios en las respectivas variables. Las variaciones del producto están determinados por las variaciones en el acervo de capital multiplicadas por la productividad marginal del capital más las variaciones en el acervo de fuerza de trabajo multiplicadas por la productividad marginal del trabajo más las variaciones en la tecnología.

La diferencia entre el crecimiento del producto explicado por el capital y el trabajo y el crecimiento del producto total es el residuo de Solow.<sup>9</sup>

Asumimos que el producto o ingreso que recibe cada unidad homogénea se consume o se destina al ahorro. Sea  $s$ , la fracción del ingreso que se ahorra y  $1-s$ , la parte que se consume.

La economía es cerrada. No tiene comercio con el exterior, por lo tanto, el producto es igual al ingreso y la inversión es igual al ahorro.

El capital se deprecia a una tasa constante y mayor a 0 ( $d > 0$ ).

Por último, asumimos una tecnología de producción en la cual, el producto resultante, es un bien homogéneo que puede ser consumido o invertido indistintamente

<sup>9</sup> Según datos del Departamento de Comercio y del Trabajo de E.U. y cálculos de Mankiw; el crecimiento promedio del producto para E.U. de 1950-1985 es de 3.2%. De éste, el 1.1% se explica por el capital, 0.9% por el trabajo y 1.2% por el aumento de la productividad total de los factores.



para crear nuevas unidades de capital. En la literatura del crecimiento económico se denomina a este bien como *masilla* o *ectoplasma*, para reflejar la fácil transmutación de bienes de capital a consumibles y viceversa (Véase, Barro y Sala -i- martin [1995]).

### 2.2.3.- Desarrollo del Modelo.

La oferta del producto de una economía está determinada por la función de producción. Ésta, a su vez, es función del acervo de capital y el trabajo, y toma la siguiente forma:

$$Y = F(K, L) \dots (2.15)$$

Esta función presenta características muy atractivas desde el punto de vista matemático, que facilita su inserción en el modelo. Además, debe cumplir con ciertas reglas para considerarse una función de producción neoclásica. Dichas reglas se le conocen como las condiciones de Inada, formuladas en 1963. Son tres las condiciones que se deben cumplir, a saber:

a) Para  $K > 0$  y  $L > 0$ , la función de producción  $F(\cdot)$ <sup>10</sup> exhibe productos marginales positivos y decrecientes con respecto a cada insumo. Matemáticamente

Productos marginales positivos

$$\frac{\partial F}{\partial K} > 0 \quad \frac{\partial F}{\partial L} > 0$$

Productos marginales decrecientes

$$\frac{\partial^2 F}{\partial K^2} < 0 \quad \frac{\partial^2 F}{\partial L^2} < 0$$

b) La función de producción  $F(\cdot)$  exhibe rendimientos constantes a escala.

$$F(\lambda K, \lambda L) = \lambda F(K, L) \text{ para todo } \lambda > 0$$

Esto significa que si multiplicamos cada uno de los insumos por una constante  $\lambda$ , la producción resultante estará también multiplicada por dicha constante (función homogénea de grado uno)<sup>11</sup>. Si duplicamos la cantidad de insumos obtendremos el doble de producción. En el caso de que obtuviéramos una cantidad de producto menor, estaríamos hablando de una función de producción con rendimientos decrecientes. En el caso contrario, si obtuviéramos un producto mayor, estaríamos hablando de una función de producción con rendimientos crecientes.

c) El producto marginal del capital o el trabajo tiende a infinito cuando el acervo de capital o de trabajo descienden a cero y tiende a cero el producto marginal de cualquier insumo, cuando los acervos de capital y/o trabajo ascienden a infinito. El acervo de capital

<sup>10</sup> Esta notación hace referencia a la función de producción tratada anteriormente.

<sup>11</sup> Supóngase la siguiente función cobb-douglas con  $A=1$ ,  $F(K, L) = K^\alpha L^{1-\alpha}$ , si se multiplican los insumos por una constante no negativa  $c$ , tenemos  $F(cK, cL) = (cK)^\alpha (cL)^{1-\alpha} = c^\alpha c^{1-\alpha} K^\alpha L^{1-\alpha} = cF(K, L)$

o trabajo están en relación inversa con la productividad marginal de los insumos. En otras palabras, si incrementamos el acervo de capital por ejemplo, en cantidades cada vez mayores, dicha productividad se irá reduciendo hasta llegar prácticamente a cero. La idea anterior se muestra en la siguiente figura.

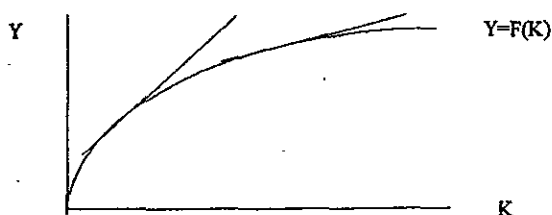


Figura 2.1

A medida que se incrementa la cantidad de capital, la aportación de la última unidad de capital al producto es cada vez menor. Esta aportación medida por la derivada, es menor en cuanto la derivada sea menor, es decir, la pendiente más acostada. Compárense las dos pendientes sobre la función de producción de la gráfica anterior (Véase, Barro y Sala-i-martin [1995]). La función de producción  $Y = F(K, L)$  puede ser simplificada poniéndose en su forma intensiva. Siguiendo la propiedad de rendimientos constantes a escala, multiplicamos ambos términos de la función por la constante  $1/L$  y obtenemos

$$Y/L = F(K/L, 1)$$

Si  $y = Y/L$  y  $k = K/L$  tenemos

$$y = f(k) \dots (2.16)$$

Que es la forma intensiva. Aquí, el producto por unidad de trabajo está sólo en función del acervo de capital por unidad de trabajo.

Partiendo de los supuestos vistos anteriormente, determinemos la ecuación del acervo de capital. La inversión neta es igual a la inversión bruta menos la depreciación, es decir, a la creación de bienes y servicios totales se le resta la cantidad destinada a reponer el capital consumido o deteriorado. También la tasa de ahorro, fijada exógenamente, determina el monto de la inversión, pues no hay que olvidar que el monto de ahorro es una parte del ingreso total. Con estos elementos podemos escribir lo siguiente

$$K = s^1 F(K, L, t) - \delta^1 K \dots (2.17)$$

Donde las variables con el superíndice 1, muestran la tasa de ahorro, la tasa de depreciación ( $\delta$ ) y crecimiento de la fuerza de trabajo en el nivel 1. Si dividimos ambos miembros entre  $L$ , tenemos

$$K/L = s^1 f(k) - \delta^1 k \dots (2.18)$$

como  $K/L$  no esta en unidades de trabajo, se puede expresar como

$$\dot{k} = d(K/L)/dt = K/L - n^1k \dots (2.19)$$

donde  $n = L/L$ . Si escribimos esta ecuación en la de arriba, obtenemos la denominada ecuación dinámica fundamental del acervo de capital.

$$\dot{k} = s^1f(k) - (n+\delta)^1k \dots (2.20)$$

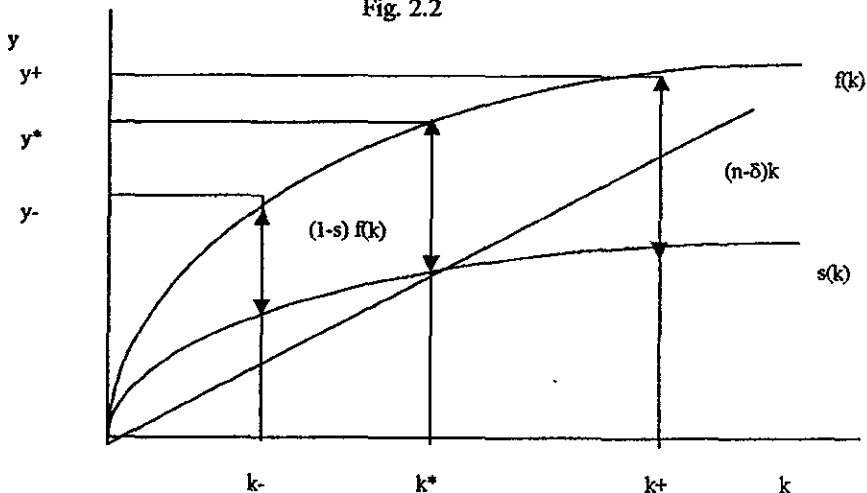
Aquí, el incremento del acervo de capital está relacionada con la función de producción  $f(k)$ , ponderado por  $s$ , la tasa de ahorro que actúa directamente sobre la inversión, y por  $\delta$  y  $n$ , que son la tasa de depreciación y la tasa de crecimiento poblacional, respectivamente. Estas inciden negativamente sobre la inversión y el acervo de capital en unidades de trabajo.

Para mostrar el comportamiento de los términos de las anteriores ecuaciones, observemos la figura 2.2. La curva  $(n+\delta)^1k$  es una línea recta que suma la pendiente de la tasa de depreciación y la tasa de crecimiento poblacional. Se mantiene constante a menos que se incremente o disminuya alguna o ambas tasas.

La curva  $f(k)$  es la función de producción con las características explicadas anteriormente. La curva  $s^1f(k)$  es la función de producción multiplicada por la tasa de ahorro. Como ésta es un valor entre 0 y 1, siempre será menor o igual a la función de producción.

La distancia que existe entre la función de producción y la curva de inversión es el consumo por unidad de trabajo  $(1-s)f(k)$ . El cambio en el acervo de capital está dado por la distancia entre la curva de inversión y la curva de depreciación. Esta figura nos es útil también para visualizar otras características importantes de este modelo.

Fig. 2.2



Ahora, analizaremos lo que Solow y Swan denominaron el estado estacionario (steady state), que es la situación en la cual varias cantidades crecen a la misma tasa. Aquí, las variables marcadas con el asterisco indican que estas están en estado estacionario. En la figura 2.2, el estado estacionario corresponde al nivel  $k^*$ , donde se iguala la curva de inversión y la curva de depreciación. Por lo tanto,  $k^*$  satisface la siguiente condición

$$s \cdot f(k^*) = (n + \delta) \cdot k^* \dots (2.21)$$

$k$  es constante en el estado estacionario. En este modelo, las variables  $k$ ,  $y$  y  $c$  no crecen sino más bien,  $K$ ,  $Y$  y  $C$  crecen a una tasa  $n$ . Si  $k = K/L$  es constante,  $L$  crece a una tasa  $n$ ,  $K$  debe crecer a la misma tasa  $n$  para mantener la constancia de  $k$ . Si  $y = Y/L$ ,  $L$  crece a la tasa  $n$ , por tanto  $Y$  debe crecer a la tasa  $n$  para mantener constante  $y$ . Esto nos lleva a una proposición muy importante dentro del modelo de Solow-Swan, que es la siguiente: la tasa proporcional de crecimiento es la tasa constante y exógena del crecimiento de la fuerza de trabajo.  $Y$  es totalmente independiente de la tasa de ahorro.

Otra idea muy importante de este modelo es la regla dorada de acumulación de capital. Dados ciertos valores para  $n$  y  $\delta$ , existe un único valor positivo  $k^*$  para cada valor de la tasa de ahorro  $s$ . El consumo per cápita en el estado estacionario está dado por la siguiente ecuación

$$c^* = (1 - s) \cdot f(k^*(s)) \dots (2.22)$$

Es decir, el consumo es el ingreso en el estado estacionario a la tasa de ahorro dada multiplicado por la propensión a consumir. De las ecuaciones 2.20 y 2.21, podemos escribir una ecuación para  $c^*$

$$c^*(s) = f(k^*(s)) - (n + \delta) \cdot k^*(s) \dots (2.23)$$

la ecuación 2.22 se puede expresar de la siguiente manera

$$c^*(s) = f(k^*(s)) - s \cdot f(k^*(s)) \dots (2.24)$$

ó

$$s \cdot f(k^*(s)) = (n + \delta) \cdot k^*(s) \dots (2.25)$$

La ecuación 2.24 relaciona  $c^*$  con  $s^*$ . Para pequeños valores en  $s^*$ , los valores para  $c^*$  se incrementan y para valores grandes de  $s^*$  decrecen los valores de  $c^*$ . Una idea gráfica de esta relación la da la figura 2.3.

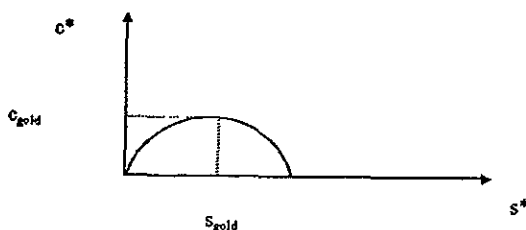


Fig. 2.3

Como se puede observar en la figura,  $c^*$  alcanza su máximo cuando su derivada

$$[f'(k^*) - (n + \delta)] \cdot dk^*/ds = 0$$

como  $dk^*/ds > 0$ , entonces el término en paréntesis será igual a cero. Cuando el ahorro  $s^*$  es un máximo,  $k_{gold}$  está determinado por

$$f'(k_{gold}) = n + \delta \dots (2.26)$$

Esta condición es conocida con el nombre de la regla dorada de la acumulación de capital. En sentido económico, esta regla nos dice que si se proporcionan montos de consumo iguales a los miembros de las generaciones presente y futura, entonces se esta asignando la cantidad máxima de consumo per cápita  $c_{gold}$ . (Véase, Barro y Sala -i- martin [1995]).

Ahora ilustremos el funcionamiento de la regla dorada para determinar la tasa de ahorro deseable. Supongamos tres tasas de ahorro,  $s_1 < s_{gold} < s_2$ . El consumo per cápita está determinado por la distancia vertical entre  $f(k)$  y la curva  $s \cdot f(k)$ . Anteriormente vimos, que  $s_{gold}$  proporciona la cantidad máxima de consumo. Dicha cantidad requiere que se satisfaga la condición expresada en la ecuación 2.26, es decir, que la pendiente de la función de producción sea igual a la pendiente de la curva de la tasa poblacional y de depreciación. En este punto, la curva  $s \cdot f(k)$  intersecta a la curva  $(n + \delta) \cdot k$ . La tasa de ahorro que satisface esta condición es  $s_{gold}$ , como se puede observar en la gráfica 2.4. Si la tasa de ahorro está dada al nivel  $s_2$ , la acumulación es menor que en  $k_{gold}$ , el consumo per cápita es menor que en  $s_{gold}$ . Esta situación está caracterizada por un sobreahorro donde el consumo per cápita puede ser incrementado reduciendo la tasa de ahorro. Dicha situación es dinámicamente ineficiente.

Por el contrario si  $s_1 < s_{gold}$ , el consumo per cápita puede ser incrementado por un aumento en la tasa de ahorro. Este aumento implica una reducción temporal del consumo, por lo que la deseabilidad de tal medida recae sobre la ponderación que hagan los consumidores respecto al consumo presente y futuro.

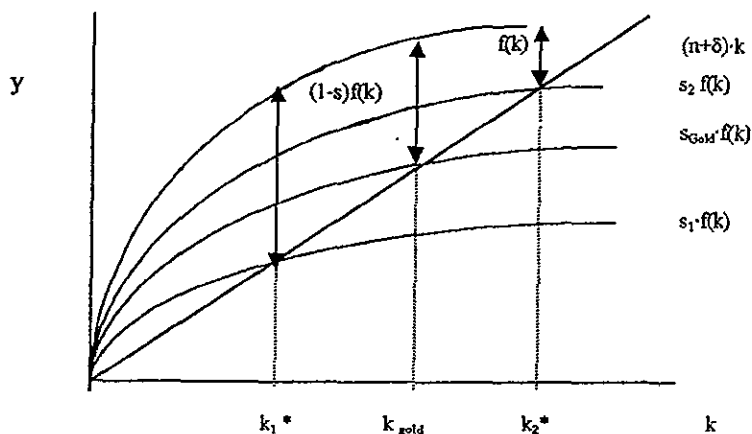


Figura 2.4

Del modelo desarrollado por Solow y Swan, se derivan una gran cantidad de implicaciones y cuestiones sin resolver que más tarde tratarían de ser resueltas. Los dilemas de este modelo son los que han propiciado que una gran cantidad de investigadores destinen tiempo y esfuerzo para la explicación de los determinantes del crecimiento económico.

A dicho modelo, se le han achacado dos implicaciones muy importantes. A saber:

a) el proceso de crecimiento es conducido por elementos exógenos, que dicha teoría no explica, tal es el caso del cambio tecnológico y crecimiento poblacional. A corto plazo, estos elementos se mantienen constantes, por tanto, en el capital recae la conducción del proceso de crecimiento.

b) dados los mecanismos de movilidad de capital y de que los países con bajos ingresos y dotación de capital deberían mostrar una fuerte tendencia a converger, ya que dichos países deben crecer a una tasa de capital/producto más alta que los países de altos ingresos.

La primera implicación es de carácter teórico, mientras que la segunda es más bien de índole empírico. En ambos casos, se entrará en mayor detalle analítico en capítulos subsiguientes, por ahora solo nos conformaremos con apuntar los destinos de las dos implicaciones.

El aspecto de la endogeneidad o exogeneidad del cambio tecnológico implica el papel que jueguen aquellos elementos que pueden contrarrestar los rendimientos decrecientes del capital. Existen diferentes maneras de incorporar estos elementos. Son dos las más viables desde el punto de vista teórico. Una es al modo de (Paul Romer, 1986), que *identificó los factores externos generados por las inversiones en investigación y desarrollo* (R &D por sus siglas en inglés) como la fuente principal de rendimientos crecientes de capital para la economía en su conjunto. Otro es el camino que tomaron David Romer, Mankiw y Weil, que consiste en la extensión del modelo neoclásico del crecimiento económico, desagregando el capital humano e incorporándolo a la función de producción.

En esta investigación, nos interesa analizar ambos caminos más detalladamente, por lo tanto, los abordaremos en el siguiente capítulo.

Del otro lado de la moneda, es decir, del lado teórico, se encuentra la cuestión empírica. A este respecto, la bibliografía no ha sido nada escasa y por demás debatible. Sin embargo, a pesar de la lucha ideológica enfrascada en el campo económico del crecimiento económico, existen acuerdos en común que la teoría neoclásica del crecimiento conlleva un poder explicativo insatisfactorio. En (Mankiw, Romer y Weil, 1992), los autores concluyen que si bien es cierto que los coeficientes para el ahorro y el crecimiento poblacional tienen los signos correctos, es decir, positivo para el ahorro y negativo para la población; no son correctas en su magnitud, debido a que el modelo predice que la razón del capital-producto es alrededor de un tercio y el estimador es 0.59, casi un sexto.

## 2.3 Modelo de Ramsey.

### 2.3.1 Introducción.

En las secciones anteriores, analizamos modelos de crecimiento económico con tasa de ahorro y cambio tecnológico exógeno. En lo que respecta a la tasa de ahorro, ésta, en un sentido más real, no es constante a largo plazo. Ramsey endogeniza dicha tasa, al ser determinada por la optimización de familias y firmas que interactúan en los mercados competitivos. Entonces, la tasa de ahorro es una función del acervo de capital per cápita,  $k$ .

En la siguiente sección se detallarán los supuestos básicos del modelo. En 2.3.3 se desarrollará dicho modelo, sólo en sus aspectos más importantes y para el fin que aquí perseguimos. Por último, se esbozan algunas conclusiones del modelo.

### 2.3.2 Supuestos básicos.

Las familias proporcionan servicios de trabajo a las firmas a cambio de salarios. Asimismo, reciben ingresos por concepto de interés sobre sus activos. Cada familia contiene uno o más adultos, estos toman en cuenta el bienestar y recursos de sus descendientes actuales o futuros. Modelamos esta interacción intergeneracional suponiendo que la generación presente maximiza su utilidad e incorpora una restricción presupuestal infinita sobre el tiempo. Los adultos actuales esperan que el tamaño de sus familias crezca a la tasa  $n$

debido a las influencias netas de la tasa de fertilidad y mortalidad. La migración se descarta, aunque es un proceso muy importante en la actualidad (Véase, Blanchard [1989]).

### 2.3.3 Desarrollo del modelo.

El tamaño de la familia al tiempo  $t$  está determinado por

$$L(t) = e^{nt}$$

cada familia optimiza su utilidad,  $U$

$$U = \int_0^{\infty} u[c(t)] \cdot e^{-\rho t} \cdot e^{-nt} dt \dots (2.27)$$

De la ecuación 2.27, la utilidad de la familia es la suma ponderada de los flujos futuros de utilidad  $u(c)$ . Esta función es llamada la función de felicidad, y relaciona los flujos de utilidad por persona con la cantidad de consumo por persona. El producto de  $u(c)$  por el tamaño de la familia, representa el aumento de útiles<sup>12</sup> para los miembros de la familia en el tiempo  $t$ . El otro factor que aparece en la ecuación 2.27 representa la tasa de preferencia en el tiempo  $\rho$ . Donde  $\rho > 0$ , significaría que se prefiere una unidad de consumo propio de los padres a una unidad de consumo de sus hijos. Es decir, que los útiles son más valiosos en el presente que en el futuro.

Por otro lado, las familias mantienen activos como acciones o préstamos. Ambas formas de activo son sustitutos perfectos como almacenes de valor. Por esta razón, deben pagar la misma tasa de rendimiento  $r(t)$ .

La restricción del flujo presupuestal para las familias es

$$a = w + ra - c - na$$

Donde  $a$  representa el monto de los activos por persona,  $w$  es la tasa salarial,  $ra$  es el ingreso por intereses de sus activos,  $c$  es el consumo per cápita y  $na$  es la tasa de crecimiento poblacional. Los activos por persona aumentan cuando  $w$  y  $ra$  se incrementan, y se reducen cuando  $c$  y  $na$ , aumentan.

Por su parte, las firmas producen bienes, pagan salarios por sus insumos de trabajo y realizan pagos de renta por el capital. También tienen acceso a una determinada tecnología de producción.

Sea  $R$  el precio de renta para una unidad de servicio de capital y supongamos que el acervo de capital se deprecia a una tasa constante  $\delta > 0$ . La tasa neta de rendimiento de una

<sup>12</sup> Los útiles son las unidades en que se mide la utilidad. Véase Análisis microeconómico de Hal Varian para una discusión más detallada.



familia que es dueña de una unidad de capital es  $R - \delta$ . Como el capital y los créditos son perfectamente sustitutos como reservas de valor, tenemos  $r = R - \delta$ .

El flujo de beneficios de la firma representativa en cualquier punto del tiempo está dado por

$$\text{Beneficios} = F(K,L) - (r-\delta)K - wL$$

Aquí, los beneficios de la firma están determinados por la escala de producción, menos los pagos por rentas al capital menos los salarios a los trabajadores.

Una firma competitiva, maximiza su beneficio satisfaciendo la siguiente igualdad

$$f'(k) = r + \delta$$

Es decir, que la firma escoge una razón de capital a trabajo efectivo para igualar el producto marginal del capital al precio de renta. Si los beneficios son positivos, la firma mantiene e incluso aumenta su escala de producción para alcanzar mayores beneficios. Si los beneficios son negativos la firma contrae su escala de producción a cero. Por lo tanto, para el equilibrio completo del mercado,  $w$  debe ser tal que los beneficios sean cero. Es decir, que  $w$  tiene que ser igual al producto marginal del trabajo (Véase, Barro y Sala-i-martin [1995]).

Combinando tanto la conducta de la familia como la de la firma, llegamos a un par de ecuaciones diferenciales que determinan tanto a  $c$  como a  $k$  bajo el marco de un equilibrio competitivo de los mercados.

#### 2.3.4 Conclusiones del modelo de Ramsey.

Respecto a la tasa de ahorro, ésta sigue una trayectoria complicada que incluye segmentos crecientes y decrecientes conforme la economía se desarrolla y se aproxima al estado estacionario. Involucra los efectos compensatorios de los efectos sustitución e ingreso. El efecto sustitución se manifiesta cuando la economía crece. El acervo de capital de igual manera se incrementa y reduce la tasa de ahorro. Por otro lado, el efecto ingreso consiste en que cuando la economía crece, el consumo como proporción del ingreso total comienza a caer, por tanto la tasa de ahorro aumenta. La conducta de transición depende de cual efecto es más importante.

La tasa de ahorro constante del modelo de Solow-Swan es sólo un caso particular dentro del marco de Ramsey. Aquella, es elegida arbitrariamente y genera resultados *dinámicamente ineficientes*, sin embargo, la constancia de la tasa de ahorro en el modelo de Ramsey no puede ser *dinámicamente ineficiente*.

La dinámica de transición del modelo de Ramsey con coeficiente convencional para la razón de capital-producto  $\alpha$  igual a 0.3, no proporciona una buena aproximación a los aspectos del desarrollo económico. Para una economía que comienza por debajo de su

posición en estado estacionario, las predicciones incluyen un excesiva velocidad de convergencia, altas tasas de interés y crecimiento. Una mejor aproximación, e incluso, la eliminación de algunos de estos inconvenientes, es suponiendo un mayor coeficiente cercano a 0.75. Con dichos valores se generan predicciones de acuerdo con la experiencia del crecimiento.

## 2.4 Modelos de crecimiento endógeno.

### 2.4.1 Introducción.

El letargo de la economía del crecimiento que duró al menos dos décadas, fue interrumpido por la aparición de dos artículos, que encarnan las intentos por endogenizar<sup>13</sup> el cambio tecnológico. El primero de ellos, apareció en 1986. Su autor, Paul Romer. El segundo, elaborado por Robert Lucas, se publicó en 1988. Ambos siguen caminos diferentes para analizar el cambio tecnológico endógeno. Una vez descubiertas estas intuiciones, un número cada vez mayor de investigaciones teóricas y empíricas fueron realizadas para diversos escenarios tanto espaciales como temporales. Este nuevo campo de explotación teórica, invito a contender a las más variadas escuelas del pensamiento económico. Sin embargo, las bases de estos nuevos desarrollos están fincados sobre los estudios de Marshall, Schumpeter y Arrow, entre otros; hace ya algunos años.

En esta penúltima sección, se describirán los principales enfoques que han abordado para endogenizar el cambio tecnológico en el proceso de crecimiento económico.

Muchos autores reconocen cinco tipos de modelos que endogenizan de una u otra manera el cambio tecnológico. En Sala-i-Martin (1996), el autor señala los siguientes cinco:

#### 1.- El modelo AK.

En este tipo de modelo, que fue analizado por primera vez por Von Neuman, posteriormente por Sachs y Cohen, y recientemente por Rebelo; se introduce una función de producción lineal en el único factor de producción, el capital. Por esta razón, dicha función posee de manera simultánea tanto rendimientos constantes a escala como constantes del capital.

En este modelo, comunmente, se conjuntan el capital físico y el capital humano bajo la condición de que en todo momento sean iguales las dos tasas de rendimiento, tanto del capital físico como del humano.

En lo que respecta a la hipótesis de convergencia, ésta no es explicada por el modelo, ya sea en su versión absoluta o condicional. Debido a que la tasa de crecimiento no está relacionada con el nivel de ingreso ni con el nivel de ingreso inicial.

<sup>13</sup> El concepto endógeno se refiere a que el cambio tecnológico es resultado de fuerzas internas dentro del sistema económico y no por fuerzas impuestas desde afuera del sistema.

## 2.- El modelo de gasto público.

Desarrollado principalmente por Barro, introduce en la función de producción dos factores productivos. Uno, de carácter privado  $k$  y otro público  $g$ . Dicha función cuenta con rendimientos constantes a escala y decrecientes en cada uno de los factores. En este modelo, el ahorro por parte de las familias sigue dos caminos que llevan a una doble acumulación. En primer lugar, el ahorro familiar se destina a la compra de una unidad de capital, aumentando la riqueza en una cantidad determinada por la productividad marginal del capital. En segundo lugar, el aumento en la riqueza, por medio del sistema impositivo, se transforma en un aumento del ingreso público, destinado al aumento de  $g$ . Ambos  $k$  y  $g$ , crecen al mismo ritmo.

## 3.- El aprendizaje por la práctica y las derramas del conocimiento.

Este tipo de modelo combina el aprendizaje por la práctica que, Arrow vinculaba con la experiencia diaria y nueva maquinaria, de forma que estas modificarán el ambiente de trabajo proporcionando nuevos estímulos para el aprendizaje. Por otra parte, combina los derrames del conocimiento resultado del carácter público del conocimiento. Que una vez creado, es objeto de apropiación por parte de los agentes económicos.

En este modelo, los efectos de escala tienen un papel muy importante. Se refieren a que la tasa de crecimiento depende del aumento de la fuerza de trabajo y en última instancia de la población. En Jones (1995), el autor postula que los efectos de escala resultan del nivel de recursos destinados a R&D. El nivel de recursos está determinado, como una primera aproximación, por el número de científicos dentro de la R&D; como segunda aproximación, la razón de trabajo destinado a la R&D. En ambos casos, dice, los resultados no se ajustan a los datos históricos. Cita un ejemplo, el número de científicos e ingenieros enrolados en la R&D en 1950 fue de 200000, y cerca de 1 millón en 1987. Pero las tasas de crecimiento per cápita en Estados Unidos no se quintuplicaron.

En lo que respecta al modelo de aprendizaje por la práctica, Arrow demuestra que la productividad en la producción de aviones se incrementa al aumentar el número de aviones producido. Otra fuente de investigación, llegó a la conclusión de que a mayor número de unidades producidas, en este caso barcos, se reducía la cantidad de trabajo necesario para su producción. Sin embargo, tal verificación para los modelos con derramas de conocimiento, no existe. O como en el caso de los resultados de Caballero y Lyons; el valor de las externalidades de conocimiento son positivos pero no con la magnitud suficientemente grande para generar crecimiento endógeno.

## 4.- Modelos con acumulación de capital humano.

A diferencia del modelo AK, aquí, el capital humano tiene un tratamiento especial y diferente al capital físico. La función de producción para el capital físico es distinta de la del capital humano. El proceso de educación es más intensivo en capital humano y con un mínimo de instalaciones de capital físico. Para la acumulación de capital humano se

requiere de un esfuerzo propio, mientras que la acumulación de capital físico se vale de la compra, cambio, etcétera; más no del esfuerzo propio.

Robert Lucas, apoyado en los trabajos de Uzawa, formuló un modelo de crecimiento endógeno con dos sectores. Un sector produce bienes finales mediante la combinación de capital físico y humano. Otro sector, produce y acumula capital humano a partir de capital humano y físico.

#### 5.- Modelos con expansión del número de productos.

Este tipo de modelos se han tratado desde dos enfoques. El primero considera que el cambio tecnológico toma la forma de un aumento en el número de productos disponibles como factores productivos. La existencia de empresas de R&D que desean descubrir siempre nuevos productos implicaría que existieran rendimientos no decrecientes en el número de bienes de capital. El modelo en tales condiciones es capaz de generar un crecimiento económico sostenido.

El segundo enfoque, plantea que el cambio tecnológico toma la forma de un aumento de la calidad de un número limitado de productos. Este enfoque, comúnmente llamado "escaleras de calidad" (quality ladder) se fundamenta en la destrucción creativa de Schumpeter. Este proceso se desarrolla cuando una empresa supera la calidad de un producto (creación), hace que la generación anterior sea obsoleta (destrucción). Las empresas que logran mejorar la calidad de algún producto se apoderan del mercado de ese tipo de producto. Dichas empresas comienzan una carrera tecnológica mediante las inversiones en R&D con otras empresas. Unas serán líderes, otras seguidoras.

Cada uno de los anteriores modelos de crecimiento endógeno, asumen un camino diferente para la endogenización del cambio tecnológico. Sin embargo, un camino más intuitivo para percatarse del papel del capital humano dentro del proceso de crecimiento económico, fue tomado por David Romer, Mankiw y Weil. Éstos, introdujeron a la función de producción neoclásica el capital humano.

En esta investigación, nos limitaremos a los modelos propuestos por Paul Romer y David Romer, Mankiw y Weil en sus trabajos de 1990 y 1992, respectivamente. Ambos serán analizados con mayores detalles en el siguiente capítulo.

### CAPITULO 3.- CAPITAL HUMANO Y CRECIMIENTO EN LA ECONOMIA.

En este capítulo, analizaremos con cierto detalle en la primera sección, el modelo propuesto por Paul Romer en su artículo de 1990. Un modelo de crecimiento endógeno basado en R&D. Posteriormente analizaremos, de igual manera, el modelo propuesto por David Romer, Mankiw y Weil en 1992, que incorpora el capital humano de manera explícita en la función de producción. En la última sección de este apartado, se realizará un análisis econométrico para la economía mexicana, tomando en cuenta ambos planteamientos teóricos. Dicho sea de paso, que algunos aspectos de ambos modelos, en virtud de sus dificultades, o no se expondrán o se hará de una forma superficial.

#### 3.1 El modelo de Paul Romer.

El modelo planteado por el autor en su artículo de 1990, implica competencia imperfecta, por tal razón, no pueden ser asumidos los supuestos convencionales de la conducta tomadora de precios (price-taking) excepto en uno de los tres sectores del modelo. Antes de abordar el modelo, es importante mencionar y analizar las características de los bienes que son tratados en dicho modelo. Dichas características son estudiadas en la primera sección.

##### 3.1.1 Rivalidad, exclusión y no convexidades.

Todos los bienes económicos, producidos por el hombre o por la naturaleza, tienen dos características fundamentales: su grado de rivalidad y su grado de exclusión. El primero se refiere al hecho de que un bien utilizado por una persona imposibilita su uso por otro individuo. La segunda característica se refiere al hecho de que el vendedor de un bien puede impedir su uso por otras personas mediante el mecanismo de derechos de propiedad (copyright), (Véase, Romer [1990] y Gifford [1978]).

Si un bien económico posee ambas características, se trata de un bien privado. Si por el contrario, no posee ninguna de las dos características, se trata de un bien público. En el cuadro No. 1, se presentan varios bienes y servicios ordenados de acuerdo a sus características de bien público o privado y su grado de exclusión.

	Con exclusión	Con exclusión	Sin exclusión
	total	Parcial	
Bien público	Películas por tv	Teorema mat.	Defensa
Bien privado	Automóvil	Est. comercial	Est. residencial

Cuadro No. 1 Comparación de los bienes según su origen y sus características económicas.

Los bienes tanto privados como públicos presentan tres grados de exclusión; total, parcial y nula exclusión. Un bien público con exclusión total es aquél bien no rival que no es susceptible de ser aprovechado por terceras personas, pues está protegido por derechos de propiedad. Un bien público con exclusión parcial, aquí, se representa por un teorema matemático, proceso industrial; donde no se puede aplicar enteramente los derechos de

propiedad. Un bien público sin exclusión se ejemplifica con el papel de la defensa nacional. Un bien privado con exclusión total es aquél bien rival que por el precio que se paga excluye. Un bien privado con exclusión parcial ejemplificado con un estacionamiento comercial, es un bien rival pero no implica excluir a los demás usuarios de un determinado lugar. Por último, un bien privado sin exclusión representado por un estacionamiento residencial, implica un bien rival, que aunque se sitúa enfrente de la residencia, no excluye la posibilidad de uso por parte de otra persona. Del cuadro, nos interesa el ejemplo del teorema matemático. Este es un ejemplo de conocimiento generado en las empresas privadas mediante el proceso de R&D. Una vez que este conocimiento es creado, copiado e innovado por las demás empresas, pasa a ser un bien público. Vale la pena diferenciar aquí, el conocimiento creado y que es susceptible de ser de carácter público y la habilidad para crear que es inherente al capital humano, teniendo las características de rivalidad y exclusión

La no rivalidad tiene dos implicaciones para la teoría del crecimiento económico. La primera es que los bienes no rivales pueden acumularse sin límites. Es decir, las ideas y leyes creadas por una persona se perpetúan y acumulan a través del tiempo a pesar de la no existencia de su creador. En segundo lugar, el conocimiento como bien no rival posee una incompleta exclusión..

Éstas, desembocan en otra implicación un tanto implícita que se refiere a las no convexidades (concavidades). Para una mejor idea de este aspecto, citamos el ejemplo del artículo de Paul Romer. Supóngase que una firma invierte 10 000 horas de tiempo en el proceso ingenieril para producir un nuevo diseño de disco duro de 20 Mb. de capacidad. La empresa puede producir una cantidad total al año de 100 000 discos duros, con el empleo de una fábrica y 100 empleados. Si ésta duplica sus insumos (dos fábricas y 200 empleados) también duplicará su producción a 200 000 unidades de disco duro. Esto en el caso de que el insumo no rival (tiempo en el proceso ingenieril) no tuviera valor productivo. Ahora, supongamos que la misma firma ha invertido 20 000 horas de tiempo en el proceso ingenieril produciendo un diseño de disco duro de 30 Mb. Duplicando sus demás insumos (dos fábricas y 200 empleados) obtiene una producción de 300 000 unidades de disco duro, tres veces mayor que la original. Este resultado se obtiene atribuyéndole al insumo no rival valor productivo (Véase, Romer [1990]).

El primer caso implicaría una función de producción de la siguiente forma

$$F(A, \lambda X) = \lambda F(A, X)$$

Donde A es el insumo no rival sin valor productivo, X es una lista de insumos productivos ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ). Esta función nos dice que si multiplicamos los insumos productivos por una constante, en este caso  $\lambda$ , el producto resultante también se verá incrementado en la misma cantidad  $\lambda$ . Aquí, el valor de A permanece constante.

Por las características neoclásicas, los insumos son pagados por el valor de sus productos marginales, de este modo

$$F(A, X) = X \cdot \delta F / \delta X (A, X)$$

Es decir, la empresa maximiza su beneficio igualando sus costos marginales con sus ingresos marginales.

En el segundo caso, la función de producción tomaría la siguiente forma

$$F(\lambda A, \lambda X) > \lambda F(A, X)$$

Donde la multiplicación de ambos insumos por una constante  $\lambda$ , es mayor que el resultado del producto por dicha constante. De aquí que esta función contenga rendimientos crecientes a escala. Así

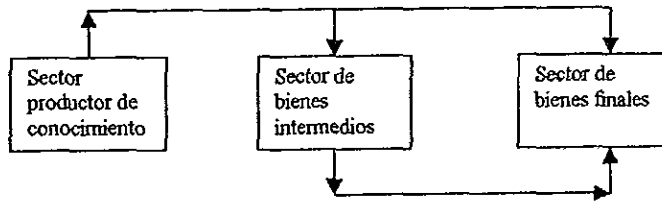
$$F(A, X) < A \cdot \delta F / \delta A (A, X) + X \cdot \delta F / \delta X (A, X)$$

en este caso, si la empresa paga los insumos por sus productos marginales, la empresa incurre en pérdidas. Ciertamente, este resultado conlleva ciertas dificultades, que han sido tratadas de diferentes maneras en modelos de crecimiento previos. El modo en que Romer evita tales dificultades es el siguiente. Plantea, apoyándose en Schumpeter, la introducción del poder de mercado. Qué aunado a la libre entrada a la industria y a un gran número de firmas, forma un marco utilizado en muchos modelos de crecimiento. El autor, en este modelo, muestra que el factor importante de escala no es la población sino el capital humano.

### 3.1.2 Desarrollo del modelo.

En este modelo, la función de producción está compuesta por cuatro insumos, a saber: capital, medido en unidades de bienes de consumo; trabajo  $L$ , medido por el número de trabajadores; capital humano  $H$ , medido por el componente rival de conocimiento que se traduce en la cantidad de personas destinadas a la creación de conocimiento; y por último, un índice del nivel de tecnología  $A$ , medido por el componente tecnológico no rival del conocimiento. Este corresponde al número de diseños para un nuevo bien.

El modelo de la economía está compuesto por tres sectores. El sector de investigación, que insume capital humano y el acervo de conocimiento existente para producir nuevo conocimiento. Un sector de bienes intermedios, que usa los diseños creados en el primer sector junto con la producción de este sector para producir los bienes que se insumirán en el tercer sector. El sector de bienes finales utiliza trabajo, capital humano y la producción del sector dos para producir el producto final de la economía, que puede ser consumida o ahorrada como nuevo capital. Para una mejor visión de los flujos de insumos y productos entre los tres sectores, el cuadro 2 los presenta en una forma más esquemática.



Cuadro No. 2 Flujos de insumos y productos entre sectores en el modelo de Romer.

Es importante mencionar tres supuestos, que si bien no afectan los resultados del modelo son de gran ayuda para simplificar las complicaciones que puedan surgir si no se tomarán en cuenta éstos. El primero de ellos se refiere a que tanto la población como la oferta de trabajo son constantes. De igual manera, el capital humano y su oferta en el mercado son también fijas. El hecho de que los cambios en  $L$  y  $H$  no sean tomadas en cuenta en este modelo, no implica que estos no sean importantes. Al contrario, estos elementos son de primordial importancia en análisis más complicados.

La producción final es una función del trabajo físico  $L$ , del capital humano destinado a la producción final  $H_y$  y del capital físico. Sin embargo, la característica distintiva de este planteamiento es el número infinito de distintos tipos de insumos duraderos (durables) que se añade a los elementos anteriores  $x(i)$ . En un momento dado, sólo estarán disponibles los insumos duraderos para el productor (producir durables) que hayan sido inventados hasta ese tiempo. Dado que  $A$  cambia en proporción directa a la cantidad de diseños inventados, la función de producción debe contener todas las listas de insumos imaginables. La función de producción, por lo tanto, toma la forma de una función Cobb-Douglas extendida como la siguiente

$$Y(H_y, L, x) = H_y^\alpha L^\beta \int_0^{\infty} x(i)^{1-\alpha-\beta} di$$

Esta ecuación expresa la producción final como una función aditivamente separable de todos los diferentes tipos de capital. Es decir, que las productividades marginales de dos diferentes bienes de capital no son iguales, no son sustitutos perfectos.

La ecuación anterior es homogénea de grado uno, por tanto, puede reflejar la conducta de una firma agregada tomadora de precios en el sector que produce el producto final. El sector que produce insumos duraderos para el productor no puede ser descrita por una firma representativa. Cada firma  $i$  produce un diseño  $i$ . Cada diseño para el insumo  $i$  puede obtener una patente de por vida. Si la firma produce  $x(i)$  unidades del insumo duradero, la firma obtendrá un precio de renta de  $p(i)$  por unidad de insumo que rente a las firmas del producto final. Cada firma  $i$  se enfrentará a una curva de demanda de pendiente



negativa. Los insumos no se deprecian y su valor está determinado por el valor presente descontado del flujo infinito de rentas que este genere.

La acumulación de capital está dada por la siguiente ecuación

$$K(t) = Y(t) - C(t) \dots (3.28)$$

Donde  $K(t)$  es la evolución del capital con respecto al tiempo,  $Y(t)$  es la producción final con respecto al tiempo y  $C(t)$  el consumo total en relación al tiempo. Como  $H$  y  $L$  permanecen fijos, el crecimiento de  $K$  está determinado por

$$K = \eta \sum_{i=1}^{\infty} x_i = \eta \sum_{i=1}^M x_i$$

Donde  $\eta$  representa las unidades de consumo pasado requeridas para crear una unidad de cualquier tipo de capital y  $x_i$  es la cantidad de diseños disponibles desde la empresa  $i$  hasta el total de diseños en la economía. Por su parte, el proceso de acumulación de nuevos diseños  $A(t)$ , depende tanto de la cantidad de capital humano destinado a la investigación como del acervo de conocimientos disponibles para nuevas investigaciones. Dicho acervo de conocimientos tratado como una variable discreta (toma valores enteros) implica ciertas restricciones. Por ejemplo, que sólo se puedan rentar o crear lotes de diseños. Para evitar tal dificultad, la variable  $x$ , que es la lista de diseños, será de carácter continuo.

La producción de nuevo conocimiento para la empresa  $j$  queda determinada por la cantidad de capital humano  $H_j$  y a la disponibilidad de una porción de  $A_j$  del acervo total de conocimientos. La tasa de producción de nuevos diseños por el investigador  $j$  será

$$\chi H_j A_j \dots (3.29)$$

Donde  $\chi$  es un parámetro de productividad. En razón de que el conocimiento es un bien no rival, todos los investigadores tienen la misma oportunidad de tomar ventaja de dicho acervo en un momento dado. Por lo tanto, la tasa de producción de nuevos diseños ( $A$ ) queda determinada por

$$\chi H_j A \dots (3.30)$$

si sumamos todo el capital humano de las empresas, la ecuación 3.30 será

$$A = \chi H_A A \dots (3.31)$$

Donde  $H_A$  es el capital humano total empleado en la investigación. Esta última ecuación nos servirá como especificación empírica del modelo de Paul Romer y que utilizaremos en el siguiente subcapítulo.

De aquí, se desprenden dos supuestos sustanciales y dos supuestos funcionales. En lo que respecta a los primeros, podemos decir que entre mayor sea la cantidad de capital

humano destinado al sector investigador la tasa de producción de nuevos diseños es mayor. De forma similar, si es mayor el acervo de diseños y conocimientos, la productividad de una unidad de capital humano será mayor.

Los dos supuestos funcionales se refieren a la linealidad tanto de  $H_A$  como de  $A$  respecto a la producción de nuevos diseños, cuando alguna se mantiene constante. Sin embargo, la linealidad en  $A$  reviste una mayor importancia al modelo aquí planteado. El conocimiento entra en la producción de dos maneras. Una, cuando un nuevo diseño permite la producción de un nuevo bien. Otra, cuando este nuevo diseño se agrega e incrementa el acervo de conocimiento y por tanto aumenta la productividad del capital humano en el sector de investigación. El propietario de un diseño tiene los derechos reservados sobre su uso en la producción de un nuevo bien pero no sobre su uso en la investigación. A este respecto, supóngase que un inventor tiene un diseño patentado sobre un modelo 1, nadie puede vender este modelo sin la autorización del inventor. Pero, otro inventor que utilice el modelo 1 para desarrollar un modelo 2, no puede ser detenido por el inventor del modelo 1. Es decir, que los diseños como insumos son no rivales y parcialmente excluibles, así como proporcionados privadamente. Por ejemplo, las empresas IBM y Compaq. IBM la empresa innovadora de vanguardia crea un determinado modelo, mientras que Compaq se encarga de imitar en un principio y posteriormente innovar el modelo de IBM.

El acervo total de capital humano  $H$  se destina tanto al sector de producción final como al sector de investigación. Por lo tanto

$$H = H_Y + H_A \dots (3.32)$$

Sea  $P_A$  el precio del nuevo diseño y  $w_H$  la tasa de renta por unidad de capital humano. Estos se relacionan de la forma siguiente

$$w_H = P_A \chi_A \dots (3.33)$$

Una vez que el diseño haya sido producido, un gran número de empresas pelearán por los derechos del nuevo diseño cuyo precio es  $P_A$ . La firma representativa tomará tanto el precio anterior como la cantidad  $x(i)$  para maximizar sus beneficios. Debido a que dicha firma funciona con rendimientos constantes a escala, la demanda de insumos sólo queda definida para una escala de operación que satisfaga su condición de maximización.

Dados los valores para  $H_Y$  y  $L$ , es posible derivar la demanda agregada para los durables. De la siguiente ecuación

$$\max \int_0^{\infty} [H_T^\alpha L^\beta x(i)^{1-\alpha-\beta} - p(i)x(i)] di \dots (3.34)$$

Donde el primer término después del signo de la integral es la función de producción, condicionada o restringida por una función de costos representada por el segundo término. Diferenciando con respecto a  $x(i)$  y acomodando los términos, obtenemos

$$p(x) = (1-\alpha-\beta) H_y^\alpha L^\beta x^{1-\alpha-\beta} \dots (3.35)$$

La curva de demanda resultante sirve para establecer el precio que maximice los beneficios. Si la firma ha incurrido en los gastos de inversión en costos fijos para la creación de un diseño escogerá un nivel de producto  $x$  que maximice los ingresos menos los costos variables. Por tanto

$$\begin{aligned} \pi &= \max p(x)x - r\eta x \\ &= \max (1-\alpha-\beta) H_y^\alpha L^\beta x^{1-\alpha-\beta} - r\eta x \dots (3.36) \end{aligned}$$

El flujo de ingresos por renta  $\pi$  es  $p(x)$  multiplicado por  $x$  menos el costo de interés sobre las  $\eta \cdot x$  unidades de producto requeridas para producir  $x$  durables. La última ecuación presenta un precio de monopolio, que es un simple precio fijado por encima del costo marginal, por la elasticidad de la demanda  $p = r\eta(1-\alpha-\beta)$ . El flujo de beneficios monopólicos está dado por

$$\pi = (\alpha+\beta) px \dots (3.37)$$

Donde  $x$  es la cantidad en la curva de demanda de la ecuación 3.35 al precio  $p$ .

La firma para producir un nuevo diseño comparará el flujo descontado de ingresos netos con el costo  $P_A$  de la inversión inicial en el diseño. Esta idea se expresa de manera algebraica en la siguiente ecuación

$$\pi(t) = r(t)P_A \dots (3.38)$$

la cual nos indica que en cualquier punto del tiempo, el exceso de ingresos sobre los costos marginales cubran los costos de interés de la inversión inicial del diseño (Véase, Romer [1990]).

### 3.1.4 Conclusiones.

El modelo aquí expuesto, endogeniza el cambio tecnológico extendiendo el modelo neoclásico de modo que permita la introducción del capital humano y una lista de insumos utilizados por los tres sectores de la economía. De este modelo y sus propiedades, pueden desprenderse las conclusiones siguientes. Primero, que la tasa de interés tiene un papel preponderante. Dicha tasa condiciona el cambio tecnológico, al estar determinado, este último, por los flujos descontados de beneficio. Es decir, que la tasa de cambio tecnológico está en función de la tasa de interés.

Segundo, un mayor acervo total de capital humano implica un mayor crecimiento. Esta implicación podría dar una explicación acertada tanto a las aceleradas tasas de crecimiento del ingreso per cápita en el siglo XX de las economías desarrolladas como al disminuido crecimiento de las economías en desarrollo con grandes poblaciones.

Así mismo, este modelo sugiere dos aspectos importantes de los que podrían beneficiarse las economías en desarrollo. Uno se refiere a la divergencia o brecha entre los rendimientos privados y públicos de los proyectos de investigación y una política que subsidie la acumulación de capital humano, a fin de cerrar dicha brecha. El otro aspecto consiste en que la integración económica incrementa la tasa de crecimiento. Dicha integración se justifica sólo en la esfera de la población destinada a la investigación, es decir, entre economías con grandes acervos de capital humano. Sólo en la medida que las economías en desarrollo capaciten y eduquen a su fuerza de trabajo transformándola en capital humano, éstas se podrán integrar con otras economías, y de esta manera sacar provecho de las bondades que predice este modelo, una mayor tasa de cambio tecnológico y por ende, de crecimiento económico.

### 3.2 El modelo RMW.

En esta sección analizaremos el modelo de Romer, Mankiw y Weil. Dicho planteamiento resalta el papel del capital humano en el proceso de crecimiento económico de una manera simple. Los autores parten para su análisis del esquema neoclásico, es decir, utilizan el modelo de base de Solow.

El modelo implica rendimientos constantes a escala. En otras palabras, la suma de los exponentes (los aportes de las variables al producto) son igual a 1. Aunque, dicho planteamiento es una aproximación simple a la explicación de la dinámica del capital humano dentro del crecimiento económico, es importante en el sentido de que permite observar con mayor intuición el vínculo entre las variables anteriores.

En primera instancia, en el punto 3.2.1 se expondrán los principales supuestos de este modelo. En el siguiente punto se desarrollará el modelo a fin de llegar a una forma útil que nos permita la contrastación empírica. Por último, el punto 3.2.3 presenta las conclusiones de este modelo.

#### 3.2.1 Supuestos del modelo.

Como se mencionó anteriormente, el modelo se fundamenta en principios neoclásicos, por lo tanto, asume una función de producción Cobb-Douglas de rendimientos constantes y rendimientos decrecientes en los factores productivos, de la siguiente forma

$$Y(t) = K(t)^\alpha H(t)^\beta (A(t)L(t))^{1-\alpha-\beta} \dots (3.39)$$

Donde H es el acervo de capital humano, K el acervo de capital físico y L afectado por A (la tecnología) es el trabajo efectivo.

Suponemos también que la función de producción para el capital físico, el capital humano y el consumo son iguales. Esto posibilita la fácil transformación de bienes de consumo en capital físico o humano y, viceversa.

Tanto el capital físico como humano se deprecian a la misma tasa.

Las tasas de crecimiento de las variables implicadas están determinadas de la siguiente manera:

$$\dot{K}(t) = s_k \cdot Y(t)$$

$$\dot{L}(t) = n \cdot L(t)$$

$$\dot{A}(t) = g \cdot A(t)$$

$$\dot{H}(t) = s_h \cdot Y(t)$$

Donde,  $s_k$  es la fracción del producto que se acumula como capital físico y  $s_h$  es la fracción del producto que se acumula como capital humano.

### 3.2.2 Desarrollo del modelo.

En el modelo de Solow, sólo se consideró la dinámica para el capital físico. Ahora, se tomarán en cuenta las dinámicas del capital físico y humano. Sea  $k = K/AL$ ,  $h = H/AL$  y  $y = Y/AL$ , la función de producción toma la siguiente forma

$$Y(t) = k(t)^\alpha h(t)^\beta$$

La ecuación dinámica del capital físico, dado que  $k = K/AL$ , se obtiene partir de la regla de la cadena. En otras palabras,  $k$  está en función de  $A$  y  $L$ , por tanto debe derivarse con respecto a ambas variables estando estas últimas en función del tiempo.

De lo anterior, tenemos

$$\dot{K}(t) = \dot{K}(t)/A(t)L(t) - K(t) \dot{L}(t)/A(t)L(t) L(t) - K(t) \dot{A}(t)/A(t)L(t)A(t)$$

El primer término de la izquierda equivale a la acumulación neta de capital, el segundo término representa la tasa de crecimiento poblacional multiplicado por el capital por unidad de trabajo efectivo y el tercero indica el cambio tecnológico por el capital por unidad de trabajo efectivo.

Dado que  $L/L$  es  $n$  y  $A/A$  es  $g$  y  $K(t) = sY(t) - \delta K(t)$ , entonces

$$\dot{K}(t) = s \cdot Y(t) - \delta K(t)/A(t)L(t) - k(t) \cdot n - k(t) \cdot g$$

Reacomodando términos

$$\dot{k}(t) = s \cdot Y(t)/A(t)L(t) - \delta \cdot k(t) - n \cdot k(t) - g \cdot k(t)$$

Por último

$$\dot{k}(t) = s \cdot f(k(t)) - (n + g) \cdot k(t)$$

Tomando la función de producción en términos del capital físico y humano, la ecuación anterior toma la siguiente forma

$$\dot{k}(t) = s_k k(t)^\alpha h(t)^\beta - (n + g) \cdot k(t) \dots (3.40)$$

Cuando  $k$  es igual a cero

$$s_k k^\alpha h^\beta = (n + g) \cdot k$$

La primera derivada de  $k$  con respecto a  $h$  es positiva y la segunda es negativa, lo que implica que la curva sea creciente con rendimientos decrecientes.

Este mismo procedimiento se utiliza para obtener la ecuación dinámica del capital humano

$$\dot{H}(t) = \dot{H}(t)/A(t)L(t) - H(t) \dot{L}(t)/A(t)L(t) - H(t) \dot{A}(t)/A(t)L(t)A(t)$$

$$\dot{h}(t) = s \cdot Y(t)/A(t)L(t) - \delta h(t) - nh(t) - gh(t)$$

$$\dot{h}(t) = s_h k(t)^\alpha h(t)^\beta - (n + g) \cdot h(t) \dots (3.41)$$

cuando  $h$  es igual a cero, tenemos

$$s_h k^\alpha h^\beta = (n + g) \cdot h$$

La primera y segunda derivada de  $h$  con respecto a  $k$  son positivas, que implican una función creciente con rendimientos crecientes. Para una mejor comprensión, las dinámicas de  $k$  y  $h$  se grafican en la figura. En esta gráfica se pueden observar las dos trayectorias temporales, para  $k$  y  $h$ . El punto  $E$  corresponde a la intersección de ambas trayectorias, lo que quiere decir que en ese punto tanto  $k$  como  $h$  son iguales a cero. Las flechas indican que a pesar de cualquier movimiento en ambas trayectorias, el equilibrio ( $E$ ) siempre tiende a restablecerse. El punto  $E$  es globalmente estable.

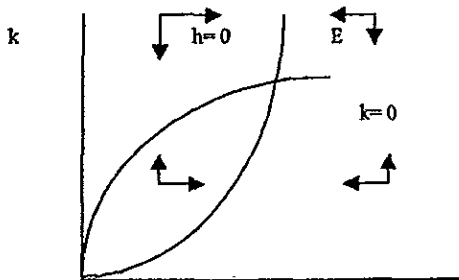


Figura 3.1

Para observar los efectos del ahorro y el crecimiento poblacional sobre el producto, será necesario resolver para  $y^*$ . Aquí, las variables con asterisco se referirán a los valores de la trayectoria de crecimiento balanceado. Siendo  $k^*$  y  $h^*$  los valores en dicha trayectoria, tenemos

$$s_k k^{\alpha} h^{\beta} = (n+g) \cdot k^{\alpha} \dots (3.42)$$

$$s_h k^{\alpha} h^{\beta} = (n+g) \cdot h^{\beta} \dots (3.43)$$

Tomando los logaritmos de las dos ecuaciones

$$\ln s_k + \alpha \ln k^{\alpha} + \beta \ln h^{\beta} = \ln(n+g) + \ln k^{\alpha}$$

$$\ln s_h + \alpha \ln k^{\alpha} + \beta \ln h^{\beta} = \ln(n+g) + \ln h^{\beta} \dots (3.44)$$

Resolviendo ambas ecuaciones para  $\ln k^{\alpha}$  y  $\ln h^{\beta}$  y sustituyendo en la función de producción  $\ln y^{\alpha} = \alpha \ln k^{\alpha} + \beta \ln h^{\beta}$ , obtenemos

$$\ln y^{\alpha} = \alpha \ln s_k / 1 - \alpha - \beta + \beta \ln s_h / 1 - \alpha - \beta - \alpha + \beta \ln(n+g) / 1 - \alpha - \beta \dots (3.45)$$

Esta ecuación será la que nos permita la contrastación empírica posteriormente.

Como vimos anteriormente, dado cualquier movimiento en las trayectorias de crecimiento balanceado se restablecerá el equilibrio en el punto E. Por lo tanto, algún movimiento, aumento o disminución en la tasa de ahorro, incrementa o disminuye temporalmente la tasa de crecimiento de la economía, pero a largo plazo, las trayectorias tienden a ajustarse o retornar al punto E.

### 3.2.3 Conclusiones del modelo.

El modelo RMW extiende el planteamiento neoclásico de Solow incorporando el capital humano. A pesar de que dicha incorporación es muy simple, los resultados empíricos de este modelo indican el mayor poder explicativo del proceso de crecimiento económico, al menos en las economías más avanzadas (OECD).

Algunas de las implicaciones más importantes de este modelo son las siguientes:

a) en muchos aspectos el modelo RMW comparte similitudes con respecto al modelo de Solow. Ambos planteamientos presentan rendimientos decrecientes en los factores productivos y constantes en la función de producción

b) debido a las mayores elasticidades del producto con respecto a sus determinantes, el modelo posee la capacidad, a diferencia del modelo de Solow, de explicar de manera más coherente las grandes diferencias en el ingreso entre los países.

c) al suponer la existencia de *productos marginales decrecientes* en los factores, la tasa de rendimiento del capital físico es menor en los países ricos, mientras que la tasa de rendimiento del capital humano es mayor en los países ricos. Por lo tanto, este modelo adolece de una explicación adecuada a una cuestión trascendente en los modelos de comercio internacional que propugnan por los mercados libres. A saber, ¿por qué el capital no fluye a los países pobres?

d) el supuesto fuerte de este modelo son los rendimientos decrecientes de los factores. Sin embargo, muchos estudios recientes indican que existen circunstancias y mecanismos que permiten obtener rendimientos constantes y mejor aún, de rendimientos crecientes de los factores, principalmente del capital. Por lo tanto, a pesar de los alcances empíricos del modelo RMW, no da una explicación endógena a la acumulación de conocimiento y por ende, del desempeño económico de las naciones.

Los modelos endogenistas, han sido duramente criticados. Dicha crítica encarna tres corrientes de pensamiento. Una, que representa autores que pretenden desacreditar los lentos y equívocos avances de la ciencia económica. Otra, que se gesta en el seno mismo de la teoría neoclásica, es representada principalmente por Robert Solow. A consideración nuestra, las críticas de Solow son más trascendentes para el objetivo de esta investigación. En Solow (1988), el autor manifiesta que aún el cambio tecnológico carece de una medición precisa y confiable. Que sus características inherentes dan como resultado la poca confiabilidad y aspecto cuasi aleatorio. En otro sentido, Solow critica el carácter explícito del capital humano en la función de producción de los modelos actuales, pues afirma que en su modelo de crecimiento, el componente K implica la agregación de todos los tipos de capital, incluyendo el capital humano. La tercera corriente labora en el aspecto empírico. Las estimaciones emanadas de sus estudios han puesto en evidencia la poca coherencia y falta de poder explicativo del modelo neoclásico tanto de Solow como de los actuales modelos endógenos. A esta corriente se le ha denominado la escuela empírica. Entre sus seguidores, aparecen los nombres de Barro, Summers, Heston, etc.



### 3.3 Análisis econométrico para la economía mexicana.

Dadas las condiciones económicas, sociales y políticas por las que atraviesa nuestro país, es un imperativo la formulación de medidas de política económica que erradiquen los males que aquejan a la sociedad mexicana. Tales medidas estarían destinadas al combate del desempleo, la inflación, el déficit externo. Pero ciertamente, otras medidas estarán canalizadas al mejoramiento de nuestra educación e investigación, fortalecimiento del aparato productivo, a la generación de los vínculos universidad - empresa, al fomento de una política industrial. Todos estos puntos dentro de un contexto real y lo más alejado posible de la demagogia y el proselitismo.

Consideramos que los desarrollos teóricos que se realizan actualmente dentro de la disciplina económica, mucho pueden aportar para un mejor diseño de las políticas económicas. Para este fin, en capítulos anteriores, esbozamos los planteamientos teóricos de dos modelos que a la luz de su impacto en la literatura contemporánea, aportan enseñanzas muy valiosas para economías en desarrollo como la nuestra. En este subcapítulo, trataremos pues, de cuantificar las relaciones que aquellos modelos predicen tanto en la economía mexicana por entidad federativa como a nivel latinoamericano. En la siguiente sección, analizaremos la economía mexicana bajo la perspectiva del modelo neoclásico de crecimiento con cambio tecnológico exógeno, en las dos modalidades antes mencionadas. En la sección 3.3.3, se analizarán los modelos de crecimiento endógeno en sus dos variantes. En la última sección de este capítulo, se expondrán algunas de las implicaciones más interesantes de los resultados de las secciones anteriores, para las economías en desarrollo.

#### 3.3.1 Crecimiento económico sin capital humano.

Aquí, trataremos el modelo de Solow y Swan con cambio tecnológico exógeno. En dicho modelo la tasa de crecimiento del producto está determinada, como vimos en el capítulo anterior, de la siguiente manera

$$s^* f(k^*) = (n+\delta)^* k^* \dots (3.46)$$

Donde el asterisco representa los valores en estado estacionario<sup>14</sup>.

De la ecuación anterior, despejando para  $k$  obtenemos

$$k^* = [s/(n+\delta)]^{1/1-\alpha} \dots (3.47)$$

sustituyendo en la función de producción y tomando logaritmos, tenemos la siguiente ecuación

$$\ln[Y(t)/L(t)] = \ln A(0) + gt + \alpha/1-\alpha \ln (s) - \alpha/1-\alpha \ln (n+\delta) \dots (3.48)$$

<sup>14</sup> Sustituyendo el asterisco por el exponente  $a$ , tenemos  $sK^a = (n+\delta) K$ , dividiendo entre  $K$  a ambos términos y acomodándolos, tenemos  $s/(n+\delta) = K^{1-a}$ , por último  $[s/(n+\delta)]^{1/1-a} = K$

El término  $A(0)$  no sólo representa la tecnología sino también factores exógenos como el clima, las instituciones, etc. Suponemos entonces que  $\ln A(0) = a + \varepsilon$ , donde  $a$  es una constante y  $\varepsilon$  es el término perturbación. El ingreso per capita en el tiempo cero está dado por la siguiente ecuación

$$\ln [Y/L] = a + \alpha/1-\alpha \ln (s) - \alpha/1-\alpha \ln (n+\delta) + \varepsilon \dots (3.49)$$

Ésta, será la especificación empírica con la cual realizaremos nuestro análisis de regresión tanto para la zona latinoamericana como para la economía mexicana (Véase, Mankiw, Romer y Weil [1992]). Según el planteamiento neoclásico, esta ecuación debe pronosticar tanto el sentido como la magnitud de los impactos del ahorro y el crecimiento de la población sobre la tasa de crecimiento del producto.

La variable  $s$  es calculada por la razón promedio de la inversión con respecto al PIB total. La segunda variable, la suma de la tasa de crecimiento de la fuerza laboral, el cambio tecnológico y la tasa de depreciación; mantiene como dados los últimos dos componentes y sólo queda determinada por la tasa de crecimiento de la fuerza laboral  $n$ <sup>15</sup>. Es importante recalcar la suposición de que  $s$  y  $n$  son independientes de  $\varepsilon$ , así, la estimación de la ecuación anterior se realizaría por el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). De otro modo, este método resultaría inconsistente y la utilización de otro como el de variables instrumentales, implicaría una mayor extensión tanto de tiempo como espacio, recursos que escapan de las intenciones originales de la investigación.

Las principales variables explicativas que se utilizarán en este trabajo son las siguientes:

a) el logaritmo natural de la suma de la captación de la banca comercial en inversión y la inversión pública federal ejercida respecto al PIB, designada como  $I/PIB$ . La utilización de esta medida obedece a la carencia de los datos sobre inversión física desagregada por entidad federativa.

b) el logaritmo natural de la suma de la tasa de crecimiento de la población en edad de trabajar  $n$ , el avance tecnológico  $g$  y, la tasa de depreciación  $\delta$ . Donde éstas dos últimas son constantes e iguales a 0.05<sup>16</sup>. En este trabajo,  $g$  se elimina del análisis. Aquí  $n$ , se representa por la tasa de crecimiento de la población económicamente activa (PEA) y no por la tasa de crecimiento del personal ocupado, debido a la falta de información al respecto.

c) el logaritmo natural del ingreso per cápita para los años de 1960 y 1988 para las economías latinoamericanas y para los años de 1988 y 1993 para las 32 entidades federativas de la economía mexicana.

<sup>15</sup> En este modelo el cambio tecnológico es exógeno, por lo tanto dado. Por su parte, la tasa de depreciación se supone constante a corto plazo. La suma de ambos componentes se fija en 0.05.

<sup>16</sup> Cálculos de Romer a este respecto, indican que la depreciación está entre 3 y 4 %, mientras que la tasa de crecimiento poblacional se estima en el 2%. Por lo tanto, 0.05 es un valor satisfactorio para la economía norteamericana. Para la mexicana, se supone este valor, pero obviamente debe existir ciertas diferencias.

d) el logaritmo natural del capital humano, aquí representado por medio de la tasa de analfabetismo (literacy) para la economía mexicana, mientras que para las economías latinoamericanas se utiliza la medida proporcionada por Mankiw, Romer y Weil (1992).

Las variables dependientes son las siguientes:

a) el logaritmo del PIB por persona en edad de trabajar para el periodo de 1960 a 1985 para las economías latinoamericanas y para el periodo de 1988 a 1993 para la economía mexicana.

b) la diferencia logarítmica del PIB por persona en edad de trabajar entre 1960-1985 y 1988-1993.

Las tablas A1 y A2 del apéndice estadístico muestran los datos para las variables que utilizaremos en esta sección. En el primer cuadro, se presentan los datos de corte transversal para las economías de América latina.<sup>17</sup> De igual manera, la tabla A2 muestra los datos para las entidades federativas de la economía mexicana.

Consideraremos dos muestras. La primera que incluya los países de Latinoamérica (24 de las mayores economías de la región). La segunda incluye las 32 entidades federativas que componen la economía mexicana. Ambas se contrastarán con los resultados obtenidos por los autores. La elección de las dos series obedece a un acercamiento empírico hacia nuestra región, pues como se mencionó anteriormente, Latinoamérica y en particular la economía mexicana carecen de estudios apropiados.

La tabla 1 resume los resultados que concluyen las investigaciones de los autores antes mencionados. El análisis de regresión se realizó para tres muestras. La primera de 98 observaciones para los países no petroleros. La segunda de 75 observaciones para las economías intermedias. La última de las tres muestras es para 22 países de la OECD.

Tabla 1  
Estimación del Modelo de Solow.

Variable dependiente Log PIB por persona en 1985.			
Muestra	No petroleras	Intermedios	OECD
Obs.	98	75	22
Constante	5.48 (1.59)*	5.36 (1.55)*	7.97 (2.48)*
ln(I/PIB)	1.42 (0.14)*	1.31 (0.17)*	0.50 (0.43)*
ln(n+g+δ)	-1.97 (0.56)*	-2.01 (0.53)*	-0.76 (0.84)*
R <sup>2</sup>	0.59	0.59	0.01

\* Las cifras con asterisco representan los errores estándares.

<sup>17</sup> Las tablas de datos para las 121 economías fueron tomadas de (Mankiw, Romer y Weil, 1992).

Los resultados de la tabla 1 son compatibles con el modelo de Solow en dos sentidos. En primer lugar, los signos de los coeficientes del ahorro y el crecimiento de la fuerza laboral son correctos para las tres muestras. Es decir, el signo positivo del coeficiente del ahorro implica la relación directa entre este y el crecimiento del producto. Por su parte, el signo negativo del coeficiente de la tasa de crecimiento de la fuerza de trabajo implica la relación inversa existente entre esta variable y el crecimiento del producto. En segundo lugar, las dos variables aquí utilizadas, ahorro y la fuerza laboral, explican en gran medida las variaciones en el ingreso per cápita. Teniendo en cuenta sólo estas características, podríamos argumentar que el modelo de Solow es satisfactorio. Pero considerando  $\alpha$  como la razón de capital del ingreso que el modelo de Solow postula alrededor de un tercio, no podríamos sostener aquella afirmación. La tabla 2 presenta los resultados para  $\alpha$ . De ésta, se concluye que el valor obtenido de  $\alpha$ , que es de 0.59 en la segunda de las tres muestras, está muy por encima del valor postulado por el modelo. En la tercera muestra, sin embargo, el valor de  $\alpha$  es muy próximo a un tercio, pero aún en este caso es mayor que el valor que predice el modelo. Por tanto, es inapropiado concluir que el modelo de Solow sea satisfactorio sólo por los resultados anteriores presentados en la tabla 1.

Tabla 2  
Estimación del Modelo de Solow.  
Log PIB per capita en 1985

Prueba de restricción:			
Valor p	0.38	0.26	0.79
Implicando $\alpha$	0.60	0.59	0.36
	(0.02)*	(0.02)*	(0.15)*

\* Las cifras entre paréntesis representan los errores estándares.

En lo que respecta a las economías latinoamericanas, se considera una muestra de 24 economías, cuyos datos son obtenidos de las tablas de los mismos autores. Los resultados del análisis de regresión se presentan en la tabla 3.

Tabla No. 3  
Logaritmo de la diferencia PIB 1960-85

Constante	2.234
	(0.412)*
Ln(n+d)	0.8631
	(0.065)*
Ln (I/PIB)	0.194
	(0.220)*
R <sup>2</sup>	0.8980

\* Las cifras con asterisco indican los errores estándares

La tabla anterior muestra que la inversión y la fuerza de trabajo están relacionados de manera directa con la tasa de crecimiento del producto. En ambos casos, el impacto de estas

variables, medido por los parámetros, son muy reducidos y no satisfacen los requerimientos de signos y magnitudes que postula el modelo de Solow. En este tipo de economías, parecería que el acervo de fuerza de trabajo tiene menor importancia que el acervo de capital físico. Dado que el acervo de capital físico es reducido, lo es más aun la fuerza de trabajo. Por su parte, la  $R^2$  para esta serie apenas rebasa el 20 por ciento de explicación.

El análisis anterior, como los siguientes, están sujetos a las pruebas convencionales para determinar la presencia de multicolinealidad y heterocedasticidad<sup>18</sup>. La prueba para autocorrelación no es necesaria, pues dichos análisis son de corte transversal<sup>19</sup>.

Para la detección de heterocedasticidad se utilizó la prueba de White. El valor de ésta fue de 12.66 que contrastado con el valor en tablas, con 21 grados de libertad y al 5% de significancia, indica la ausencia de heterocedasticidad.

En cuanto a la multicolinealidad entre sólo dos variables explicativas, sólo basta observar los coeficientes de las correlaciones simples. En este caso, la correlación entre la fuerza de trabajo y la inversión es -0.34, lo que implica la ausencia de colinealidad entre dichas variables.

Para la economía mexicana en particular, los resultados del análisis de regresión se presentan en la Tabla No. 4.

Tabla No. 4  
Logaritmo del PIB por persona ocupada 1993

Constante	1.51 (0.178)*
Ln(n+d)	0.272 (0.175)*
Ln(I/PIB)	0.033 (0.028)*
$R^2$	0.106

\* Las cifras con asterisco indican los errores estándares.

El cuadro para las 32 entidades federativas de la economía mexicana (Tabla No.4), presenta los mismos patrones que el cuadro de las economías latinoamericanas. Es decir, que la fuerza de trabajo y la inversión física están relacionados con la tasa de crecimiento del producto de manera positiva. Las pendientes o parámetros calculados son muy bajos en cuanto a su magnitud. En cuanto a la  $R^2$ , también es muy baja, aproximadamente el 10% de las variaciones totales son explicadas por estas dos variables.

<sup>18</sup> Las pruebas para la detección de heterocedasticidad y multicolinealidad se realizaron en el programa *Econometric Views*

<sup>19</sup> Para mayores detalles de estos conceptos, véase *Introduction to econometrics* de Maddala.

La prueba de White para el cuadro No.4 proporciona una  $X^2$  de 3.23, que contrastada con el valor en tablas, para un nivel de significancia del 5% y 29 grados de libertad, rechaza la hipótesis de heterocedasticidad.

Al igual que el cuadro anterior, no existe multicolinealidad<sup>20</sup>, pues el coeficiente de correlación simple entre las variables es -0.30.

En ambos análisis, tanto las economías latinoamericanas como la economía mexicana, presentan los mismos patrones de comportamiento, a pesar del grado de desarrollo de sus estructuras productivas y de los factores que en ellas intervienen. Por ejemplo, México y su dinámica con respecto a los condicionantes de ésta, es diametralmente opuesta a cualquier economía centroamericana.

Tal parece que el modelo de Solow, sólo es válido para aquellos grupos de países con grados de desarrollo similares, donde los modelos empíricos arrojan signos y magnitudes satisfactorios.

### 3.3.2 Crecimiento económico con capital humano.

Como vimos en el capítulo anterior, el cambio tecnológico endógeno se integra en la función de producción mediante la introducción del capital humano principalmente. Dicha variable tiene en ambos modelos, una diferente forma de ser medido. En el primero, el capital humano es medido por la cantidad de fuerza laboral destinada al sector de la investigación o por la proporción de fuerza de trabajo en el sector de la investigación con respecto al total. Mientras que en el segundo, el capital humano es medido por la proporción de la fuerza laboral que sabe leer y escribir entre los 6 y 14 con respecto al total de la población de esa edad. Sin embargo, muchas de las estadísticas para este tipo de variables no existen para todos los países que analizamos en esta investigación. Una manera alternativa de medir el capital humano, es la propuesta por (Mankiw, Romer y Weil, 1992), donde éste se mide por la proporción de la población de 12 a 17 años enrolada en la escuela secundaria, multiplicada por la fracción de población en edad de trabajar que está estudiando( 15 a 19). Esta medida no deja de ser imperfecta por muchas razones. Una, es que los rangos de edades son diferentes. Otra, que no incluye los insumos de profesores y excluye los demás niveles de educación. Cualquiera de estas medidas se utilizarán cuando exista la información pertinente.

Ambos modelos, aparte del capital humano, utilizan evidentemente otras variables explicativas<sup>21</sup> tomadas en su logaritmo natural<sup>22</sup>, las cuales se citaron anteriormente.

<sup>20</sup> La multicolinealidad no es cuestión de existencia, pues siempre está presente. Más bien, el problema es el grado en que la colinealidad se presenta entre dos variables explicativas. Un bajo grado de colinealidad se asocia con valores cercanos a cero.

<sup>21</sup> Recuérdese que en álgebra principalmente, las variables se clasifican en dependientes e independientes, donde las primeras dependen precisamente de los valores que tomen las independientes. Las segundas no dependen de las primeras. En la teoría econométrica, las variables independientes se llaman ahora, variables explicativas en razón de que explican el comportamiento de la variable dependiente.

Para las economías latinoamericanas la Tabla No. 5 presenta los resultados de la regresión incluyendo el capital humano.

Tabla No. 5  
Logaritmo de la diferencia PIB 1960-85

Constante	2.225 (0.42)*
Ln(n+d)	0.8726 (0.069)*
Ln (I/PIB)	0.1041 (0.300)*
Ln(school)	0.1245 (0.275)*
R <sup>2</sup>	0.8990

\* Las cifras con asterisco indican los errores estándares.

De esta tabla, se observa que las tres variables explicativas se relacionan directamente con el PIB per cápita en 1985. No existe el signo negativo que debe afectar a la tasa de crecimiento de la fuerza de trabajo. A pesar, de que la R<sup>2</sup> es alta, no se obtiene el signo adecuado que el modelo postula. La variable que representa al capital humano, explica sólo el 12 por ciento de las variaciones en la variable dependiente.

La variable (I/PIB) explica menos del 15 por ciento de las variaciones totales de la variable dependiente. Respecto al signo, ésta lo presenta positivo, es decir, una relación positiva entre la inversión y el PIB per cápita en 1985.

En cuanto a la variable n, esta alcanza un poco menos del 90 por ciento de explicación de las variaciones en la variable dependiente. Aunque, como se mencionó anteriormente, el signo es incorrecto.

La prueba de White, muestra un valor de 15.43, que contrastado con el valor en tablas para 20 grados de libertad y un nivel de significancia del 10%, no presenta heterocedasticidad. Pero con un nivel de 5% de significancia, sí podría existir heterocedasticidad.

Los coeficientes de correlación parcial entre las variables implicadas en el análisis de la tabla No. 5, muestran que la correlación entre la fuerza de trabajo y la inversión es -0.070. Para la inversión y la escolaridad es de 0.69 y para el grado de escolaridad y la fuerza de trabajo es -0.27. Aunque, existe un cierto grado de colinealidad entre la inversión y la escolaridad, no se trata de multicolinealidad severa o perfecta.

<sup>22</sup> Utilizar el logaritmo natural para el manejo de números, proporciona enormes ventajas. Una de las principales es que homogeniza o hace menos disperso un grupo de números, ya que los representa mediante una base común a todos. La base más utilizada es la del logaritmo natural e.

Al parecer, en las economías latinoamericanas el papel de la fuerza de trabajo tiene un papel predominante en las estructuras productivas, mayor al peso que le proporciona el modelo de Solow. Por otra parte, la escasez de capital productivo se refleja en el mínimo aporte de esta variable al PIB per cápita en 1985. De aquí, que el capital humano no presente el peso que debería tener en la explicación de las variaciones del PIB, debido a que este tipo de economías no presentan la infraestructura física, de investigación e incluso idiosincrática para generar y explotar las externalidades derivadas del capital humano.

De la Tabla No. 6, se desprende la siguiente información. Tanto la inversión como la fuerza de trabajo se relacionan directamente con el PIB per capita para 1993. El coeficiente de inversión resultó demasiado bajo, alrededor del 5 por ciento. La fuerza de trabajo alcanza a penas el 15 por ciento de las variaciones en el PIB.

Por su parte, el capital humano presenta una relación inversa entre dicha variable y el PIB per cápita en 1993. Esta relación inversa no sólo implica que las condiciones productivas de la economía mexicana son incapaces de explotar las externalidades generadas por el capital humano, sino que incluso actúan en detrimento de éstas.

Su magnitud es del 20 por ciento aproximadamente. La  $R^2$  de la regresión es de .33, la tercera parte del total.

Tabla No. 6  
Logaritmo del PIB por persona ocupada 1993

Constante	2.27
$\ln(n+d)$	0.142 (0.160)*
$\ln(I/PIB)$	0.040 (0.021)*
$\ln(\text{iteracy})$	-0.173 (0.056)*
$R^2$	0.332

\* Las cifras con asterisco indican los errores estándares.

La prueba de White para la detección de heterocedasticidad muestra un valor de 6.09, que contrastado con el valor en tablas para 28 grados de libertad y un nivel de significancia del 5%, rechaza la hipótesis de heterocedasticidad.

Los coeficientes de correlación parcial para la tabla No. 6 son: para la fuerza de trabajo y la inversión de 0.14, para la inversión y el grado de escolaridad es 0.407 y para el grado de escolaridad y la fuerza de trabajo es 0.21. No presentan una multicolinealidad severa o perfecta.



### 3.3.3 Convergencia económica.

Existen tres tipos de convergencia, a saber: la convergencia  $\beta$ , la convergencia  $\sigma$  y la convergencia condicional. La primera se refiere al hecho de que las economías pobres crezcan más aceleradamente que las economías ricas. Una manera más sencilla de percibir este tipo de convergencia reside en encontrar una relación inversa entre la tasa de crecimiento del producto y el nivel de producto inicial. La segunda se refiere a la reducción en la dispersión del producto per cápita entre grupos de economías. Las anteriores medidas de convergencia suponen el hecho de que todas las economías involucradas en el estudio, presentan las mismas características tanto económicas como sociales, políticas, etc. Del relajamiento de este supuesto es que se da lugar a la convergencia condicional. Ésta, se mide de dos maneras. La primera, es limitando el estudio a un conjunto de economías con características similares. Como el caso de los países de la OECD o los países latinoamericanos. La segunda consiste en la utilización de regresiones múltiples. Realizando la regresión de la tasa de crecimiento del producto contra el nivel de producto inicial manteniendo constantes un cierto número de variables se determina la convergencia  $\beta$  condicional. En esta sección sólo nos ocuparemos de la convergencia  $\beta$  condicional utilizando el análisis regional.

La relación entre la tasa de crecimiento del producto y el nivel de producto inicial está dada por

$$\text{Log}(y_{1,t}) - \text{Log}(y_{1,t-1}) = \xi - \tau \text{Log}(y_{1,t-1}) + u_{1,t}$$

donde  $u$  es el término perturbación en el período  $t$ ,  $\tau$  es una constante positiva. Entre mayor sea esta, mayor será la tendencia hacia la convergencia.

El marco teórico analizado anteriormente postula una relación inversa entre el ingreso per cápita en 1988 y la diferencia en el PIB entre 1988-1993. Sin embargo, los datos de la tabla No. 7 la refutan. Pues, se presenta una relación positiva entre ambas variables. Es decir, que no existe convergencia no condicionada entre las entidades federativas de la economía mexicana. Una posible explicación de este fenómeno, es que los polos de desarrollo, que han sido resultado de los esfuerzos anteriores de industrialización - sustitución de importaciones, desarrollo estabilizador, etc.-, crecen a un ritmo mucho más dinámico que otros centros productivos del país.

Tabla No. 7  
Logaritmo del PIB por persona ocupada 1993

Constante	1.36
Ln(Y88)	0.0025 (0.251)*
R <sup>2</sup>	0.000035

Para la tabla No.7, la prueba de White muestra un valor de 8.55, que contrastado con el valor en tablas con 31 grados de libertad y un nivel de significancia de 5%, rechaza la existencia de heterocedasticidad. Para el análisis anterior no se requirió de la prueba de multicolinealidad.

La tabla No. 8 muestra los resultados del análisis de regresión para la convergencia sujeta o condicionada a la inversión y la fuerza de trabajo. En esta, se presenta una relación negativa entre el producto y el producto per cápita en 1988. Es decir, existe convergencia entre las entidades federativas de la economía mexicana cuando se involucran tanto la fuerza de trabajo como la inversión. Sin embargo, los parámetros son muy bajos, exceptuando al de la fuerza de trabajo, el cual explica el 46 por ciento de las variaciones en el producto entre 1988-1993. Estos valores siguen manifestando la importancia de la fuerza de trabajo dentro de los esquemas productivos en nuestra economía.

Respecto a la  $R^2$ , el grado de ajuste de los datos es muy bajo, aproximadamente cero.

La prueba de White muestra el valor de 7.61, que contrastado con el valor de tablas con 28 grados de libertad y 5% como nivel de significancia, rechazan la hipótesis de heterocedasticidad.

Los coeficientes de correlación simples de la tabla No. 8 indican que para la fuerza de trabajo y la inversión su coeficiente es -0.39, para la fuerza de trabajo y el grado de escolaridad -0.06 y para la fuerza de trabajo y el ingreso de 1988 es 0.06. No presentan indicios de colinealidad severa.

Tabla No. 8  
Logaritmo del PIB por persona ocupada 1993

Constante	0.482
Ln(n+d)	0.463 (0.5543)*
Ln(I/PIB)	0.084 (0.070)*
Ln(Y88)	-0.08 (0.263)*
$R^2$	0.053

\* Las cifras con asterisco indican los errores estándares.

La tabla No. 9 presenta los resultados para la convergencia condicionada con capital humano. Aquí, persiste la hipótesis de convergencia dentro de la economía mexicana. El parámetro de dicha variable se ha elevado hasta -0.35. Es decir, se incrementó la velocidad con que las entidades federativas convergen. Tanto la inversión como la fuerza de trabajo mantienen casi de igual manera su comportamiento con respecto a la tabla anterior. Sin

embargo, el capital humano presenta una relación inversa con el producto entre 1988-1993. El grado de ajuste de la regresión aumentó a 14 por ciento, siendo aun muy bajo.

La prueba de White muestra un valor de 9.70, que contrastado con el valor en tablas para 27 grados de libertad y un nivel de significancia de 5% para una distribución  $\chi^2$ , rechaza la hipótesis nula de heterocedasticidad.

Los coeficientes de correlación simples para la tabla No. 9 son los siguientes: para la fuerza de trabajo y la inversión es -0.39, para la fuerza de trabajo y el grado de escolaridad es -0.06 y para la fuerza de trabajo y el ingreso en 1988 es 0.06. No indican una colinealidad severa.

Tabla No. 9  
Logaritmo del PIB por persona ocupada 1993

Constante	3.25
Ln(n+d)	0.2641 (0.548)*
Ln(I/PIB)	0.036 (0.073)*
Ln(Iteracy)	-0.389 (0.225)*
Ln(Y88)	-0.3538 (0.298)*
R <sup>2</sup>	0.14

\* Las cifras con asterisco indican los errores estándares.

En lo que respecta al modelo de Paul Romer, una de sus principales implicaciones - en cuanto a los efectos de escala- predice que un incremento en el nivel de recursos destinados a la investigación y desarrollo, aumentaría la tasa de crecimiento de la economía. Es decir, que existe una relación funcional directa entre el capital humano y el crecimiento del producto. Del modelo de Romer analizado en el capítulo anterior, obtenemos las siguientes dos ecuaciones

$$Y = K^{1-\alpha} (AL_y)^{\alpha}$$

y

$$\dot{A}/A = \delta L_A$$

Donde Y es el producto, A es el conocimiento, K es el capital físico,  $L_A$  el trabajo para producir nuevo conocimiento,  $L_y$  el trabajo para producir nuevo producto y  $\delta$  un parámetro de productividad. La primera ecuación corresponde a la función de producción. Mientras que la segunda, es la ecuación de investigación y desarrollo, que endogeniza el cambio

tecnológico. Esta ecuación específica que el crecimiento de la productividad total de los factores<sup>23</sup> será proporcional al número de unidades de trabajo destinados al sector productor de conocimiento. Para la verificación empírica de esta relación, utilizamos los datos que aparecen en el cuadro A3 del apéndice estadístico. Los datos se refieren a las variables involucradas en esta especificación, es decir, la tasa de crecimiento de la producción (obtenidas de la tabla A2 del apéndice) y el número de unidades de trabajo destinados al sector productor de conocimiento. La medida de esta última variable está considerada de acuerdo a la aproximación de Jones (1995). En este artículo, el autor mide el número de unidades de trabajo como la cantidad de ingenieros y científicos. Nosotros, dada la dificultad de cuantificar de manera exacta tal cantidad en los sectores productores de conocimiento, procedemos a utilizar la cantidad de investigadores en proyectos de investigación científico y tecnológico. Suponiendo que tales investigadores se colocan en cualquier sector productor de conocimiento, esta aproximación es similar a la utilizada por otros autores.

Procederemos a comparar las tasas de crecimiento tanto de la producción de 1988-1993 como de la cantidad de investigadores del período 1988-1991. Los resultados se presentan en la Tabla No. 10. De esta, se observa que no existe una patrón claro que verifique la relación positiva entre el crecimiento del producto y el incremento del acervo de investigadores, a excepción de los estados de Guanajuato, Puebla y el Distrito Federal, donde parece que sí la hay. Por otro lado, en los estados de México y Querétaro, se presenta una relación inversa, siendo extrema en este último. En los estados de Jalisco, Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas; el crecimiento en el acervo de investigadores crece más dinámicamente que el producto de estas entidades federativas. Por tanto, los resultados obtenidos aquí, no precisan la relación postulada por el modelo de Romer. Aunado a esto, Jones, verifica que para la economía estadounidense el acervo de científicos e ingenieros creció alrededor de cinco veces, mientras que la producción estuvo muy lejos de alcanzar tal dinámica.

Tabla No. 10  
Modelo de Romer.

Estado	T.M.A.C.*	T.C.I.**
D.F	5.44	1,96205691
Jalisco	2.35	4,43825441
México	1.31	-2,58872651
Nuevo León	3.39	4,18282548
Coahuila	1.45	2,48062016
Tamaulipas	1.54	1,85286104
Guanajuato	4.07	2,38095238
Querétaro	4.40	-6,015625
Puebla	3.71	1,26315789

\* Tasa media anual de crecimiento

\*\* Tasa de crecimiento de investigadores

<sup>23</sup> Recordar que la productividad total de los factores o residual de Solow, es la parte del crecimiento económico no explicado por el capital ni por el trabajo.

Dichas evidencias, nos muestran preliminarmente, que la formulación de Romer no es coherente con la evidencia empírica para estos dos casos en particular, al igual que los estudios de (Jones, 1995) para la economía norteamericana.. Sin embargo, esta no es razón para abandonar tal planteamiento teórico sino, más bien, su reformulación en vista de las deficiencias en el tratamiento de la información.

## CAPITULO 4.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Aquí, se tiene el propósito de presentar las principales conclusiones a las que se ha llegado a través de la revisión de los capítulos previos. Así como de las recomendaciones pertinentes para estudios posteriores de este tema en particular o de aquellos aspectos que se vinculen al proceso de crecimiento económico. En el siguiente subcapítulo, se dictan las conclusiones en dos sentidos. En primera instancia, se resumen los resultados más relevantes de nuestra investigación. En segundo lugar, se plantean algunos aspectos relacionados al crecimiento económico que escapan del alcance de este estudio. En la sección 4.2, se presentan las recomendaciones y limitaciones de la metodología para abordar estudios posteriores.

### 4.1 Conclusiones.

A lo largo de esta investigación, hemos recorrido algunos de los más importantes modelos que intentan explicar el proceso de crecimiento económico. En el sentido de lo simple a lo complejo, los modelos cada vez van incorporando elementos más sofisticados de análisis.

En primera instancia, el modelo de Harrod y Domar sentó las bases teóricas para la introducción del crecimiento económico en el debate teórico. El modelo, fundamentado en principios keynesianos, presentó dos problemas importantes. El primero, que los determinantes de la tasa natural y garantizada del producto, están dados exógenamente y que sólo una enorme coincidencia podrá proporcionar un equilibrio entre dichas variables. El segundo problema se refiere a la inestabilidad operante en el modelo. Esta, se manifiesta como resultado de la inflexibilidad de las relaciones capital-producto.

Las deficiencias analíticas fueron resueltas posteriormente por el planteamiento de Solow y Swan. El modelo neoclásico formulado por dichos autores, plantea la flexibilidad de la relación capital-producto por medio de la utilización de una función de producción continua. Un problema quedó resuelto, sin embargo, se mantuvo la exogeneidad de la tasa de ahorro y el cambio tecnológico dentro del modelo.

Los trabajos de Ramsey, encaminados a la asignación óptima de recursos entre el consumo presente y futuro -ahorro-, proporcionaron fundamentos microeconómicos importantes para explicar el comportamiento de la tasa de ahorro en el proceso de crecimiento económico.

Décadas después, y tras numerosos intentos, el cambio tecnológico desempeña un papel activo dentro del proceso de crecimiento. Los trabajos de Romer y Lucas entre otros, dieron un gran paso hacia el entendimiento, cada vez más exacto, de este campo de la economía, complementado por la vasta literatura generada a partir de mediados de la década de los ochenta.

Así, los últimos modelos presentados corresponden a formas más refinadas del entendimiento y explicación del crecimiento económico, incorporando el llamado capital humano. Sin embargo, hay una gran controversia en la actualidad respecto a los avances teóricos en el modelaje del crecimiento económico. Las críticas se dirigen

fundamentalmente hacia la inclusión del capital humano como elemento explícito en la función de producción y el tratamiento estadístico de la información., entre muchas otras. Pero, sin duda, este proceso de crítica es el principal motor de avance de la economía y la ciencia en general.

A pesar de la reciente aplicación de medidas de política económica dirigidas hacia la conversión de fuerza de trabajo en capital humano, mediante programas de adiestramiento y capacitación, y dados los resultados obtenidos en este trabajo, pareciera que el capital humano no juega un papel determinante en las economías latinoamericanas ni dentro de la economía mexicana, pues las estructuras productivas impiden la debida generación y explotación de las externalidades generadas por el capital humano.

En este sentido, el rol de la calidad y no sólo la cantidad de recursos humanos es un factor que debemos tomar en cuenta para situar en su justa dimensión las conclusiones de este trabajo. El papel de la calidad del capital humano está fuera del análisis tanto de este trabajo como de muchos otros, pues su cuantificación entraña aún demasiada incertidumbre. Sólo cabe mencionar, que la calidad del capital humano se deriva de dos aspectos fundamentales. El primero, tiene que ver, como anteriormente se señaló, con el grado de destrezas obtenidos durante su capacitación y trabajo. Del total de conocimientos de un individuo, parte de estos, los aprendió en una aula o taller, siendo conocimiento no rival. Mientras que la parte restante, fue aprendida en el desarrollo de su actividad laboral, tomando este conocimiento carácter rival. El segundo, implica un cambio de conducta - ideología- respecto al trabajo y a su nuevo papel dentro del aparato productivo.

Intuitivamente, la economía mexicana adolece de dicha calidad en ambos sentidos. La falta de calidad en los diferentes tipos de educación - técnica, profesional, etc.- se manifiesta de distintas formas. En primer lugar, la infraestructura física y docente para la educación determina las capacidades tanto de aprendizaje como de enseñanza.

En segundo lugar, la infraestructura tanto física como docente determina también, el grado en el cual las nuevas técnicas, la nueva herramienta y en general los nuevos conocimientos; son asimilados por los estudiantes a todos los niveles.

En tercer lugar, el proceso de aprendizaje intergeneracional se ve beneficiado por el desarrollo de hardware y software especialmente diseñado para la educación.

Por otro lado, la falta o carencia de una nueva actitud frente al trabajo es mermado por la escasez de fuentes de empleo. Lo que obliga al trabajador o incluso profesionista, a vincularse con un ambiente laboral que no es de su total agrado.

El nivel de salarios también es un fuerte condicionante para que no se modifique la actitud frente al trabajo.

En la medida que estos dos elementos se conjugan, los resultados se podrán visualizar en las diferentes estadísticas y estudios económicos y observarlos realmente en la economía mexicana.

Por otra parte, el reducido acervo de capital físico que es el denominador común en economías en desarrollo, se convierte en una barrera para la explotación de los recursos humano. Si bien en esta investigación no se analiza el capital humano a nivel sectorial, es evidente que los sectores más dinámicos y con mayores dotaciones de capital y tecnología pueden generar y explotar las externalidades resultado del capital humano más fácilmente.

Ambos modelos de capital humano, obtienen buenos resultados para el grupo de economías más desarrolladas, donde prevalecen formas de producción, distribución y consumo muy similares; a diferencia de las economías en desarrollo, donde la estructura económica es bastante diferente no sólo de un país a otro sino incluso, dentro de una misma economía en particular, aunque estas últimas son más fuertes, a tal grado de hablar de una economía dual.

Para las economías de Latinoamérica, el capital humano parece tener una relación positiva con la tasa de crecimiento del producto, pero no de gran magnitud. Sin embargo para las entidades federativas de la economía mexicana, esta relación es negativa. A pesar de esta relación inversa entre el capital humano y la tasa de crecimiento, parece que existe convergencia condicionada dentro de la economía mexicana. Dicha relación negativa puede ser resultado de que la fuerza de trabajo metamorfoseada por capital humano pierda peso específico en el proceso productivo, siendo máspreciada como fuerza de trabajo.

Del modelo planteado por Romer, concluimos, que si bien es cierto, que de la muestra analizada para la economía mexicana tres observaciones muestran la relación directa postulada en el modelo, también es cierto que para las restantes, los resultados son contradictorios. Siendo en cuatro observaciones, el crecimiento del capital humano mayor que el crecimiento del producto. Mientras, que en las restantes dos observaciones, la relación entre estas dos variables fue negativa. Esto parece ser resultado de la ponderación que tienen los diferentes factores productivos en la economía mexicana. No todos los sectores más dinámicos emplean una gran cantidad de capital humano en su producción, y su utilización puede menoscabar el crecimiento potencial de dichos sectores.

En ambos modelos, los resultados corroboran el escaso peso del capital humano con diferentes especificaciones dentro del proceso de crecimiento económico. Sin embargo, esta nos es razón para abandonar o descartar del análisis económico el papel del capital humano. Más bien, es tiempo de replantear dicha variable y analizarla conjuntamente con otras variables, que puedan tener una enorme trascendencia en el proceso de crecimiento en la economía mexicana. En la actualidad, parte del análisis económico a puesto atención en variables extraeconómicas, tales como la dinámica institucional, la cohesión social, desarrollo sustentable, derechos universales; como factores que influyen directamente sobre el proceso de crecimiento económico

#### 4.2 Recomendaciones.

Los resultados de esta investigación de ninguna manera son contundentes, sino más bien, falibles y parciales. Los resultados son en gran medida, función de la disponibilidad de datos e información, así como de su exactitud y periodicidad. Lejos de ser un estudio definitivo respecto a este tema, pretende ser parte del iceberg que descubra la inmensa masa



de estudios que son susceptibles de dar una explicación más coherente al proceso de crecimiento de la economía mexicana.

La falta de información respecto algunas series de tiempo y de corte transversal impidieron un análisis más extensivo en el tiempo, lo que eliminaría los posibles cambios coyunturales que un espacio reducido de tiempo suelen ser más significativos que los patrones de largo plazo.

El uso de algunas variables no son las teóricamente más indicadas, dada la falta de la información antes señalada, sin embargo, los datos y las variables sustitutas, creemos, no están demasiado lejos de las variables requeridas.

En otro orden de ideas, en este trabajo, se han dejado fuera del análisis un gran número de aproximaciones teóricas que, al igual que las teorías abarcadas aquí, intentan dar una explicación coherente del proceso de crecimiento económico. Entre estas, podemos mencionar la teoría institucionalista, la evolucionista, la corriente post keynesiana, la neo marxista, entre otras. Dichos planteamientos teóricos carecen del manejo -implícito o explícito- del capital humano como factor productivo, elemento fundamental en este estudio.

De cualquier manera, las teorías antes mencionadas, han alcanzado un alto grado de sofisticación teórica y empírica, e involucrado elementos que otras teorías no han hecho, por ejemplo, un análisis de la distribución del ingreso. Por tanto, en esta investigación se recurrió a las teorías que dan un lugar al análisis del capital humano, dada la trascendencia de éste en la transformación económica mundial y los requerimientos de las economías en desarrollo. De aquí, se desprende un tema de gran relevancia para estudios posteriores. La introducción o el manejo del capital humano dentro del esquema post keynesiano del crecimiento económico. De igual manera un estudio sobre el impacto del capital humano dentro de la economía mexicana a nivel sectorial, para determinar la posibilidad o no de convergencia entre sectores.

## BIBLIOGRAFIA Y HEMEROGRAFIA

- Anibal Feliz, Raúl [1995], "Determinantes del crecimiento económico en América Latina: evidencia empírica, 1950-1989", *El economista mexicano*.
- Banco de México, Cifras históricas de México, Varios años.
- Barro, Robert [1994], *Macroeconomía*, Mc Graw Hill, México.
- Barro, Robert and Xavier Sala-i-martin [1995], *Economic Growth*, Mc Graw Hill, USA.
- Blanchard, Oliver and Stanley Fisher [1989], *Lectures on macroeconomics*, MIT Press, USA.
- Cheng, Leonard and Elias Dinopoulos [1992], "Schumpeterian Growth and International business cycles", *AEA papers and proceedings*, may, Vol. 82, No. 2, pp. 409-14.
- Chiang, Alpha [1995], *Foundations of dynamic optimization*, Mc. Graw Hill, USA.
- ECLAC-UNESCO [1992], *Education and knowledge: basic pillars of changing production patterns with social equity*, United Nations, Chile.
- Gifford, Adam [1978], *Public economics*, The dryden press , USA.
- Grossman, Gene and Elhanan Helpman [1993], *Innovación y crecimiento en la economía global*, CONACYT, México.
- Gujarati, Damodar [1995], *Basic econometrics*, Mc Graw Hill, USA.
- INEGI [1996], "Cuaderno de información oportuna regional"
- Jones, Charles [1995], "Time series tests of endogenous growth models", *Quarterly journal of economics*, pp.495-525.
- López, Julio [1991], *Teoría del crecimiento y economías semiindustrializadas*, UNAM, México.
- Lucas, Robert [1988], " On the mechanism of economic development", *Journal of monetary economics*, XXII, pp. 3-42.
- Lucas, Robert [1990], "Why doesn't capital flow from rich to poor countries?", *AEA papers and proceedings*, Vol.80, No. 2, pp.92-96.
- Mankiw, Gregory [1992], *Macroeconomics*, Worth Publishers, USA.
- Mankiw, Gregory, David Romer and David Weil [1992], "A contribution to the empirics of economics growth", *Quarterly Journal of Economics*, pp. 407-435.

OECD [1994], "Indicators of science and technology".

Presidencia de la República "informe de gobierno", varios años.

Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo 1996.

Romer, David [1995], *Advanced macroeconomics*, Mc Graw Hill, USA.

Romer, Paul [1987], "Growth based on increasing returns due to specialization", *AEA papers and proceedings*, Vol. 77, No. 2, pp. 56-62.

Romer, Paul [1990], "Endogenous technological change", *Journal of political economy*, XCVIII, pp. 71-103.

Romer, Paul [1990], "Are nonconvexities important for understanding growth?", *AEA papers and proceedings*, Vol. 80, No. 2, pp.97-103.

Romer, Paul [1994], "The origins of endogenous growth", *Journal of economic perspectives*, Vol. 8, No. 1, Winter 1994, pp. 3-22.

Ros, Jaime [1997], "¿Tiene futuro la teoría del desarrollo?", *El economista mexicano*.

Sala-i-martin, Xavier [1996], *Apuntes sobre el crecimiento económico*, Antoni Bosch editores, España.

Solow, Robert [1970], *Growth theory: an exposition*, Oxford University Press, USA.

Solow, Robert [1994], "Perspectives on Growth theory", *Journal of economic perspectives*, Vol. 8, No. 1, Winter 1994, pp. 45-54.

Yamane, Taro [1988], *Estadística*, Editorial Harla, México.

**Anexo estadístico.**

Tabla A1

Número	País	N	I	O	GDP/Adulto		Crecimiento			Escolaridad
					1960	1985	GDP	PET*	IY	
1	Algeria	1	1	0	2485	4371	4.8	2.6	24.1	4.5
2	Angola	1	0	0	1588	1171	0.8	2.1	5.8	1.8
3	Benin	1	0	0	1115	1071	2.2	2.4	10.8	1.8
4	Botswana	1	1	0	959	3671	8.6	3.2	28.3	2.9
5	Burkina faso	1	0	0	529	857	2.9	0.9	12.7	0.4
6	Burundi	1	0	0	755	663	1.2	1.7	5.1	0.4
7	Camerún	1	1	0	889	2190	5.7	2.1	12.8	3.4
8	Africa central	1	0	0	838	789	1.5	1.7	10.5	1.4
9	Chad	1	0	0	908	462	0.9	1.9	6.9	0.4
10	Congo	1	0	0	1009	2624	6.2	2.4	28.8	3.8
11	Egipto	1	0	0	907	2160	6	2.5	16.3	7.0
12	Etiopia	1	1	0	533	608	2.8	2.3	5.4	1.1
13	Gabon	0	0	0	1307	5350	7.0	1.4	22.1	2.6
14	Gambia	0	0	0	799		3.6		18.1	1.5
15	Gana	1	0	0	1009	727	1.0	2.3	9.1	4.7
16	Guinea	0	0	0	746	869	2.2	1.6	10.9	
17	Costa de ml.	1	1	0	1386	1704	5.1	4.3	12.4	2.3
18	Kenya	1	1	0	944	1329	4.8	3.4	17.4	2.4
19	Lesotho	0	0	0	431	1483	6.8	1.9	12.6	2.0
20	Liberia	1	0	0	863	944	3.3	3.0	21.5	2.5
21	Madagascar	1	1	0	1194	975	1.4	2.2	7.1	2.6
22	Malawi	1	1	0	455	823	4.8	2.4	13.2	0.6
23	Mali	1	1	0	737	710	2.1	2.2	7.3	1.0
24	Mauritania	1	0	0	777	1038	3.3	2.2	25.6	1.0
25	Mauricio	1	0	0	1973	2967	4.2	2.6	17.1	7.3
26	Marruecos	1	1	0	1030	2348	5.8	2.5	8.3	3.6
27	Mozambique	1	0	0	1420	1035	1.4	2.7	6.1	0.7
28	Niger	1	0	0	539	841	4.4	2.6	10.3	0.5
29	Nigeria	1	1	0	1055	1186	2.8	2.4	12.0	2.3
30	Ruanda	1	0	0	460	696	4.5	2.8	7.9	0.4
31	Senegal	1	1	0	1392	1450	2.5	2.3	9.6	1.7
32	Sierra leona	1	0	0	511	805	3.4	1.6	10.9	1.7
33	Somalia	1	0	0	901	657	1.8	3.1	13.8	1.1
34	S. Africa	1	1	0	4768	7064	3.9	2.3	21.6	3.0
35	Sudan	1	0	0	1254	1038	1.8	2.6	13.2	2.0
36	Suazilandia	0	0	0	817		7.2		17.7	3.7
37	Tanzania	1	1	0	383	710	5.3	2.9	18.0	0.5
38	Togo	1	0	0	777	978	3.4	2.5	15.5	2.9
39	Tunez	1	1	0	1623	3661	5.6	2.4	13.8	4.3
40	Uganda	1	0	0	601	667	3.5	3.1	4.1	1.1
41	Zaire	1	0	0	594	412	0.9	2.4	6.5	3.6
42	Zambia	1	1	0	1410	1217	2.1	2.7	31.7	2.4
43	Zimbawe	1	1	0	1187	2107	5.1	2.8	21.1	4.4
44	Afganistan	0	0	0	1224		1.6		6.9	0.9
45	Barein	0	0	0					30.0	12.1
46	Bangladesh	1	1	0	846	1221	4.0	2.6	6.8	3.2
47	Burma	1	1	0	517	1031	4.5	1.7	11.4	3.5
48	Honk kong	1	1	0	3085	13372	8.9	3.0	19.9	7.2
49	India	1	1	0	978	1339	3.6	2.4	16.8	5.1
50	Iran	0	0	0	3606	7400	6.3	3.4	18.4	6.6

## A1 Continuación

51	Iraq	0	0	0	4916	5626	3.8	3.2	16.2	7.4
52	Israel	1	1	0	4802	10450	5.9	2.8	28.5	9.5
53	Japon	1	1	1	3493	13893	6.8	1.2	36.0	10.9
54	Jordania	1	1	0	2183	4312	5.4	2.7	17.6	10.8
55	Corea	1	1	0	1285	4775	7.9	2.7	22.3	10.2
56	Kuwait	0	0	0	77881	25635	2.4	6.8	9.5	9.6
57	Malasia	1	1	0	2154	5788	7.1	3.2	23.2	7.3
58	Nepal	1	0	0	833	974	2.6	2.0	5.9	2.3
59	Oman	0	0	0		15584		3.3	15.6	2.7
60	Pakistan	1	1	0	1077	2175	5.8	3.0	12.2	3.0
61	Filipinas	1	1	0	1668	2430	4.5	3.0	14.9	10.6
62	Arabia	0	0	0	6731	11057	6.1	4.1	12.8	3.1
63	Singapur	1	1	0	2763	14678	9.2	2.6	32.2	9.0
64	Sri Lanka	1	1	0	1794	2482	3.7	2.4	14.8	8.3
65	Siria	1	1	0	2382	6042	6.7	3.0	15.9	8.8
66	Taiwan	0	0	0				8.0	20.7	
67	Tailandia	1	1	0	1308	3220	6.7	3.1	18.0	4.1
68	Emiratos A.U	0	0	0		18513			26.5	
69	Yemen	0	0	0		1918		2.5	17.2	0.6
70	Austria	1	1	1	5939	13327	3.6	0.4	23.4	8.0
71	Belgica	1	1	1	6789	14290	3.5	0.5	23.4	9.3
72	Chipre	0	0	0	2948		5.2		31.2	8.2
73	Dinamarca	1	1	1	8551	16491	3.2	0.6	26.6	10.7
74	Finlandia	1	1	1	6527	13779	3.7	0.7	36.9	11.5
75	Francia	1	1	1	7215	15027	3.9	1.0	26.2	8.9
76	Alemania	1	1	1	7695	15297	3.3	0.5	28.5	8.4
77	Grecia	1	1	1	2257	6868	5.1	0.7	29.3	7.9
78	Islandia	0	0	0	8091		3.9		29.0	10.2
79	Irlanda	1	1	1	4411	8675	3.8	1.1	25.9	11.4
80	Italia	1	1	1	4913	11082	3.8	0.6	24.9	7.1
81	Luxemburgo	0	0	0	9015		2.8		26.9	5.0
82	Malta	0	0	0	2293		6.0		30.9	7.1
83	Holanda	1	1	1	7689	13177	3.6	1.4	25.8	10.7
84	Noruega	1	1	1	7938	18723	4.3	0.7	29.1	10.0
85	Portugal	1	1	1	2272	5827	4.4	0.6	22.5	5.8
86	España	1	1	1	3766	9903	4.9	1.0	17.7	8.0
87	Suecia	1	1	1	7802	15237	3.1	0.4	24.5	7.9
88	Suiza	1	1	1	10308	15881	2.5	0.8	29.7	4.8
89	Turquia	1	1	1	2274	4444	5.2	2.5	20.2	5.5
90	Inglaterra	1	1	1	7834	13331	2.5	0.3	18.4	8.9
91	Barbados	0	0	0	3165		4.8		19.5	12.1
92	Canada	1	1	1	10286	17935	4.2	2.0	23.3	10.6
93	Costa rica	1	1	0	3360	4492	4.7	3.5	14.7	7.0
94	Rep. Domi.	1	1	0	1939	3308	5.1	2.9	17.1	5.8
95	El salvador	1	1	0	2042	1997	3.3	3.3	8.0	3.9
96	Guatemala	1	1	0	2481	3034	3.9	3.1	8.8	2.4
97	Haiti	1	1	0	1096	1237	1.8	1.3	7.1	1.9
98	Honduras	1	1	0	1430	1822	4.0	3.1	13.8	3.7
99	Jamaica	1	1	0	2726	3080	2.1	1.6	20.6	11.2
100	México	1	1	0	4229	7380	5.5	3.3	19.5	6.6
101	Nicaragua	1	1	0	3195	3978	4.1	3.3	14.5	5.8
102	Panama	1	1	0	2423	5021	5.9	3.0	26.1	11.6
103	Trinidad y To.	1	1	0	9253	11285	2.7	1.9	20.4	8.8

A1 Continuación

104	Estados Un.	1	1	1	12362	18988	3.2	1.5	21.1	11.9
105	Argentina	1	1	0	4852	5533	2.1	1.5	25.3	5.0
106	Bolivia	1	1	0	1618	2055	3.3	2.4	13.3	4.9
107	Brasil	1	1	0	1842	5563	7.3	2.9	23.2	4.7
108	Chile	1	1	0	5189	5533	2.6	2.3	29.7	7.7
109	Colombia	1	1	0	2672	4405	5.0	3.0	18.0	6.1
110	Ecuador	1	1	0	2198	4504	5.7	2.8	24.4	7.2
111	Guyana	0	0	0	2761		1.1		32.4	11.7
112	Paraguay	1	1	0	1951	3914	5.5	2.7	11.7	4.4
113	Perú	1	1	0	3310	3775	3.5	2.9	12.0	8.0
114	Surinam	0	0	0	3226		4.5		19.4	8.1
115	Uruguay	1	1	0	5119	5495	0.9	0.6	11.8	7.0
116	Venezuela	1	1	0	10367	6336	1.9	3.8	11.4	7.0
117	Australia	1	1	1	8440	13409	3.8	2.0	31.5	9.8
118	Fiji	0	0	0	3634		4.2		20.6	8.1
119	Indonesia	1	1	0	879	2159	5.5	1.9	13.9	4.1
120	Nva. Zelanda	1	1	1	9523	12308	2.7	1.7	22.5	11.9
121	Papua Ginea	1	0	0	1781	2544	3.5	2.1	16.2	1.5

Datos obtenidos de (Mankiw, Romer y Weil, 1992)

\*Tasa de crecimiento de la población en edad de trabajar.

Tabla A2

ENTIDAD	Población 1990	PIB 1988	PIB 1993	B.Inversión	% Analfabeta	Inv. Pública	F
Aguascalientes	862720	2854161	9935642	154203	5.6	813.4	
Baja california	2112140	9929109	27661436	292576	4.0	726.5	
Baja california s	375494	1821170	5250894	41187	4.9	342.9	
Campeche	842516	8689679	18461838	58833	13.8	2800.8	
Coahuila	2173775	11664132	31296899	355476	4.8	655.8	
Colima	488028	2085861	7104395	89261	8.6	317.3	
Chiapas	3584786	7592696	20563046	109932	26.0	3569.0	
Chihuahua	2793537	12684878	33072552	312308	5.4	1105.1	
Distrito federal	8489007	83371073	271271933	188754453	3.0	19623.4	
Durango	1431748	5141981	13570609	98266	6.0	449.0	
Guanajuato	4406568	12894944	39290995	2340785	14.1	1587.1	
Guanajuato	2916567	7352077	22328650	74876	23.9	1299.1	
Hidalgo	2112473	6846161	17891045	54991	16.9	3521.6	
Jalisco	5991176	26463416	74206802	16623386	7.4	1301.1	
México	11707964	44511815	118598838	292943	7.1	2827.1	
Michoacán	3870604	9790101	25794958	347324	15.4	1203.2	
Morelos	1442662	4984828	18143275	39276	10.6	488.3	
Nayarit	896702	2842496	8186643	9180	10.1	481.8	
Nuevo León	3550114	24721058	72916189	19972000	3.8	1073.8	
Oaxaca	3228895	6690090	19322297	169077	23.1	1848.5	
Puebla	4624365	12121622	36304528	1425715	16.3	876.8	
Querétaro	1250476	5124193	15867729	162366	11.9	527.7	
Quintana Roo	703536	2815426	15153451	26046	9.7	400.0	
San Luis Potosí	2200763	7218160	19956259	1233556	13.2	497.7	
Sinaloa	2425675	8763790	24914048	8230415	8.3	1337.5	
Sonora	2085536	10746400	29744180	1656363	4.9	1166.1	
Tabasco	1748769	7250811	16637207	159526	11.0	4502.5	
Tamaulipas	2527328	10704309	28840064	226712	6.0	1546.5	
Tlaxcala	883924	2230531	6274110	11397	8.8	294.7	
Veracruz	6737324	22183413	55655682	440359	16.4	3402.4	
Yucatán	1556622	4551061	14255737	88024	15.0	741.0	
Zacatecas	1336496	4009839	9114004	170556	9.0	380.0	

Fuente: INEGI, Cuadernos de Información oportuna regional, varios años.  
Informe presidencial, varios años.



Tabla A3  
Graduados en ciencia y tecnología por estado.

	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Total	8634	7047	6898	7869	9916	11159	9885	11548
D. F.	1974	2203	2280	2842	4006	5708	4287	4399
Jalisco	780	819	601	735	1077	1284	1054	1316
México	692	618	716	458	958	903	616	834
Nuevo León	693	827	618	675	722	587	691	873
Coahuila	315	280	310	341	258	351	362	290
Tamaulipas	285	227	186	280	387	172	224	401
Guanajuato	168	166	196	195	252	245	390	282
Querétaro	155	177	225	176	256	333	202	179
Puebla	184	166	132	283	190	226	142	202
Resto	1398	1584	1632	1884	1830	1340	1917	2772

Fuente: Reviews of national science and technology policy: Mexico, OECD.