# CAPÍTULO 16
# MODELOS KEYNESIANOS Y NEOCLÁSICOS

Los modelos de crecimiento que se desarrollaron desde fines de la década de los treinta y durante la segunda mitad del siglo XX suponen la existencia de equilibrio dinámico entre el ahorro y la inversión. Esto es lo mismo que suponer que en el crecimiento de largo plazo se mantiene la igualdad entre la demanda y la oferta agregadas. Los modelos se clasifican como keynesianos y neoclásicos dependiendo del tipo de función de producción que utilicen y del papel que le asignen en el crecimiento a la oferta o demanda agregadas.

Si el ahorro y la inversión bruta fija se definen como sigue:

$$S = sY$$

$$I = dK + \delta K$$

En equilibrio:

$$sY = dK + \delta K$$

De aquí se deduce que la tasa de crecimiento del *stock* de capital es igual a:

$$\frac{dK}{K} = s\frac{Y}{K} - \delta$$

Cuando $dK > 0$, el ahorro excede a la inversión de reposición. Si, por otro lado, $dK < 0$, el ahorro es menor que la inversión de reposición. Cuando $dK = 0$, el ahorro solo alcanza para cubrir la inversión de reposición.

Por otro lado, si se supone que el crecimiento del producto es un promedio ponderado de las tasas de crecimiento de los factores capital y trabajo:

$$\frac{dY}{Y} = \alpha\frac{dK}{K} + (1-\alpha)\frac{dL}{L}$$

Al reemplazar en esta ecuación la tasa de crecimiento del *stock* de capital de la ecuación anterior, correspondiente al equilibrio ahorro-inversión, se obtiene:

$$\frac{dY}{Y} = \alpha\left(s\frac{Y}{K} - \delta\right) + (1-\alpha)\frac{dL}{L}$$

$$\frac{dY}{Y} = \alpha\left(s\frac{Y}{K} - \delta - \frac{dL}{L}\right) + \frac{dL}{L}$$

La tasa de crecimiento del factor trabajo es exógena e igual a $n$; por lo tanto:

$$\frac{dY}{Y} = \alpha\left(s\frac{Y}{K} - \delta - n\right) + n$$

$$\frac{dY}{Y} = \alpha\left(s\frac{Y}{K} - \delta - n\right) + n$$

$$\frac{dY}{Y} = \alpha\left(s\frac{Y}{K} - (\delta + n)\right) + n$$

La tasa de crecimiento del producto per cápita es, bajo el supuesto de cambios continuos, igual a:

$$\frac{dy}{y} = \frac{dY}{Y} - n \qquad \text{Donde } y = \frac{Y}{L}$$

En consecuencia, la ecuación de la tasa de crecimiento del producto per cápita puede expresarse como sigue:

$$\frac{dy}{y} = \alpha\left(s\frac{Y}{K} - (\delta + n)\right)$$

## 16.1 Modelo de Harrod-Domar

El modelo de Harrod, de 1939 (*An Essay in Dinamic Theory*), es una extensión del análisis del equilibrio estático de la *Teoría General* de Keynes al equilibrio dinámico de largo plazo. Domar formuló, en 1946 (*Capital Expansion, Rate of Growth, and Employment*), un modelo de características similares al de Harrod. La condición para el equilibrio estático es que los planes de inversión deben ser iguales a los planes de ahorro. Harrod se pregunta cuál debe ser la tasa de crecimiento del producto para que esta condición de equilibrio se cumpla a través del tiempo en una economía en crecimiento.

Harrod introdujo tres conceptos de tasas de crecimiento distintos: tasa de crecimiento observada o efectiva, tasa de crecimiento garantizada y tasa de crecimiento natural. La primera no asegura un equilibrio con una inversión suficiente para igualar al ahorro planeado. Con la tasa garantizada se mantiene el pleno empleo del capital, pero no asegura la plena utilización del trabajo, que depende de la tasa de crecimiento natural. Esta última es igual a la suma de las tasas de crecimiento de la fuerza de trabajo y de la productividad.

El propósito del modelo de Harrod-Domar es revelar las condiciones necesarias para el equilibrio entre el ahorro agregado y la inversión agregada en una economía en crecimiento, considerando el doble papel de la inversión: como determinante de la utilización corriente de la capacidad productiva y como factor que crea capacidad de producción.

La hipótesis fundamental del modelo es que los capitalistas tienen un *stock* de capital deseado en relación a la demanda de sus mercancías; en otras palabras, tienen una tasa deseada de utilización de su *stock* de capital. Si su *stock* es sobreutilizado, los inversionistas desearán invertir más buscando lograr el nivel deseado del *stock* de capital; pero, si es sobreutilizado disminuirán sus inversiones. Cuando hay plena utilización del capital, no hay sobreproducción ni subproducción; por lo tanto, en este caso, los productores desean hacer inversiones en el futuro a la misma tasa que en el pasado.

El supuesto de que los capitalistas desean mantener una proporción fija de *stock* de capital en relación a la demanda de sus mercancías ($Y$), se puede expresar como sigue:

$$Y = \frac{1}{v} K$$

Donde $v$ es la relación capital-producto deseada que permanece constante dadas las expectativas de los capitalistas.

Dado que $\frac{dK}{K} = s\frac{Y}{K} - \delta$, entonces:

$$\frac{dK}{K} = \frac{s}{v} - \delta$$

Puesto que la relación capital-producto debe mantenerse constante en todo instante del tiempo, la tasa de crecimiento del *stock* de capital debe ser igual a la tasa de crecimiento del producto:

$$\frac{dY}{Y} = \frac{dK}{K} = \frac{s}{v} - \delta$$

Esta expresión nos dice que el *stock* de capital y el producto estarán creciendo siempre que el cociente de la tasa de ahorro y la relación capital-producto sea mayor que la tasa de depreciación. Si es menor, entonces dicho cociente estará disminuyendo y, si son iguales, permanecerá invariable.

La tasa de crecimiento del producto per cápita, en tiempo continuo, es:

$$\frac{dy}{y} = \frac{dY}{Y} - \frac{dL}{L}$$

Donde $y = Y / L$ es el producto per cápita y $n$ es la tasa de crecimiento de la población. La tasa de crecimiento del producto per cápita del modelo Harrod-Domar será igual a:

$$\frac{dy}{y} = \frac{s}{v} - (\delta + n)$$

Así, se puede observar que el modelo predice que solo habrá crecimiento del producto per cápita si el cociente de la tasa de ahorro y la relación capital-producto es mayor a la suma de la tasa de depreciación del capital y la tasa de crecimiento de la población.

El modelo define también una tasa natural de crecimiento del producto que es igual, en ausencia de cambio técnico, a la tasa de crecimiento de la población. Sin embargo, dado que la tasa de crecimiento del producto depende de parámetros exógenos, no existe en el modelo ningún mecanismo que garantice que esta sea igual a la tasa natural o que, ante choques inesperados, la tasa de crecimiento del producto se desvíe y luego regrese a la tasa garantizada su valor natural. Por ello, se dice que en el modelo Harrod-Domar el crecimiento no asegura el pleno empleo y que el crecimiento es inestable.

El papel para la política económica en este modelo, al igual que en otros modelos keynesianos, es claro. Dado que el Estado no puede afectar la tasa de crecimiento de la población ni el *ratio* capital-producto, uno de sus instrumentos de política será el ahorro público, que afecta la tasa de ahorro de la economía[2]. Cuando el gobierno tiene ingresos superiores a sus gastos, aumenta el ahorro total disponible y se dice que incurre en un superávit fiscal; cuando sus gastos exceden sus ingresos, disminuye el ahorro total y se dice que incurre en déficit. Si la tasa de crecimiento del producto es distinta de la natural; es decir $n \neq (s / v) - \delta$, el Estado puede aumentar o disminuir el ahorro nacional (incurriendo en déficits o superávits), de manera que se converja a la tasa de crecimiento natural.

[2] Ver Van der Klundert (2001) para un análisis más extenso.

## 16.2 Modelo de Solow

Solow, en su intento de mostrar que el crecimiento puede ser estable y con pleno empleo, reemplaza el supuesto de una relación capital-producto constante por una relación capital-producto variable.

Si la tecnología no es lo suficientemente flexible para cada bien en un determinado tiempo —dice Solow—, la intensidad agregada de factores debería de ser mucho más variable porque una economía puede elegir entre ser intensiva en capital, ser intensiva en trabajo o incluso ser intensiva en tierras. Así, Solow hace variable la relación capital-producto bajo el supuesto de sustituibilidad de los factores de producción.

A diferencia del modelo Harrod-Domar, en el que el crecimiento con pleno empleo resulta de un golpe de suerte que permite que se igualen las tasa de crecimiento garantizada, efectiva y la natural de la economía, el modelo de Solow muestra que la economía capitalista puede crecer a la tasa que crece su fuerza laboral y que este crecimiento es estable. Si es posible sustituir trabajo por capital, y viceversa, entonces las variaciones de la relación capital-producto permitirán que la economía converja a su equilibrio de largo plazo (*steady state*).

La tasa de crecimiento del producto per cápita obtenida a partir de la igualdad entre el ahorro y la inversión es igual a:

$$\frac{dy}{y} = \alpha\left(s\frac{Y}{K} - \delta - n\right)$$

El término entre corchetes es la tasa de crecimiento de la intensidad del capital, es decir, de la relación $K/L$.

Si $k = K/L$, la tasa de crecimiento de $k$ es igual a:

$$\frac{dk}{k} = \frac{dK}{K} - \frac{dL}{L}$$

Como la tasa de crecimiento del *stock* de capital es:

$$\frac{dK}{K} = s\frac{Y}{K} - \delta$$

Entonces:

$$\frac{dk}{k} = s\frac{Y}{K} - \delta - n$$

Si suponemos que a largo plazo la intensidad del capital está constante —es decir, que su tasa de crecimiento es cero—, la tasa de crecimiento del *stock* de capital y del producto serán iguales a la tasa de crecimiento de la fuerza laboral:

$$\frac{dY}{Y} = \frac{dK}{K} = s\frac{Y}{K} - \delta = n$$

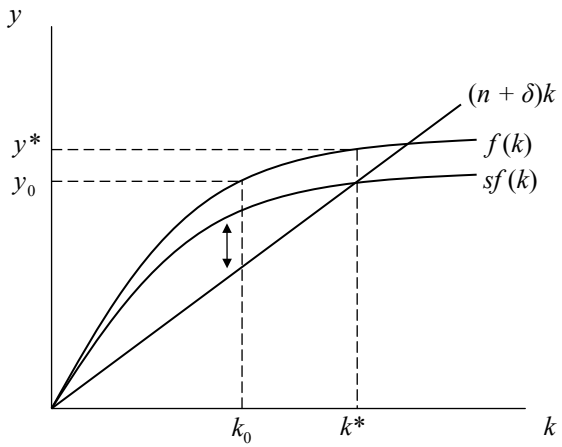
Esto quiere decir que, en el estado estacionario, el producto per cápita o la productividad media del trabajo está constante:

$$\frac{dy}{y} = 0$$

En el gráfico que sigue están representadas las curvas de producto per cápita ($y = f(k)$) e inversión per cápita ($sf(k)$), así como la recta que representa la inversión requerida para mantener el capital per cápita constante $(n + \delta)k$.

El producto per cápita y el ahorro per cápita muestran rendimientos marginales decrecientes del factor capital. Este supuesto es fundamental para que el modelo sea estable.

**El equilibrio en el modelo de Solow**




En el estado estacionario, $sf(k) = (n + \delta)k$.

Nótese que si aumenta $s$, los niveles de $k$ y de $y$ en el nuevo estado estacionario también aumentarán, pero la tasa de crecimiento del producto agregado será la misma. Si bien el producto per cápita está constante en el largo plazo, el producto agregado crece a la tasa $n$.

El modelo de Solow es estable; es decir, converge a su estado estacionario. El supuesto que hace que esto sea posible es la sustitución de los factores capital y trabajo junto con la proposición de rendimientos marginales decrecientes de dichos factores. Para probar esto, partimos de la ecuación para la tasa de crecimiento del capital per cápita o intensidad de capital:

$$\frac{dk}{k} = s\frac{Y}{K} - \delta - n$$

$$\frac{dk}{k} = \frac{\dot{k}}{k} = s\frac{Y}{K} - (\delta + n)$$

Si $\dot{k}/k > 0$, entonces el *stock* de capital estará creciendo. No obstante, a medida que aumenta, debido a la propiedad de rendimientos marginales decrecientes, el producto y el producto per cápita aumentarán cada vez en una proporción menor, lo que hará que el *ratio* $Y/K$ disminuya.

¿Hasta cuándo disminuirá el *ratio* $Y/K$? Disminuirá hasta que:

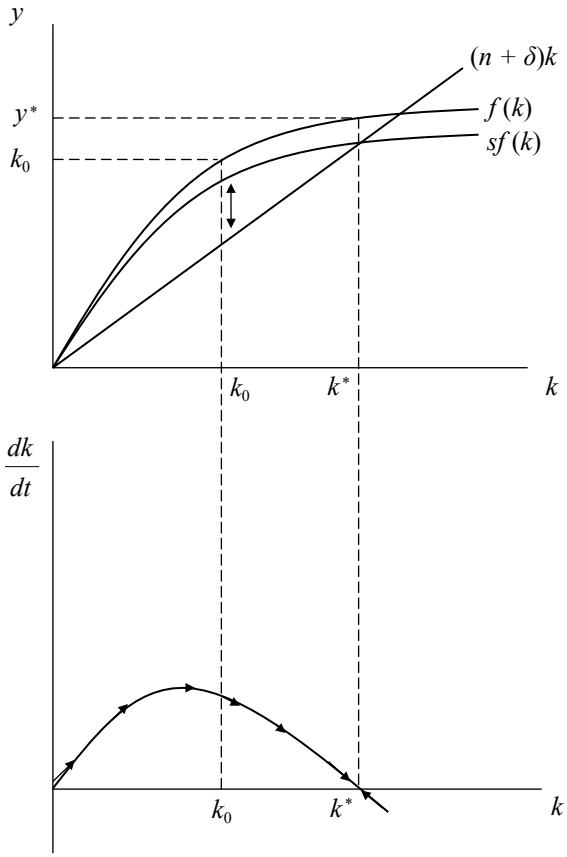
$$s\frac{Y}{K} = n + \delta \qquad \text{O cuando} \qquad \frac{\dot{k}}{k} = 0$$

Si $\dot{k}/k < 0$, entonces el *stock* de capital per cápita estará decreciendo. Cuando esto sucede, la relación $Y/K$ aumenta (debido a la propiedad de rendimientos marginales decrecientes) hasta que $sy/k$ se iguale a $n + \delta$.

El equilibrio en este modelo implica una tasa de crecimiento del *stock* de capital per cápita igual a cero. Ello no significa que habrá ausencia de inversión, sino que esta será igual a la inversión necesaria para reponer el capital gastado durante la producción y para dotar de capital a los nuevos trabajadores.

Una conclusión importante del modelo de Solow es que el equilibrio es estable pues, siempre que $\dot{k}/k$ sea distinto de cero, la presencia de rendimientos marginales decrecientes del factor capital asegura el retorno al equilibrio $\dot{k}/k = 0$.

**Equilibrio en el modelo de Solow**




En el panel superior vemos que el equilibrio se logra cuando la inversión se iguala a aquella inversión necesaria para mantener constante el nivel de capital per cápita ($k^*$). Si la economía se encontrase en un punto inicial distinto a $k^*$, como por ejemplo $k_0$, la inversión es mayor a aquella necesaria para mantener el capital per cápita constante. A medida que aumenta el capital, disminuirá la relación producto-capital, reduciendo la tasa de crecimiento del capital per cápita. Entonces, el capital per cápita aumentará hasta su valor de equilibrio $k^*$ en el estado estacionario $\dot{k}/k = 0$. Si $k_0$ se encontrase a la derecha de $k^*$, sucedería lo contrario.

Dado que en el equilibrio el capital per cápita no varía, el producto per cápita tampoco variará. Sin embargo, la evidencia empírica demuestra que las economías sí crecen en términos per cápita. Para solucionar dicho problema, Solow introduce de manera exógena la variable «tecnología» en la función de producción de la economía. Así, a medida que mejora la tecnología, con la misma cantidad de capital y trabajo se

obtendrán mayores niveles de producción. El producto per cápita aumentará a la tasa que crece el progreso técnico.

### El progreso técnico exógeno

El producto per cápita crecerá únicamente si hay progreso técnico. En este caso, la contabilidad del producto toma la forma siguiente, donde el progreso técnico crece a la tasa $\rho$:

$$\frac{dY}{Y} = \alpha \frac{dK}{K} + (1-\alpha)\frac{dL}{L} + \frac{dA}{A}$$

Reemplazando la tasa de crecimiento del capital a partir del equilibrio ahorro-inversión y suponiendo que la fuerza laboral y la tecnología crecen a tasas constantes ($n$ y $\rho$, respectivamente) se obtiene:

$$\frac{dY}{Y} = \alpha\left[s\frac{Y}{K} - (\delta + n)\right] + n + \rho$$

Si la intensidad del capital está constante; es decir, si la tasa de crecimiento del capital es cero, entonces la producción crecerá a la tasa $n + \rho$:

$$\frac{dY}{Y} = n + \rho$$

De aquí se deduce que la productividad media del trabajo crece a la tasa del progreso técnico.

$$\frac{dy}{y} + n = +n + \rho \qquad ; \qquad \frac{dy}{y} = \rho$$

Un mayor progreso técnico aumenta la tasa de crecimiento del producto per cápita. Nótese que, en este modelo, el cambio técnico es exógeno.

### El modelo de Solow y el de Harrod-Domar

En el modelo de Solow hay un rango de estados estacionarios posibles y la amplitud de este rango corresponde al de las intensidades agregadas de factores. La variación en la intensidad del capital sería la condición más importante en la economía, a diferencia de la condición impuesta en el modelo de Harrod-Domar. A diferencia del modelo de Solow, el modelo de Harrod-Domar no incorpora la función de producción neoclásica.

Empleando una función de producción neoclásica donde se incluya el cambio técnico como variable exógena, la tasa de crecimiento del producto per cápita es independiente de la tasa de ahorro (o de la tasa de inversión) y depende totalmente de la tasa de progreso tecnológico. En el estado estacionario, las tasas de crecimiento del producto y del producto per cápita dependen solo de factores exógenos.

## La regla de oro

Sabemos que el consumo es la diferencia entre el producto y el ahorro. Expresado en términos per cápita, tenemos que:

$$c = f(k) - sf(k)$$

En el estado estacionario se cumple que $s(f) = (n + \delta)k$. Reemplazamos:

$$c = f(k) - (n + \delta)k$$

Para maximizar el consumo, derivamos esta última ecuación respecto al capital per cápita e igualamos a cero, con lo cual obtenemos:

$$\frac{\partial c}{\partial k} = f'(k) - (n + \delta) = 0$$

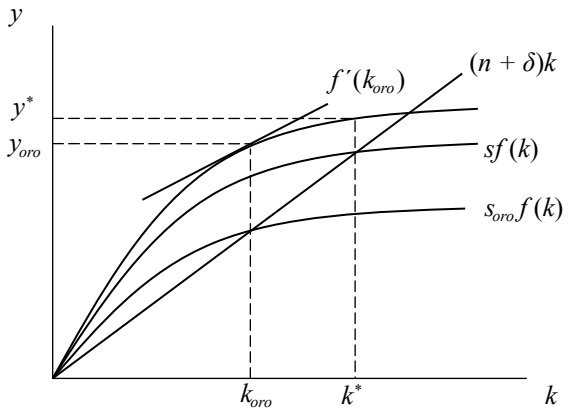
Finalmente:

$$f'(k) = (n + \delta)$$
$$f'(k) - \delta = n$$

La productividad marginal del capital neta de depreciación debe ser igual a la tasa de crecimiento de la fuerza laboral. Esta es la famosa *regla de oro* de la acumulación de capital.

Podemos ilustrar este resultado con la ayuda de un gráfico. Como sabemos, la productividad marginal del capital es una tasa de variación; es decir, una derivada. Si trazamos una recta tangente a la función de producción, cuya pendiente sea igual a la pendiente de la recta de inversión necesaria para mantener el capital per cápita constante, obtendremos el nivel de capital per cápita que maximiza el consumo. La tasa de ahorro respectiva es menor a la tasa de ahorro *s*. Nótese, además, que $k_{oro}$ es menor que $k^*$.

**La regla de oro en el modelo de Solow**



**Estática comparativa y políticas**

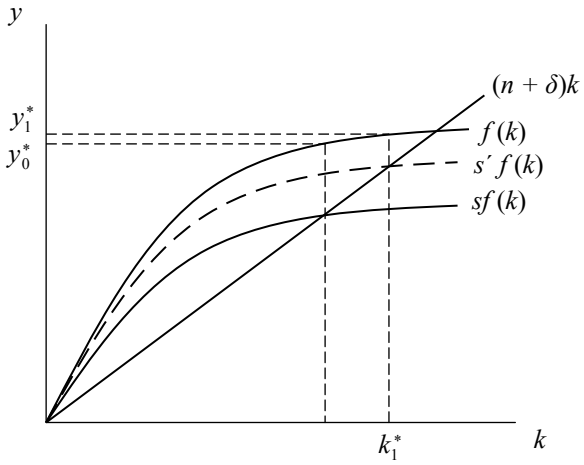
Un aumento del ahorro hace que la intensidad del capital se incremente y, con ello, el producto per cápita. Sin embargo, la tasa de crecimiento de largo plazo del PBI no cambia, sigue siendo igual a las tasas exógenas de crecimiento de la fuerza laboral y del progreso técnico.

En la ecuación de la tasa de crecimiento del capital per cápita, tenemos lo siguiente:

$$\uparrow \frac{dk}{k} = (s \uparrow)\frac{y}{k} - (n + \delta)$$

Gráficamente, vemos que tanto el producto como el capital per cápita del estado estacionario ($k^*$) aumentan. La tasa de crecimiento del producto ($n$) sigue siendo la misma.

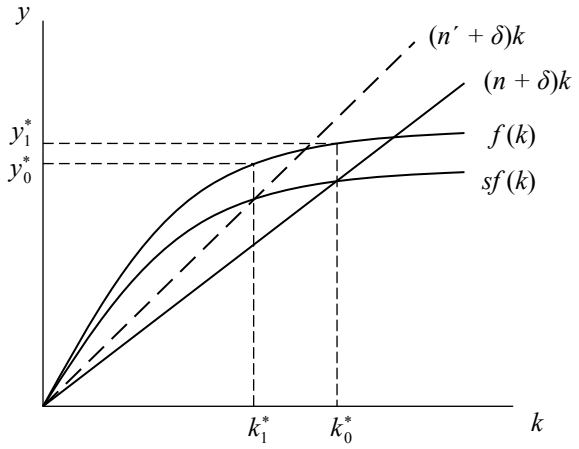
**Un incremento del ahorro**




Hay una relación inversa entre la tasa de crecimiento de la fuerza laboral y el producto per cápita. Si la tasa de crecimiento de la fuerza laboral se incrementa, el producto per cápita será menor; asimismo, el capital per cápita del estado estacionario será menor.

$$\downarrow \frac{dk}{k} = \frac{sy}{k} - ((\uparrow n) + \delta)$$

**Un incremento de la tasa de crecimiento de la población**




**Regla de oro y tasa de ahorro**

En la economía de Norlandia, el *stock* de capital es aproximadamente 2.5 veces el PBI de un año:

a) $k = 2.5y$

Aproximadamente el 10% del PBI es utilizado para reemplazar el capital gastado u obsoleto:

b) $\delta k = 0.1y$

El ingreso por el factor capital es aproximadamente un 30% del PBI:

c) $f'(k)k = 0.3y$

Donde $PMgK = f'(k)$

Para determinar $\delta$, dividimos b) entre a), con lo cual: $\delta = 4\%$
Para determinar $PMgK$, dividimos c) entre a), con lo cual: $PMgK = f'(k) = 12\%$

Por lo tanto, tenemos que:

$$PMgK - \delta = 12\% - 4\% = 8\%$$

Ahora bien, si sabemos que la economía de Norlandia crece a una tasa de 3% anual, que es la tasa de crecimiento de la fuerza laboral; es decir, $n = 0.03$, entonces:

$$PMgK - \delta = 0.08 > 0.03 = n$$

La economía de Norlandia se encuentra por debajo de la regla de oro: si incrementamos la tasa de ahorro, tendremos un crecimiento más rápido hasta llegar a un nuevo nivel de estado estacionario con un mayor consumo per cápita.

## ❖ Convergencia en el modelo de Solow

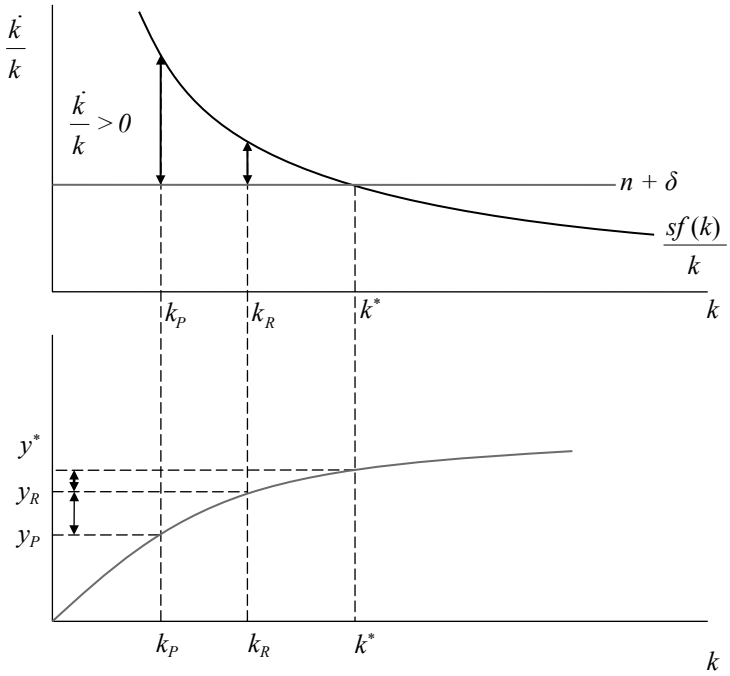
La ecuación de crecimiento de la intensidad del capital en el modelo de Solow puede escribirse así:

$$\frac{dk}{k} = s\frac{f(k)}{k} - (n+\delta)$$

La tasa de crecimiento de las dotaciones de capital por trabajador depende, positivamente, de la tasa de ahorro y de la productividad media del capital; y, negativamente, de la tasa de crecimiento de la población y de la tasa de depreciación. El primer término es decreciente porque la productividad media del capital disminuye a medida que aumenta el *stock* de capital.

La relación capital-trabajo de un país pobre es, generalmente, menor que la de un país rico. Por lo tanto, el país pobre crecerá más rápido que el rico, hasta que ambos converjan al mismo nivel de crecimiento de largo plazo. Esto sucederá solo si ambos tienen los mismos parámetros (como $s$, $n$, $\delta$, y $f(.)$). Entonces, a medida que los países se encuentren más alejados del nivel de equilibro; es decir, que tengan intensidades de capital menores, crecerán a tasas mayores y lograrán alcanzar a los países que registren *ratios* capital-trabajo mayores. A esta convergencia se le denomina convergencia absoluta.

**Convergencia en el modelo de Solow**



En el gráfico anterior, $sf(k)/k$ es la inversión bruta por unidad de capital. Se puede observar que la tasa de crecimiento correspondiente a un país pobre, con un *stock* de capital $k_p$, es mayor que la de un país rico con un *stock* de capital $k_R$.

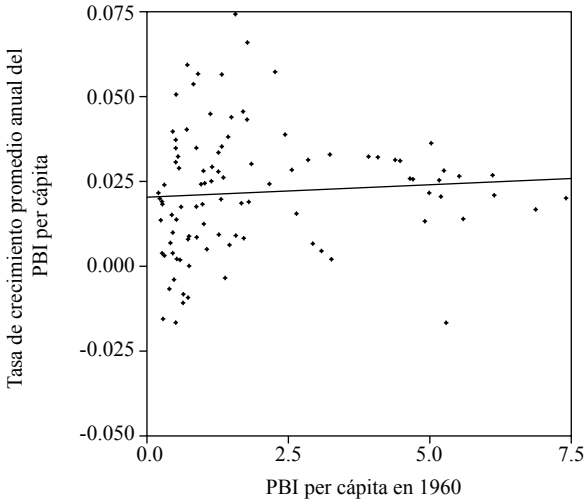
Para someter a prueba dicha hipótesis se estimaron ecuaciones del siguiente tipo (Sala-i-Martin, 2002, p. 43):

$$\gamma_{i,t,t+T} = b_0 + b_1 y_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

Donde $\gamma_{i,t}$ es la tasa de crecimiento del PBI per cápita del país «i» entre el periodo $t$ y $t + T$; $y_{i,t}$ es el nivel de PBI per cápita del país «i» al inicio del periodo $t$ (utilizado como *proxy* del nivel inicial de *stock* de capital); y $\varepsilon_{i,t}$ es un término de error. Para que se compruebe la hipótesis de la convergencia absoluta, las estimaciones deberían indicar que $b_1$ tiene signo negativo. En otras palabras, a mayor nivel inicial de PBI per cápita, el país «i» crecerá a una tasa menor; o, lo que es lo mismo, a menor nivel inicial de PBI per cápita, el país «i» crecerá a una tasa mayor.

Sin embargo, la evidencia empírica no parece apoyar la hipótesis de la convergencia absoluta. Barro (1991) encuentra que no hay relación negativa (como la que teóricamente se espera) entre la tasa de crecimiento promedio anual del PBI per cápita entre 1960 y 1985 para 98 países, contra su nivel de PBI per cápita en 1960.

**Hipótesis de convergencia absoluta**




Fuente: Barro (1991).

La evidencia empírica muestra una relación positiva entre el nivel inicial del PBI per cápita y la tasa de crecimiento del PBI per cápita, lo que rechazaría la hipótesis de convergencia absoluta ($b_1 < 0$).

Romer (1986) propone que dicha relación positiva se debería a la existencia de rendimientos a escala crecientes en la función de producción. Ello le daría una ventaja inicial a los países ricos, lo que haría que sus estándares de vida nunca sean alcanzados por los países pobres.

Por su parte, De Long (1988), en un estudio que abarca una amplia muestra de países, no encuentra evidencia de que el nivel de bienestar de los países pobres se esté acercando al de los ricos.

¿Estos resultados significan que las predicciones del modelo de Solow fallan? Sí, cuando se trata de la versión absoluta de la hipótesis de convergencia. Los países tienen distintos parámetros; por lo tanto, convergerán a sus propios estados estacionarios. Así, lo que el modelo neoclásico de Solow predice es más bien la *convergencia condicional*, la cual plantea que cada país, con sus propios parámetros demográficos, de ahorro y de tecnología, convergerá a su propio estado estacionario. Mientras más lejana esté una economía de su estado estacionario, mayor será su velocidad de convergencia.

Los niveles de capital ($k$) y producción ($y$) per cápita en el estado estacionario dependen de los parámetros. Si la tasa de ahorro ($s$) es mayor, o la tasa a la que crece la fuerza laboral ($n$) es menor, el nivel de capital en el estado estacionario será mayor; no obstante, la tasa de crecimiento volverá a ser cero una vez alcanzado el nuevo estado estacionario. Si el nivel del *stock* de capital es bajo, la inversión bruta y la tasa de crecimiento del capital serán altas. Como la producción sigue la misma trayectoria que el capital, también crecerá más cuanto más lejos esté la economía de su estado estacionario.

La evidencia empírica, a diferencia del anterior tipo de convergencia, soporta fuertemente la hipótesis de convergencia condicional. Mankiw, Romer y Weil (1992) encuentran evidencia de convergencia entre países de similares características.

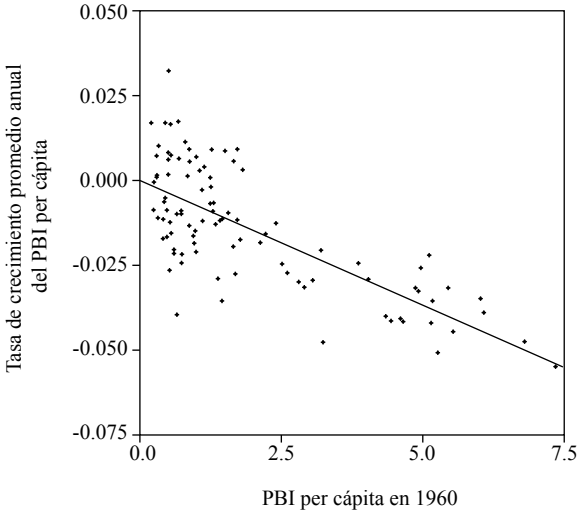
Así, la convergencia condicional propone que los países poseen distintos niveles de productos potenciales o de largo plazo y que los mismos crecerán a tasas más altas cuando más alejados se encuentren de su propio nivel potencial ($y_i^*$). Para someter a prueba dicha hipótesis, se estimaron ecuaciones del tipo (Sala-i-Martin, 2002, p. 43):

$$\gamma_i = b_0 + b_1(y_i^* - y_i) + \varepsilon_i$$

Para comprobar la hipótesis de la convergencia condicional, las estimaciones deberían indicar que cuanto más lejos se encuentra un país de su nivel potencial, crecerá a tasas mayores; es decir, que $b_1 < 0$. Dado que el PBI potencial no es una variable que se observe en la realidad, Barro (1991) toma como *proxy* del mismo al nivel inicial de capital humano, el cual es aproximado con indicadores de matrículas escolares. La idea detrás de modelar el PBI potencial a través del capital humano es que un país con trabajadores más educados, hábiles y calificados podrá expandir las capacidades productivas de su economía.

La evidencia empírica muestra que, efectivamente, existe una relación negativa entre los niveles iniciales de PBI per cápita y las tasas de crecimiento una vez que es «controlada» por el producto potencial; es decir, que se admiten niveles de producto potencial distintos para cada país. Dicho resultado puede evidenciarse en el siguiente gráfico, donde se plotea la tasa de crecimiento promedio anual del PBI per cápita entre 1960 y 1985 para 98 países contra el nivel de PBI per cápita en 1960, habiendo controlado el efecto del PBI potencial:

**Hipótesis de convergencia relativa**




Fuente: Barro (1991).

Otro resultado importante que se desprende del modelo de Barro es que la tasa de crecimiento del producto per cápita depende positivamente del nivel de capital humano. Ello es un gran aporte para los *policymakers,* dado que evidencia la importancia de invertir en educación y no solo en la acumulación de capital físico.