

## Modelo neoclásico de crecimiento económico de Solow-Swan: Teoría y evidencia

---

Robalino Rivadeneira Guadalupe Alejandra\*

---

### Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo analizar la hipótesis de convergencia según el modelo neoclásico de crecimiento económico exógeno de Solow-Swan (1956). De acuerdo a este modelo, los países pobres en términos de ingreso o renta per cápita deben crecer a un mayor ritmo respecto a los países inicialmente más rico, de manera que a largo plazo los primeros convergerán en relación a los segundos, es decir, los países de menores ingresos per cápita experimentarían a largo plazo tasas de crecimiento más alta, alcanzando los niveles de ingresos que ostentan los países más ricos en la distribución internacional. Discutimos cómo se forma tal hipótesis o cuál es el mecanismo que garantiza la convergencia entre países pobres y ricos, y además de ello realizamos algunos ejercicios empíricos con datos durante el período 1960-2014 para un conjunto de 111 países de los que se dispuso de datos. El método de investigación es documental bibliográfico y la investigación por su nivel es de carácter descriptiva. Se concluye sobre base de la evidencia disponible que durante el período de análisis se puede decir que en el mundo (para los 111 países en conjunto) no hay una evidencia que sugiera la validez de la hipótesis de convergencia, pero si se observa alguna relación en favor de la hipótesis de convergencia, aunque a veces débil, cuando se consideran países con mayor grado de homogeneidad a lo interno de regiones del mundo.

**Palabra clave:** Convergencia, Crecimiento económico, Modelo neoclásico de Solow-Swan, PIB per cápita.

---

\* Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, aleita\_rob@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1397-814X>

**Recibido:** 2021-01-28. **Aceptado:** 2021-06-13



## **Convergence in the Solow-Swan Neoclassical Model of Economic Growth: Theory and Evidence**

---

### **Abstract**

This paper aims to analyze the convergence hypothesis according to the neoclassical model of exogenous economic growth of Solow-Swan (1956). According to this model, poor countries in terms of income or per capita income must grow at a higher rate than the initially richer countries, so that in the long term the former will converge in relation to the latter, that is, the countries with lower per capita income would experience higher long-term growth rates, reaching the income levels of the richest countries in the international distribution. We discuss how such a hypothesis is formed or what is the mechanism that guarantees convergence between poor and rich countries, and in addition to this we carry out some empirical exercises with data during the period 1960-2014 for a set of 111 countries for which data were available. . The research method is bibliographical documentary and the research, due to its level, is descriptive. It is concluded based on the available evidence that during the analysis period it can be said that in the world (for the 111 countries as a whole) there is no evidence that suggests the validity of the convergence hypothesis, but if some relationship is observed in favor of the convergence hypothesis, although sometimes weak, when considering countries with a higher degree of homogeneity within world regions.

**Key word:** Convergence, Economic growth, Solow-Swan neoclassical model, GDP per capita..

### **INTRODUCCIÓN**

Una de las cuestiones que más interés ha generado en la literatura empírica sobre el crecimiento económico es si los países pobres tienden a crecer más rápidamente que los países ricos (Romer, 2006), de manera que las brechas en ingresos y, en general, las diferencias en desempeños entre países de ingreso alto y países de ingreso bajo tienden a desaparecer. Esta situación se conoce como hipótesis de convergencia en la teoría del crecimiento. Al considerar un grupo de economías durante un lapso de tiempo  $T$ , aquellas con menores niveles de ingreso per cápita en el año inicial exhibirán tasas de crecimiento más altas respecto a las más ricas ubicadas en la parte superior de la distribución inicial del ingreso. Por lo tanto, existe una tendencia para el ingreso per cápita de los países

pobres a alcanzar el nivel ostentado por los países ricos, de manera que los primeros convergen (catching-up) en el tiempo.

Empíricamente, la “ley de hierro de convergencia” plantea que los países eliminan la brecha en ingreso real per cápita en alrededor de 2% por año. Convergencia a una tasa de 2% implica que a un país  $x$  le toma 35 años cubrir la mitad de su brecha inicial respecto al estado estacionario. La hipótesis toma las formas de convergencia absoluta y de convergencia condicional en algunos grupos de economías (Barro, 2012).

En el primer caso, la convergencia es absoluta en el sentido de que no toma en cuenta las diferencias iniciales que puedan existir entre las economías en cuanto a los fundamentos de sus funciones de producción y en un grupo de variables que recogen las diferencias en la posición de estado estacionario de largo plazo (Barro, 2012). En contraposición, bajo convergencia condicional una colección heterogénea de economías que difieren sustancialmente en términos de sus propiedades de largo plazo, es decir, de sus estados estacionarios, pueden converger a pesar de ostentar diferentes determinantes potenciales del ingreso de estado estacionario.

El modelo neoclásico de crecimiento de Solow-Swan (1956), probablemente el modelo de crecimiento más conocido, predice una tendencia de las economías a transitar hacia un estado estacionario. Por estado estacionario se entiende un estado donde la economía crece a tasa nula en términos per cápita, o lo que es lo mismo, el crecimiento de sus variables agregadas es igual al crecimiento de su población. En el estado estacionario, los procesos de acumulación de capital per cápita y de crecimiento del ingreso per cápita se detienen como se verá en este trabajo.

En convergencia existe una relación inversa entre el nivel inicial de capital e ingreso per cápita y la tasa de crecimiento de estas variables durante la transición hacia ese estado. Es decir, el crecimiento se haya relacionada inversamente con el nivel de capital e ingreso per cápita. La situación puede resumirse así.

Los países con bajo capital per cápita tendrán una alta tasa de retornos del capital, por la ley de los rendimientos marginales decrecientes. Las características teóricas de la función de producción neoclásica garantizan que prevalezcan rendimientos marginales decrecientes en los factores o

insumos acumulables, capital y trabajo. Entonces, adiciones al stock de capital causarán un impacto mayor en el ingreso per cápita, y los países pobres acumularán capital más rápido y producirán más por término medio año tras año, suponiendo controlados parámetros como la tasa de ahorro y depreciación y el crecimiento poblacional. Así, un país como Bangladesh, con bajo capital per cápita, una unidad adicional de capital que se agregue genera un rendimiento mayor en términos de producto respecto a la adición de la misma unidad en un país rico como Estados Unidos de América, Japón o Alemania.

Turpo, Aguaded, Barros (2022) Esta hipótesis es tentadora por cuanto pronostica que las diferencias mundiales en ingresos tenderán a desaparecer, y los experimentos o intentos de política para subir la tasa de ahorro e inversión sólo acelerará la transición al estado estacionario, más allá del cual la economía dejaría de crecer por lo que en algún momento las economías rezagadas terminarían por alcanzar a las líderes.

Los hechos estilizados, sobre todo a partir de la segunda mitad del siglo XX, revelan más bien una extensión de la brecha entre los países ricos y pobres. En este sentido, las experiencias económicas de los países y regiones del mundo han sido extremadamente variadas (Sala-i-Martin, 2000 y Maddison, 2001). Entre tanto, ha crecido el interés en analizar los determinantes del crecimiento y la transformación de economías de ingresos bajos y pobres en economías con altos niveles de ingreso y mejor calidad de vida y bienestar, como objeto principal de estudio de la teoría del crecimiento y del desarrollo. Este trabajo tiene como objetivo analizar la hipótesis de convergencia que se origina del modelo de Solow-Swan, como base teórica para explicar si los países pobres pueden alcanzar a los países ricos, y su contraste con los datos disponibles.

El documento se divide en cinco partes luego de esta introducción se presenta los fundamentos básicos del modelo de crecimiento económico exógeno de Solow-Swan, en la segunda sección se describe brevemente los aspectos teóricos en los que se basa la hipótesis de la convergencia en el modelo neoclásico de crecimiento. En la tercera sección se aborda la metodología y la descripción de los datos utilizados en el estudio, la cuarta sección se presentan los resultados y, finalmente, la quinta sección muestra las conclusiones de la investigación.

El objetivo del modelo de Solow-Swan es estudiar el papel de la acumulación de factores, especialmente el capital, en el crecimiento

económico a largo plazo. El modelo analiza sí, para una economía que desea disfrutar de una mayor tasa de crecimiento, es relevante aumentar la tasa de ahorro e inversión y con ello su stock de capital físico. El modelo parte de los siguientes supuestos (Sala-i-Martin, 2000): 1) la economía es cerrada y sin gobierno, es decir, las exportaciones netas y el gasto público son iguales a cero; 2) no existen movimientos de capitales, por tanto, la economía en su conjunto no puede pedir prestado, y todo lo ahorrado debe invertirse en el país (ahorro nacional total es igual a la inversión bruta total). Estos dos supuestos ayudan a concentrar la atención en el rol que juega la inversión en el crecimiento. Entonces en la economía todo el producto o ingreso se distribuye entre consumidores e inversores, es decir entre gastos de consumo y gastos de inversión. La parte del ingreso de los hogares que no se consume es ahorro, y por definición es exactamente igual a la inversión de las empresas, esta proporción del producto destinada a la inversión,  $s$ , se supone exógena y constante.

La función de producción general es:

$$Y_t = F(K_t, L_t, A_t) \quad (1)$$

Donde  $Y_t$  es el nivel de producto obtenido en  $t$ ,  $K_t$  es el stock de capital físico (como herramientas, maquinas o equipos, edificios, entre otros que fueron producidos en el pasado por una función de producción como la que describimos),  $L_t$  el número de trabajadores de la economía y  $A_t$  es la tecnología, cuya característica más importante es que es un bien no rival: dos o más productores pueden usar la misma tecnología al mismo tiempo.

La producción agregada puede aumentar o crecer si aumenta  $K_t$ , si aumenta  $L_t$ , o si aumenta  $A_t$  (Sala-i-Martin, 2000:13). Se dice que una función de producción es neoclásica si satisface las siguientes propiedades: a) La función presenta rendimientos constantes a escala, que significa que si se duplica la cantidad de factores capital y trabajo entonces también se duplica la cantidad de producto agregado obtenido. Esta propiedad es conocida como homogeneidad de grado uno en  $K$  y  $L$ ; b) La productividad marginal de los factores rivales es positiva, pero decreciente, y c) la función de producción neoclásica satisface un conjunto de requerimientos llamados condiciones de Inada (1964).

Una función de producción que satisface estas tres propiedades es la función Cobb-Douglas (Sala-i-Martin, 2000:15-16):

$$Y_t = A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha} \quad (2)$$

El segundo supuesto es importante para entender el proceso de convergencia entre países o regiones. En una economía rica, aumentos adicionales de capital por trabajador generaran rendimientos cada vez menores, cuestión que se refuerza con las condiciones de Inada (1964), que expone para una economía con alto nivel de capital per cápita la productividad marginal de este factor tiende a cero. En contraposición, si el capital se concentra en economías menos desarrolladas, aquellas con niveles bajos de ingreso per cápita, la productividad marginal del capital adicional será mayor y, por lo tanto, mayores las ganancias derivadas en términos de producto obtenido. Luego, en estas últimas economías el producto per cápita debería crecer a un ritmo o velocidad mayor. El resto de los supuestos del modelo se pueden resumir en las siguiente: Las dotaciones iniciales de capital, trabajo y tecnología se suponen dadas, el trabajo crece a una tasa igual que la de la población la cual se supone constante:  $\Delta L_t/L_t = n$ , y adicionalmente, se supone que el capital se deprecia a una tasa .

Luego de realizar diversas operaciones algebraicas en función de los diferentes supuestos llegamos a una expresión conocida como ecuación fundamental de Solow-Swan:

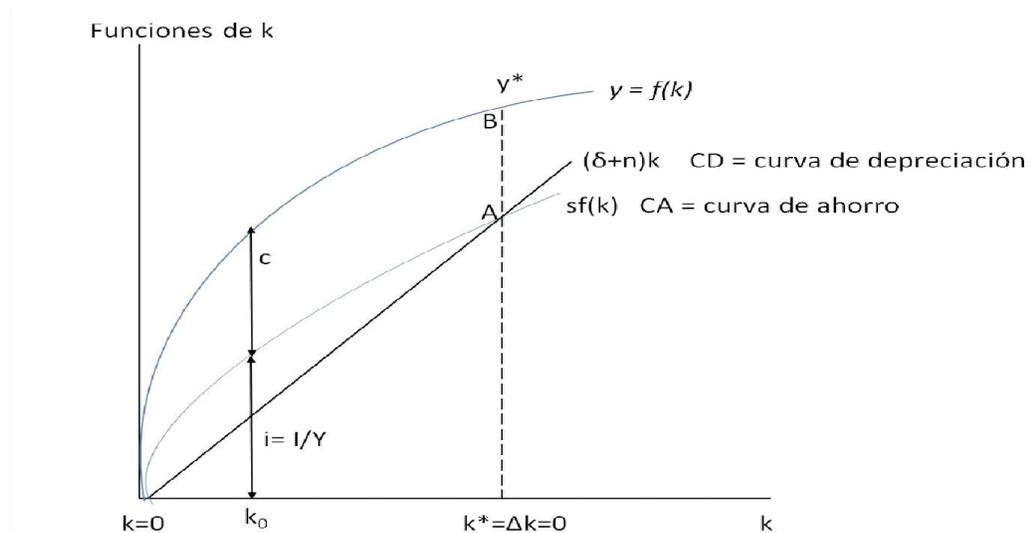
$$\Delta k_t = s f k_t^{\alpha} - \delta + n k_t \quad (3)$$

La ecuación fundamental de Solow-Swan revela, en tiempo discreto, la variación del stock de capital por trabajador en el período  $\Delta k_t$ . Dado que a partir de esta última ecuación se puede conocer la variación del capital per cápita entonces se puede conocer el nivel de la variable para el siguiente período, recordando que  $k_{t+1} = k_t + \Delta k_t$ , y así sucesivamente por mucho tiempo (Gutiérrez Benítez y Acuña Gamboa, 2022). Así mismo, una vez conocida la evolución del nivel de  $k_t$  en el tiempo, entonces también se conocerá la evolución del producto por trabajador, la cual muestra que  $y$  es una función monótonica de  $k$ , y los movimientos de ésta última se reflejan en movimientos de  $y$ . La ecuación (3) expresa que el stock de capital per cápita aumenta con la diferencia entre el ahorro bruto (y por tanto la inversión bruta) y el término que recoge a la inversión de reposición, es decir  $k_t > 0$  si  $s f k_t^{\alpha} > \delta + n k_t$ .

Las predicciones del comportamiento del modelo parten del análisis de la figura 1, donde se muestra cómo las principales variables convergen hacia unos valores de estado estacionario (Barro y Sala-i-Martin, 2004). En el gráfico se “presentan las diferentes funciones que caracterizan el

modelo” (Sala-i-Martin, 2000:22). La primera función es la de producción  $f(k)$ , que es creciente y cóncava (por las propiedades neoclásicas). Además, para valores pequeños de  $k$  la función de producción es vertical, luego está pendiente se vuelve horizontal cuando  $k$  crece y tiende a infinito (propiedades de lnada), por lo que la función es “vertical en el origen y asintóticamente horizontal” (Sala-i-Martin, 2000:23). Según la ecuación (3), el aumento de capital per cápita (o por trabajador) es igual a la diferencia entre dos funciones. La función  $sf(k)$  se denomina curva de ahorro (o de inversión realizada) y la función  $\delta+nk$  es la curva de depreciación (o de inversión de reposición) en el gráfico. La función  $sf(k)$  es proporcional a la función de producción, puesto que  $s$  es una constante. Esto significa que la curva de ahorro o de inversión realizada también es creciente, cóncava, vertical en el origen y asintóticamente horizontal, mientras que la función  $\delta+nk$  es una línea recta que pasa por el origen y con pendiente constante e igual a  $\delta+n$ .

**Figura 1.** El estado estacionario en el modelo neoclásico de Solow-Swan



**Fuente:** Elaboración propia (2018).

Ambas curvas se cruzan en el origen, donde  $k=0$ , y la curva de ahorro es vertical mientras que la de depreciación tiene pendiente finita, por tanto, para valores cercanos a cero la curva de ahorro pasa por encima de la curva de depreciación, por lo que hay acumulación de capital, es decir,

$kt > 0$  y el nivel de capital por trabajador en el siguiente período será mayor y la economía tendrá crecimiento. Esta situación se prolongará mientras la inversión neta sea positiva (Sala-i-Martin, 2000).

Sin embargo, como la acumulación de capital se enfrenta a rendimientos marginales decrecientes, pronto la curva de ahorro empezará a decrecer a medida que  $k$  va aumentando, hasta que se cruza, ignorando el origen, una y sola una vez con la curva de depreciación en el valor  $k^*$  que se llama stock de capital por trabajador de estado estacionario. El modelo garantiza que existe  $k^*$ , que es estable y que una vez la economía llegue ahí no hay crecimiento de las variables por trabajador (Barro y Sala-i-Martin, 2004).

El modelo de Solow-Swan expone que la producción es una función creciente del capital, lo cual significa que la tasa de crecimiento del producto por trabajador es proporcional a la tasa de crecimiento del capital por trabajador  $g_y = \Delta y / y = \alpha \Delta k / k = \alpha(g_k)$ , en el caso de la función de producción Cobb-Douglas. Estos resultados permiten seguir la evolución de la tasa de crecimiento del producto por trabajador simplemente analizando el comportamiento de la tasa de crecimiento del capital por trabajador. Para aproximarnos a la tasa de crecimiento del capital por trabajador simplemente dividimos los dos lados de (3) por  $k$  para obtener:

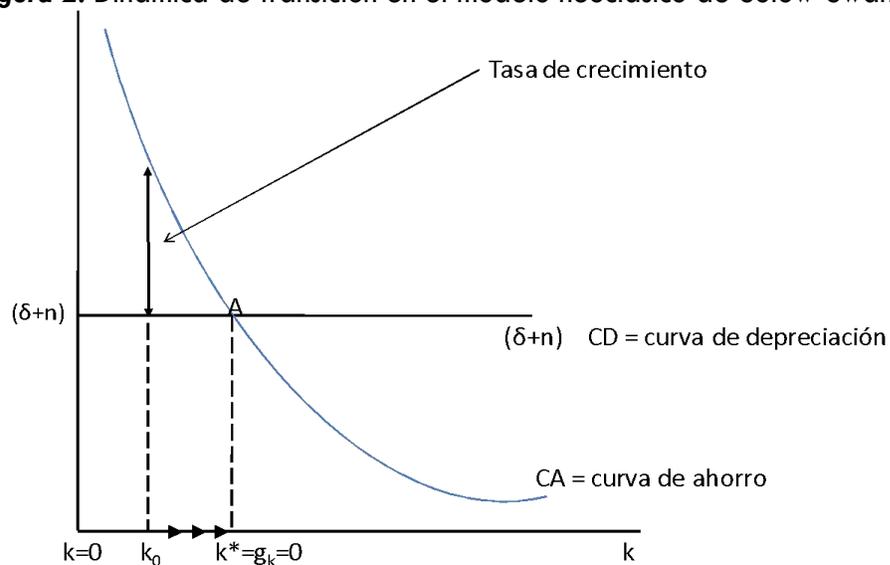
$$g_k = \Delta k / k = s f(k, A) k^{-\delta} + n \quad (4)$$

La ecuación (4) sigue siendo la ecuación fundamental del modelo de Solow-Swan, pero ahora representa la tasa instantánea de crecimiento del capital per cápita (o por trabajador), que es igual a la diferencia entre el ahorro e inversión por unidad de capital y la tasa de depreciación (incluyendo el crecimiento poblacional). El primer término del lado derecho es la función de ahorro: tasa de ahorro multiplicada por el producto medio del capital, que en el caso de la función Cobb-Douglas es igual a  $f(k)$ ,  $Ak = Ak^\alpha = Ak^{\alpha-1} = Ak^{-(1-\alpha)}$ , por lo que para dibujar la curva de ahorro como función de  $k$  es preciso tomar en cuenta que es una función decreciente para todo  $k$ , tiende a infinito cuando  $k$  tiende a cero y tiende a cero cuando  $k$  tiende a infinito. En ese sentido, considérese la figura 2 tomado de Sala-i-Martin (2000), el cual ilustra la dinámica de transición en el modelo neoclásico de Solow-Swan, con la nueva curva de ahorro y de depreciación.

Ahora, se disponen de las herramientas necesarias para analizar el comportamiento del modelo en el tiempo, sobre todo respecto al crecimiento de los países durante la transición a corto plazo hacia el estado estacionario. En dicha figura, la curva de depreciación es independiente de  $k$  y está representada como una línea recta igual a  $\delta+n$ . Como la curva de depreciación es positiva y la curva de ahorro toma los valores comprendidos entre 0 y  $y$ , las dos curvas se cruzan una vez. El valor de  $k$  para el cual ambas curvas se cruzan es el stock de capital por trabajador de estado estacionario  $k^*$ , donde su tasa de crecimiento es igual a cero  $g_k = \Delta k/k = 0 = s f y_k - \delta - n = 0 = g_k = 0$ .

Es decir, en el modelo el estado estacionario corresponde a la intersección de la curva de ahorro y la de depreciación en las figuras anteriores. La tasa de crecimiento del capital per cápita (o por trabajador) viene dada por la diferencia vertical entre la curva de ahorro y la de depreciación. Según la ecuación (4) y la figura (2), se observa que la tasa de crecimiento es positiva para valores de  $k$  inferiores a  $k^*$ , y negativa para valores superiores a  $k^*$ , esto es  $g_k > 0$  para valores de  $k < k^*$  y  $g_k < 0$  para valores de  $k > k^*$ .

**Figura 2.** Dinámica de transición en el modelo neoclásico de Solow-Swan

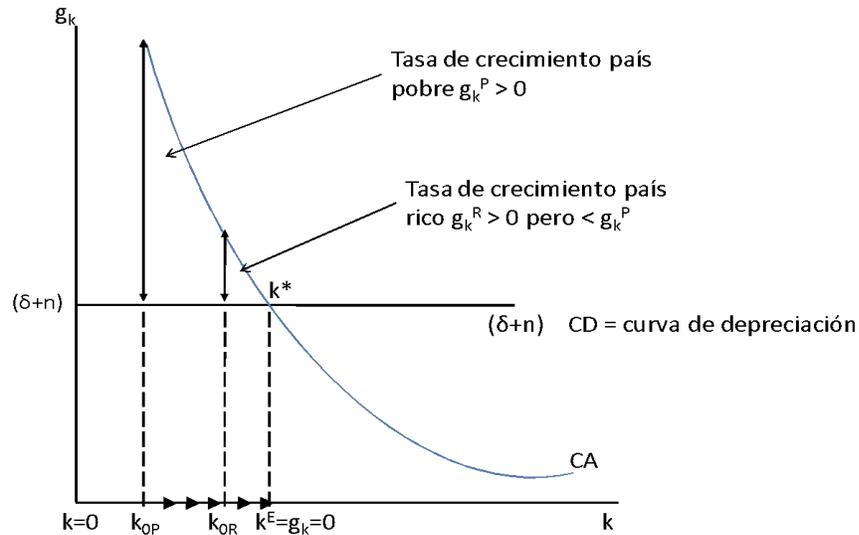


**Fuente:** Elaboración propia (2018).

En conclusión, se tiene que la tasa de crecimiento a largo plazo de una economía con las propiedades neoclásicas es decreciente (Sala-i-Martin, 2000), y una vez que la economía alcance asintóticamente el estado estacionario, sus variables por trabajador no cambian. La razón detrás de las tasas de crecimiento decrecientes durante la transición es la existencia de rendimientos marginales decrecientes del capital físico (Barro y Sala-i-Martin, 2004: 39). ¿Qué significa esto para el propósito de este trabajo? Pues si un grupo de economías se diferenciase solamente en sus niveles de capital por trabajador, entonces el modelo prevé una mayor tasa de crecimiento en las economías pobres en comparación a las ricas, lo que significa que las más atrasadas convergen con las ricas en un momento dado en el tiempo.

La figura 3 que se presenta a continuación representa a dos economías, con diferentes valores de capital per cápita  $k$ , pero con el mismo nivel de capital físico en el estado estacionario  $k_E$ , es decir, entre ambas economías no hay diferencias en tasa de ahorro, preferencias tecnológicas, tasa de depreciación y crecimiento poblacional. La economía con menor nivel de capital (es decir, con  $k$  relativamente bajo), que se denota en el gráfico como  $k_{OP}$ , sería la economía inicialmente pobre, mientras que la economía rica dispone de un stock inicial de capital por trabajador  $k_{OR}$  relativamente alto. Es decir, suponemos que en el período  $t_0$  las economías se encuentran en una situación tal que  $k_{OP} < k_{OR}$ , pero ambas transitan hacia el mismo estado estacionario  $k_E$ . En esa transición, como se ve en la figura 3, la tasa de crecimiento del stock de capital por trabajador de la economía pobre, que denotamos como  $g_{kP}$  es mayor a la tasa de crecimiento que exhibe el país rico, esto es  $g_{kP} > g_{kR}$ . Dicho de otro modo, ambos países transitan hacia el mismo estado estacionario, pero como el país con mayor capital por trabajador está más cerca y presenta rendimientos decrecientes del capital su tasa de crecimiento es menor para llegar al estado estacionario, donde dejará de crecer, en comparación al país inicialmente pobre cuyo  $k$  crece a una mayor tasa, en términos relativos.

**Figura 3.** Convergencia absoluta en el modelo neoclásico de Solow-Swan



**Fuente:** Elaboración propia (2018).

Luego, la tasa de crecimiento del producto por trabajador es proporcional a la tasa de crecimiento del capital por trabajador  $g_y = \alpha(g_k)$ , entonces el modelo también concluye que existe una relación inversa entre el ingreso inicial y su tasa de crecimiento (Sala-i-Martin, 2000). Este fenómeno también se puede observar en la ecuación (4), donde la tasa de crecimiento de  $k$  ( $g_k = \Delta k/k$ ) está inversamente relacionada con el nivel de  $k$ , o calculando la derivada de  $g_k$  con respecto a  $k$  que es negativa.

Si la función de producción es Cobb-Douglas, tenemos en (4):  $g_k = sAk^{-(1-\alpha)} - (\delta+n)$ , o  $g_k = sAe^{-(1-\alpha)\log(k)} - (\delta+n)$ , y derivando esta expresión con respecto a  $\log(k)$  se obtiene la velocidad de convergencia:

$$\beta = -\partial g_k / \partial \log(k) = [(1-\alpha)sAk^{-(1-\alpha)}] \quad (5)$$

Donde es una función decreciente de  $k$ , lo que significa que la velocidad de convergencia disminuye a medida que el capital se aproxima a su valor de estado estacionario. Otra forma de observar este resultado es mediante una versión linealizada del modelo de Solow-Swan, mediante

una aproximación de Taylor de primer orden de la ecuación (4) con tecnología Cobb-Douglas alrededor de  $\log(k^*)$ , donde se obtiene:

$$g_k = -(1-\alpha)sAe^{-1-\alpha} \log k^* [\log k - \log(k^*)] - (\delta+n) \quad (6)$$

La ecuación (6) refleja, igualmente, que la tasa de crecimiento del capital de la economía está inversamente relacionada con el nivel de capital inicial.

La relación inversa entre el nivel de ingreso inicial y la tasa de crecimiento puede comprobarse mediante la confección de un gráfico entre el ingreso de cada país y su crecimiento. Si la correlación observada es negativa, estas economías tenderán a converger en el tiempo (Sala-i-Martin, 2000:46).

### **METODOLOGÍA**

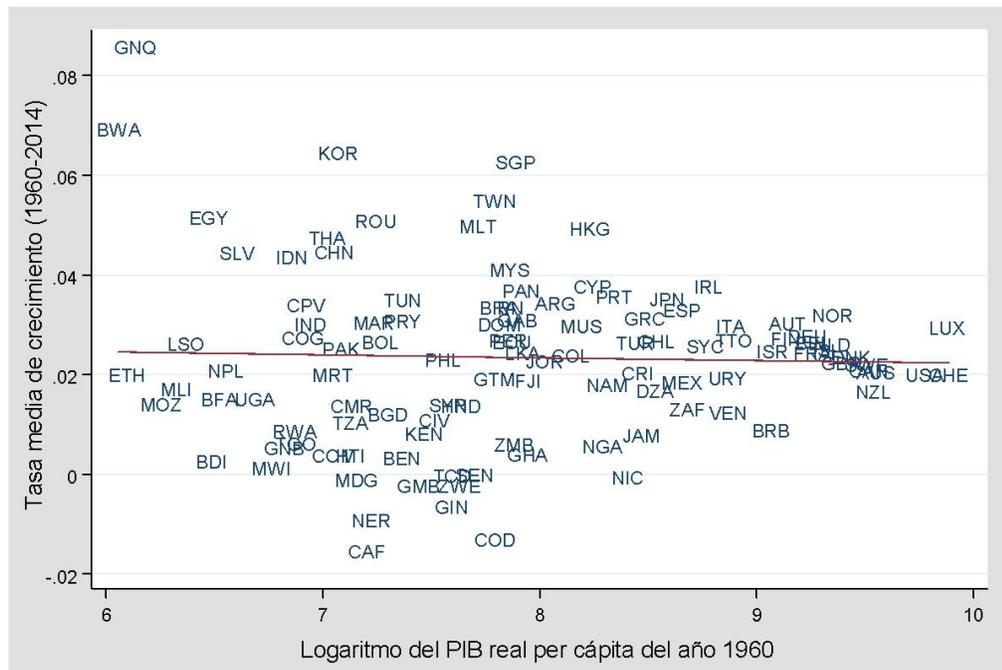
La investigación es de naturaleza descriptiva correlacional y de diseño de tipo documental. Los datos utilizados y disponibles para 111 países durante el período 1960-2014, con periodicidad anual, provienen de la base de datos de la Penn World Tables (PWT) 9.0 (Feenstra et al, 2015). La medida del ingreso per cápita es el producto interno bruto (PIB) real per cápita (ajustado por la paridad del poder adquisitivo y a USD del año 2011). La tasa de crecimiento de la variable para el lapso completo 1960-2014 se obtuvo mediante una media geométrica durante el lapso temporal. Para los efectos de este trabajo, se emplea un análisis de correlación simple acompañado por una serie de gráficos o diagramas de dispersión que relaciona el nivel inicial de ingreso real per cápita (eje de la abscisa) con la tasa de crecimiento medio del nivel de ingreso per cápita durante el período (1960-2014) (eje de la ordenada) para la mayoría de los países del mundo (111 países) y desagregado por regiones del mundo según la clasificación de países por regiones del Banco Mundial, con el objeto de buscar evidencia estadística sobre la teoría discutida y arrojar algunas conclusiones preliminares respecto a la convergencia entre países en el tiempo, que pueden servir de soporte para futuras investigaciones sobre el tema.

### **RESULTADOS**

De acuerdo a las conclusiones teóricas del modelo, existe convergencia si las economías pobres crecen más rápido que las economías ricas. Solamente en el caso de que todas las economías se acerquen al mismo estado estacionario, la predicción de convergencia es equivalente a la de

que los países pobres crecerán más (o más rápido) que los países ricos. Es decir, una condición necesaria para que exista convergencia es que no haya diferencias en los parámetros tecnológicos e institucionales. El Gráfico 1 presenta la relación entre la tasa de crecimiento medio anual del período 1960-2014 para el PIB per cápita real contra el logaritmo del PIB per cápita en 1960 (período inicial), para los 111 países que se dispone de información.

**Gráfico 1.** Convergencia del PIB per cápita entre 111 países (1960-2014)



**Fuente:** Penn World Tables 9.0 y elaboración propia (2018).

Si existiera convergencia absoluta (o incondicional) entonces tendríamos que encontrar una relación inversa entre ambas variables (Sala-i-Martin, 2000). Es decir, se esperaría que la tasa de crecimiento medio muestre una correlación negativa, y estadísticamente significativa, con el nivel de ingreso per cápita inicial, tal como predice la teoría. Tal como se puede apreciar en el gráfico anterior los datos a escala mundial no reflejan una relación clara a favor de la convergencia, el coeficiente de correlación simple estimado en la ecuación que ajusta los datos es de -0,03, muy bajo, y además no es significativo, ni al 10,0% de confianza (su valor-p fue de

0,74). Así pues, según este resultado en el mundo real durante el período de estudio muchos países pobres no han crecido más rápido que los países ricos.

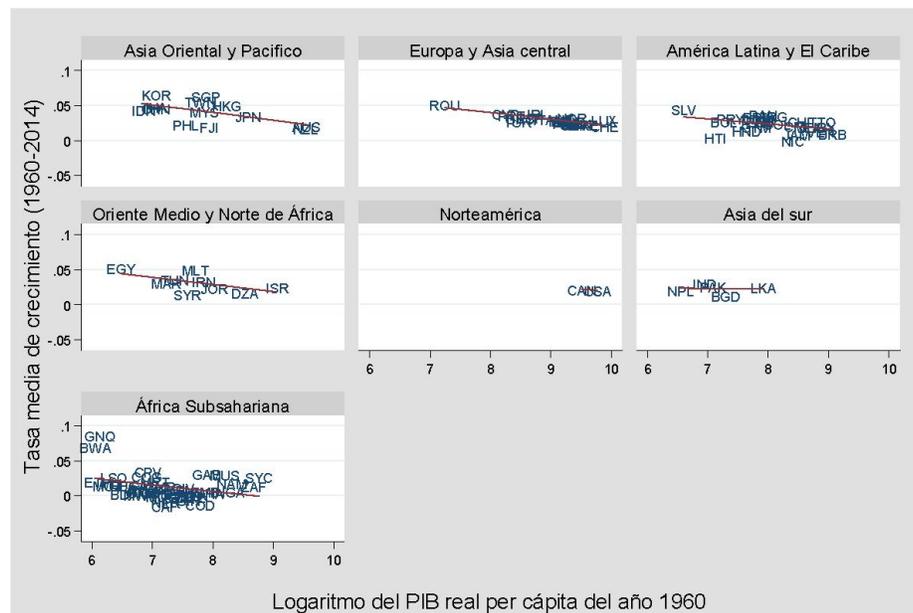
Esto se debe a que es posible, entre otros factores, para las economías ricas acumular un tipo de capital que rompe la restricción de los rendimientos marginales, conocido como capital humano, idea que se remonta a los aportes del economista Gary S. Becker, y posteriormente incorporado en la función de producción dentro de la teoría del crecimiento endógeno en autores como Robert Lucas y Paul Romer. El capital humano permite la aparición de externalidades positivas que abren un canal a través del cual las economías ricas siguen avanzando más allá del estado estacionario, interactuando positivamente con la tecnología. La inversión en este tipo de capital incluye algunas de las siguientes formas: escolaridad, entrenamiento en el trabajo, cuidados médicos y salud de los trabajadores, la migración, entre otros.

Sin embargo, siguiendo a De Gregorio (2007) al analizar la hipótesis de convergencia en el mundo por regiones. Los gráficos muestran algunos patrones interesantes. Cuando se grafica el crecimiento medio anual en el período 1960-2014 contra el nivel de ingreso inicial en el año 1960 para grupos grandes de países (gráfico 1), se observa que no hay una relación clara. Sin embargo, cuando el gráfico se hace para países similares (agrupados en regiones del mundo), se observa que, en término medio los países ricos crecen más lentamente en comparación a los países más pobres que crecen más rápidamente, esto es precisamente lo que se muestra en el gráfico 2.

En el gráfico 2 se puede apreciar que al analizar la convergencia entre países similares o relativamente más homogéneos a lo interno de una región, existe un mayor nivel de convergencia, en efecto, los datos muestran que la región de Europa y Asia Central registran un coeficiente de correlación de -0,84 entre el crecimiento medio anual en el período 1960-2014 contra el nivel de ingreso inicial en el año 1960 (nivel inicial) el cual es estadísticamente significativo al 1,0% de confianza (su valor-p fue de 0,00; para 21 países), de igual forma, para la región de Asia Oriental y Pacífico el coeficiente de correlación fue de -0,59 entre las variables consideradas, el cual resultó estadísticamente significativo (su valor-p fue de 0,03; para 13 países), en el caso de la región de Oriente Medio y Norte de África el coeficiente de correlación fue de -0,58 (con valor-p fue de 0,10; para 9 países), para América Latina y El Caribe el

grado de asociación lineal entre las variables fue de -0,42 (con valor-p fue de 0,06; para 22 países), mientras que para África Subsahariana dicha relación fue de -0,33 (con un valor-p fue de 0,04; para 39 países). En el caso de la región de Norteamérica el coeficiente de correlación fue de -1,0; no obstante, este resultó no significativo y sólo cuenta con una muestra de dos países, a saber, Estados Unidos de América y Canadá. Finalmente, en la región de Asia del Sur el coeficiente de correlación fue de -0,06 el cual resultó no significativo en términos estadísticos (valor-p fue de 0,93; para 5 países).

**Gráfico 2.** Convergencia del PIB per cápita entre 111 países (1960-2014) Según regiones del mundo



**Fuente:** Penn World Tables 9.0 y elaboración propia (2018).

En consecuencia, si esta tendencia se mantiene en el tiempo, habría una tendencia a la convergencia en los niveles de ingresos entre países similares (según región geográfica). En otras palabras, sobre la base de la información estadística disponible durante el período de estudio se puede decir que en el mundo (en su conjunto) no hay evidencia que sugiera la validez de la hipótesis de convergencia, pero si se observa

alguna relación, aunque a veces débil, cuando se consideran países con mayor grado de homogeneidad entre regiones del mundo.

### **CONCLUSIONES**

La principal conclusión del trabajo es que el modelo neoclásico de crecimiento económico de Solow-Swan prevé convergencia entre países pobres y ricos, es decir, pronostica que los países de ingreso per cápita bajo crecerán a un mayor ritmo respecto a los países ricos, de modo que las brechas entre los países tenderán a desaparecer con el tiempo. No obstante, un análisis de los datos disponibles refleja que, en promedio, al considerar al conjunto de países del mundo para los cuales se dispone de datos (111 países) no ha habido tal convergencia en términos absolutos entre los países durante el período 1960-2014.

No obstante, al analizar la convergencia entre países similares o relativamente más homogéneos a lo interno de una región, existe un mayor nivel de convergencia, por lo que sobre la base de la información estadística disponible durante el período de estudio se puede decir que en el mundo (en su conjunto) no hay evidencia fuerte que sugiera la validez de la hipótesis de convergencia, pero si se observa alguna relación, aunque en ocasiones débil, cuando se consideran países con mayor grado de homogeneidad entre regiones del mundo, lo cual es igualmente válido cuando se analizan regiones dentro de un mismo país (Barro y Sala-i-Martin, 2004).

Para los defensores de la hipótesis de convergencia, entre ellos los economistas neoclásicos de los años noventa, el modelo de Solow-Swan prevé el cumplimiento de la hipótesis solo en el caso de países con igual estado estacionario, y brindan el concepto de convergencia condicional para reflejar que para un grupo de economías, las más pobres inicialmente crecerán a mayor ritmo respecto a las más ricas si ambos grupos tienden a la misma posición de estado estacionario, para lo que deben responder a la misma función de producción, preferencias tecnológicas e institucionales. Finalmente, se recomienda analizar la hipótesis por regiones del mundo (convergencia regional) suponiendo que las economías de ciertas regiones comparten más o menos los mismos parámetros, mediante la estimación de ecuaciones econométricas incluyendo un vector de variables de control que capturen, en cierta forma, los elementos o variables que relacionados con las características estructurales de las economías, esto es, por el estado estacionario.

## REFERENCIAS

- Barro R. (2012). Convergence and modernization revisited. Nobel Symposium on Growth and Development, Stockholm, September, pp. 3-5.
- Barro R. y Sala-i-Martin X. (2004). Economic growth. Second Edition, The MIT Press, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts.
- Barro, R. y Sala-i-Martin, X. (1992). "Convergence." *Journal of Political Economy*, 100, April, pp. 223-251.
- Baumol, W. (1986). "Productivity Growth, Convergence, and Welfare." *American Economic Review* 76, December, pp. 1072-1085.
- De Gregorio, J. (2007). *Macroeconomía: teoría y política*, (1ra Edic.), México-México, Edit. Pearson Educación.
- DeLong, J. B. (1988). "Productivity Growth, Convergence, and Welfare: Comment." *American Economic Review* 78, December, pp. 1138-1154.
- Inada, K. (1964). "Some Structural Characteristics of Turnpike Theorems." *Review of Economic Studies* 31, January, pp. 43-58.
- Feenstra, R.; Inklaar, R. y Timmer, M. (2015). The next generation of the Penn World Table. *American Economic Review*, 105(10), pp. 3150-3182.
- Gutiérrez Benítez, J. G. y Acuña Gamboa, L. A. (2022). Evaluación estandarizada de los aprendizajes: Una revisión sistemática de la literatura. *CPU-E. Revista de Investigación Educativa*, ene-jun (34), 321-351. <https://doi.org/10.25009/cpue.v0i34.2800>
- Maddison A. (2001). *Growth and interaction in the world economy: The roots of modernity*. The Henry Wendt Lecture Series, American Enterprise Institute, Washington, D.C.
- Molero L. (2014). Convergencia en producto per cápita: Evidencia para Suramérica. *Revista de Ciencias Sociales*, Vol. XX, No. 4, octubre-diciembre 2014, pp. 692-705.
- Romer D. (2006). *Macroeconomía Avanzada*. Editorial Mc Graw-Hill. Madrid-España.

- Sala-i-Martin X. (2000). *Apuntes de crecimiento económico*. Antoni Bosch editor. Barcelona – España, pp. 1-250.
- Sachs, J. y Warner, A. (1995). “Economic Reform and the Process of Global Integration”, *Brookings Papers on Economic Activity*, 195 (1), pp. 1-118.
- Solow, R. (1956). “A Contribution to the Theory of Economic Growth.” *Quarterly Journal of Economics* 70, February, pp. 65–94.
- Swan, T. W. (1956). “Economic Growth and Capital Accumulation.” *Economic Record* 32, November, pp. 334–361.
- Turpo Gebera, O., Aguaded Gómez, I., Barros Bastidas, C. Media and information literacy and teacher training in developing countries: the case of Peru, (2022) *Universidad y Sociedad*, 14 (2), pp. 321-327. [rus.ucf.edu.cu/index.php/rus](http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus)