

Enfoques de oferta en la teoría del crecimiento económico

Inmaculada Álvarez Ayuso

Universidad Autónoma de Madrid

Resumen. En este trabajo se trata de reivindicar la vigencia de los enfoques de oferta en la teoría del crecimiento económico. Por este motivo, se lleva a cabo una revisión bibliográfica de los modelos de crecimiento neoclásicos y de crecimiento endógeno. Por último, se ofrece evidencia empírica acerca de la creciente proliferación de trabajos que tratan de explicar los condicionantes de la convergencia en renta *per capita* basándose en modelos de crecimiento neoclásico.

Palabras clave. Crecimiento económico, modelo neoclásico y productividad total de los factores.

Clasificación JEL. O40, E13, D24.

Abstract. This paper studies the role of supply in the economic growth theory. Thus, the aim of this article is to offer a survey about neoclassical and endogenous growth models. Finally, it shall summarize the evidence offered by the considerable number of empirical applications that have explained the sources of convergence in the context of the neoclassical growth model.

Key words. Economic growth, neoclassical model and total factor productivity.

JEL classification. O40, E13, D24.

1. Introducción

La teoría del crecimiento económico supone una rama de la Economía de gran relevancia, puesto que los niveles de renta representan uno de los factores que condicionan el bienestar de un país. En el análisis de la variación a corto plazo del crecimiento económico, que se conoce como «ciclo de negocio», la producción viene determinada por los factores relacionados con la demanda agregada, entre los que destacan la confianza de los consumidores, la política fiscal y la política monetaria. A pesar de la existencia de diferentes escuelas del pensamiento (keynesianismo, monetarismo, economía neoclásica y economía neokeynesiana¹), que tratan las causas de las recesiones, existe un cierto grado de consenso entre las mismas.

Por su parte, la evolución de un país hacia el largo plazo resulta un asunto fundamental para el crecimiento, ya que incluso pequeñas tasas de crecimiento anual, sostenidas duran-

¹ Los primeros modelos del ciclo económico dinamizaban alguna estructura estática de tipo IS-LM o «cruz Keynesiana», incorporando estructuras de retardos distribuidos (Samuelson, 1939, Hicks, 1950, Goodwin, 1955 y Pasinett, 1960). Por su parte, los trabajos de Muelbauer y Portes (1978), Lucas (1972, 1973, 1977), King *et al.* (1988a, 1988b) y Hairault y Portier (1993) representan las principales líneas de investigación que analizan la teoría de los ciclos.

te largos períodos de tiempo, pueden generar enormes diferencias en términos de renta *per capita*. Ésta es la idea que subyace tras la aparición del modelo neoclásico (Solow, 1956), junto con las posteriores aportaciones realizadas por Cass (1965) y Koopmans (1965), que permiten a los agentes decidir sobre la tasa de ahorro². Los modelos neoclásicos han sido objeto de numerosas críticas, debido a que los rendimientos decrecientes del capital en la función de producción conllevan una tasa de crecimiento nula. Por este motivo, con el objetivo de conseguir una tasa de crecimiento a largo plazo positiva, requieren el supuesto de que alguna variable del modelo (como la tecnología) crezca de forma exógena. Surgen así las Teorías de «Crecimiento Endógeno», tras la publicación de la tesis doctoral de Paul Romer (1986), que consiguen generar tasas de crecimiento positivas mediante la eliminación de los rendimientos decrecientes a escala a través de externalidades o introduciendo variables de capital en el modelo, como es el caso del capital humano, capital público, *I+D*, etc...

Recientemente, hemos sido testigos de un resurgir en los modelos de crecimiento neoclásico, gracias al interés que ha suscitado entre los investigadores, especialmente aquellos que estudian la economía regional, el análisis de la convergencia económica y sus determinantes. Así pues, la solución de «estado estacionario» que plantean los modelos neoclásicos nos permite obtener evidencia empírica acerca del proceso de convergencia en renta *per capita* o *catch-up* en distintas economías.

Ambas teorías comparten la preocupación por los factores relacionados con la oferta, puesto que basan los resultados en las características de la función de producción. Por este motivo, dado que el objeto de este trabajo es el de reivindicar el enfoque de oferta en el análisis del crecimiento económico, se expondrá en los dos primeros epígrafes cómo los economistas tratan de explicar el crecimiento económico a largo plazo a través de los modelos neoclásicos y de crecimiento endógeno. A continuación, se ofrece evidencia empírica acerca de la creciente proliferación de trabajos que tratan de explicar los condicionantes de la convergencia en renta *per capita* basándose en modelos de crecimiento neoclásico. Por último, se presentan las principales conclusiones.

2. Modelos neoclásicos

Los modelos de Solow (1956) y Swan (1956)³ se basan en una función de producción agregada de la forma:

$$Y = Af(K.L) = \text{Producción Agregada} \quad (1)$$

Siendo Y el nivel de producción, que depende del capital (K), el trabajo (L) y la tecnología (A). Suponiendo que la acumulación de capital es equivalente al ahorro (sY), donde s representa la parte de renta que es ahorrada, el aumento en el *stock* de capital que se puede conseguir a través de este proceso viene dado por:

² En Sala-i-martin (1994) y Barro y Sala-i-Martin (1995) se exponen los principales modelos de crecimiento económico.

³ En el presente trabajo centraremos nuestra atención en modelos de crecimiento que se basan en el supuesto de una economía cerrada. Barro, Mankiw y Sala-i-Martin (1992) presentaron un modelo de economías abiertas en el que los diferentes países pueden pedir prestado en los mercados internacionales de capital.

$$\frac{dK}{dt} = sY - \delta K \quad (2)$$

donde δ es la tasa de depreciación. Si consideramos una función de producción de tipo Cobb-Douglas y suponemos, además, que la población crece a una tasa constante determinada exógenamente, n , en términos *per capita*:

$$\frac{dk}{dt} = sAk^\beta L^{(\alpha+\beta-1)} - (n + \delta)k \quad (3)$$

Puesto que la función de producción neoclásica viene caracterizada por rendimientos constantes a escala y rendimientos decrecientes, aunque positivos, de cada uno de los factores, esta expresión implica que la única tasa de crecimiento del capital sostenible en el «estado estacionario» es cero. Es decir, la única tasa de crecimiento consistente con el modelo neoclásico es nula. Por este motivo, los teóricos neoclásicos de las décadas de 1950 y 1960 explicaron el hecho de que la mayor parte de los países industrializados experimentaron a lo largo de los siglos tasas de crecimiento positivas suponiendo que la tecnología crece a una tasa exógena. Surgen así los modelos de crecimiento endógeno, que a través de externalidades o mediante la incorporación de distintos tipos de capital, por ejemplo capital humano, consiguieron generar tasas positivas de crecimiento, a base de eliminar los rendimientos decrecientes de escala. A pesar de ello, actualmente se siguen publicando estudios que, sobre la base de los modelos neoclásicos de optimización (Ramsey-Cass-Koopmans), introducen modelos multisectoriales (Zhang (2007) y Ngai y Pissarides (2007)) o analizan el impacto de determinadas variables sobre el proceso de transición hacia el estado estacionario y la solución de equilibrio (Sánchez, 2005).

3. Modelos de crecimiento endógeno

En el seminal artículo que dio inicio a la literatura de crecimiento endógeno, Romer (1986) eliminó la tendencia de los rendimientos decrecientes del capital mediante el supuesto de que el conocimiento era obtenido como un subproducto de la inversión en capital físico. Formalmente, su estudio parte de una función de producción con tecnología potenciadora del trabajo:

$$Y = f(K, AL) \quad (4)$$

El conocimiento se considera un bien público, ya que, una vez que una empresa ha incrementado sus conocimientos, todas las empresas tienen acceso a éstos. Este fenómeno es conocido como el desbordamiento del conocimiento («knowledge spillovers»). Así pues, el *stock* de conocimientos de la economía crecerá de forma paralela a la cantidad total de inversión, lo que implica que el estado actual del conocimiento sea proporcional al *stock* de capital. Según esto, suponiendo una función de producción Cobb-Douglas se obtiene la siguiente expresión:

$$Y = f(K, [K]L) = K^\beta (KL)^{(1-\beta)} \quad (5)$$

De este modo, la función de producción presenta rendimientos constantes de escala en el capital, lo que permite generar crecimiento endógeno. Es decir, el aprendizaje por la práctica junto con el efecto desbordamiento ha permitido transformar un modelo, que en principio parecía neoclásico, en un modelo *AK* de crecimiento endógeno⁴.

El trabajo de Romer ha conseguido suscitar un gran interés en los modelos de crecimiento endógeno. Así pues, numerosos autores han contribuido a generar una literatura alrededor de este tipo de modelos. Éste es el caso de Barro (1990), que mediante la incorporación del gasto público en la función de producción obtiene rendimientos constantes de escala que impiden la transición dinámica hacia el estado estacionario.

Asimismo se puede considerar que el capital físico y el capital humano son bienes con diferentes propiedades. Por este motivo, Uzawa (1965) y Lucas (1988) introducen el capital humano, considerando distintas tecnologías para ambos capitales, lo que conlleva la existencia de dos sectores. La ecuación que describe la acumulación de capital humano (*h*) viene dada por la expresión:

$$\frac{dh}{dt} = h^\xi G(v) \quad \text{ó} \quad \gamma_h = \frac{dh/dt}{h} = G(v) \quad \text{si} \quad \xi = 1 \quad (6)$$

En esta ecuación γ_h representa el esfuerzo dedicado a la adquisición de capital humano. Por tanto, el crecimiento a largo plazo es posible si $v > 0$ y $\xi = 1$. En esta línea, podemos encontrar trabajos más recientes que analizan la transición dinámica hacia el estado estacionario en modelos de crecimiento endógeno con capital humano. Éste es el caso, entre otros, de los trabajos de Arnold (1997), Ladrón-de-Guevara *et al.* (1997) y Mulligan y Sala-i-Martin (1993).

Siguiendo las consideraciones que motivaron la aparición del modelo de Uzawa y Lucas, con el objetivo de analizar en un entorno de crecimiento endógeno de qué manera el progreso técnico incrementa el número de productos y genera crecimiento económico, Romer (1987, 1990) plantea una ecuación para la acumulación de inversión en Investigación y Desarrollo (*I+D*) similar a (6):

$$dA / dt = \delta h a A \quad (7)$$

donde *h**a* representa el capital humano destinado a actividades de *I+D*, suponiendo de manera implícita que *A* es igual a uno. Romer señala que es la forma funcional que adopta la ecuación (7) la que determina la posible existencia de crecimiento en el largo plazo. A raíz de la publicación de los trabajos de Romer se desarrollan una serie de modelos, cuyo elemento común es la existencia de empresas dedicadas a generar *I+D*. Cabe destacar los trabajos de Arnold (2000a y b), quien además en este mismo año aca-

⁴ El Modelo Convexo *AK* de Crecimiento Endógeno, introducido por Rebelo (1991), postula la existencia de una función de producción que es lineal en el único factor de producción, el capital, lo que conlleva rendimientos constantes de escala y rendimientos constantes del capital.

EN EL ICO DIMOS CRÉDITO A UN GRAN PROYECTO Y HOY ES UNA REALIDAD: LA AMERICA'S CUP DE VALENCIA

La financiación del ICO ha contribuido a hacer realidad la construcción, ampliación y mejora del puerto deportivo y otras instalaciones para la America's Cup. Una ayuda que potencia y mejora la celebración de un evento de gran interés internacional.



* Foto de "Taller de Mesa y Comunicación, S.L."

ba de publicar el artículo titulado «A generalized multi-country endogenous growth model», lo que prueba la vigencia de los modelos de crecimiento endógeno como marco teórico en el que desarrollar el análisis de las variables que explican la transición dinámica hacia el estado estacionario.

4. Evidencia empírica

La «hipótesis de convergencia» hacia el estado estacionario que caracteriza al modelo de crecimiento neoclásico ha hecho posible que numerosos investigadores, especialmente aquellos que estudian la economía regional, hayan retomado recientemente este tipo de modelos en el análisis de la convergencia económica y sus determinantes. Así pues, en los trabajos de Barro y Sala-i-Martin (1992) y Sala-i-Martin (1996a y b) se definen los conceptos de convergencia («Convergencia Sigma» y «Convergencia Beta»), que se obtienen a partir de la solución de estado estacionario en el modelo neoclásico. Dada la importancia que adquiere el capital humano en el análisis del crecimiento económico, Mankiw, Romer y Weil (1992)⁵ amplían el modelo de Solow (1956) mediante la incorporación del capital humano, resultando el efecto positivo de este capital en el proceso de acercamiento en términos de renta *per capita* en los países de la OCDE. Este trabajo, aunque no exento de polémica, ha generado una amplia literatura. Así por ejemplo, Bassanini y Scarpetta (2001) llevan a cabo una aplicación para 21 países de la OCDE durante el período 1971-98 y Castelló y Doménech (2002) incorporan indicadores de desigualdad del capital humano en un estudio realizado para 108 países durante el período 1960-2000. Sin embargo, aunque el modelo de Solow aumentado prevalece en la literatura sobre convergencia, De la Fuente y Doménech (2001) y De la Fuente (2002), entre otros, señalan la necesidad de ahondar en los aspectos dinámicos y en los determinantes de la eficiencia técnica así como en las características inobservables de cada país, recogidas a través de los «efectos fijos».

El papel del capital público también ha sido objeto de análisis en el modelo de crecimiento propuesto por Mankiw, Romer y Weil (1992). En el ámbito de las Comunidades Autónomas destacan los trabajos de Gorostiaga (1999), Bajo (2000) y González-Páramo y Martínez (2002). Entre los aspectos novedosos que introduce Gorostiaga (1999), destacan el contraste de la hipótesis de «convergencia condicional», recogiendo la existencia de estados estacionarios heterogéneos a través de la consideración de los efectos fijos inobservables en la ecuación de convergencia, y, con el fin de evitar sesgos de endogeneidad, la estimación del modelo mediante el método de variables instrumentales.

⁵ Islam (1995), partiendo del trabajo de Mankiw, Romer y Weil (1992), examina cómo cambian los resultados con la adopción de un panel de datos, para lo cual reformula la regresión usada en el estudio de convergencia en forma de un modelo de panel dinámico con «efectos fijos». De esta manera, corrige el sesgo por omisión de variables, debido a la existencia de aspectos específicos de cada país en la función de producción agregada correlacionados con las variables explicativas. Por su parte, Temple (1998) corrobora esta idea e incorpora un método de estimación robusto ante la posible existencia de datos atípicos. En trabajos más recientes, Temple (1999 y 2001), utiliza este mismo método de estimación, aunque para replicar el trabajo de Benhabib y Spiegel (1994), alcanzando resultados más favorables en el primer trabajo y menos concluyentes en el segundo, con respecto al impacto del capital humano sobre el crecimiento económico.

Puesto que obtiene un coeficiente negativo para el capital humano, plantea una formulación alternativa para la participación de este capital en la función de producción considerando que afecta a la tasa de progreso tecnológico. Por su parte, Bajo (2000) amplía el modelo de Mankiw, Romer y Weil (1992) mediante la incorporación del sector público en un sentido más amplio, ya que tiene en cuenta las variables de política fiscal. Por último, González-Páramo y Martínez (2002) analizan los resultados obtenidos bajo distintas especificaciones, siguiendo el marco teórico propuesto en Bajo (2000). A nivel internacional, Aschauer (2000) incorpora en la ecuación de convergencia la variable de inversión pública así como el modo en que ésta se financia y un indicador de eficiencia en su uso.

Para derivar la ecuación de convergencia con capital público y humano en el modelo de Solow ampliado, partimos de una función de producción Cobb-Douglas y neoclásica:

$$Y_t = K_t^\beta G_t^\alpha H_t^\gamma (AL_t)^{1-\alpha-\beta-\gamma} \quad (8)$$

que incorpora capital público, G_t , y humano, H_t , manteniendo el supuesto de rendimientos decrecientes a escala en los factores acumulables, $\alpha + \beta + \gamma < 1$.

A continuación, definimos las ecuaciones de movimiento del capital privado, público y humano por unidad efectiva de trabajo de la siguiente manera:

$$\dot{k}'_t = (1 - \tau)S_k k_t'^\beta g_t'^\alpha h_t'^\gamma - (n + g + \delta)k'_t \quad (9)$$

$$\dot{g}'_t = \tau S_g k_t'^\beta g_t'^\alpha h_t'^\gamma - (n + g + \delta)g'_t \quad (10)$$

$$\dot{h}'_t = S_h k_t'^\beta g_t'^\alpha h_t'^\gamma - (n + g + \delta)h'_t \quad (11)$$

donde S_k representa la tasa de ahorro sobre la renta, S_g y S_h son las fracciones de renta invertidas en capital público y humano, respectivamente, y τ hace referencia al tamaño del sector público. A su vez, la tasa de depreciación δ es la misma para los tres tipos de capital, al igual que la función de producción. Finalmente, $(n + g)$ es el ratio al que aumenta el número de unidades efectivas de trabajo.

Dividiendo cada una de las ecuaciones (9)-(11) por la variable cuya dinámica representan se obtienen las tasas de crecimiento de los factores acumulables en unidades de eficiencia:

$$\gamma_k = \frac{\dot{k}'_t}{k'_t} = (1 - \tau)S_k k_t'^{\beta-1} g_t'^\alpha h_t'^\gamma - (n + g + \delta) \quad (12)$$

$$\gamma_g = \frac{\dot{g}'_t}{g'_t} = \tau S_g k_t'^\beta g_t'^{\alpha-1} h_t'^\gamma - (n + g + \delta) \quad (13)$$

$$\gamma_0 = \frac{\dot{h}_t}{h_t} = S_h k_t^\beta g_t^\alpha h_t^{\gamma-1} - (n + g + \delta) \quad (14)$$

Este sistema de ecuaciones nos permite calcular los valores en estado estacionario del capital privado, público y humano en unidades de eficiencia. Así pues, igualando a cero las tres expresiones (12)-(14) obtenemos:

$$k^* = \left[\frac{S_k^\alpha S_g^\alpha S_h^{1-\alpha-\gamma} \tau^\alpha (1-\tau)^{1-\alpha-\gamma}}{(n + g + \delta)} \right]^{\frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma}} \quad (15)$$

$$g^* = \left[\frac{S_g^\alpha S_k^{1-\beta-\gamma} S_h^\beta \tau^{1-\beta-\gamma} (1-\tau)^\beta}{(n + g + \delta)} \right]^{\frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma}} \quad (16)$$

$$h^* = \left[\frac{S_h^{1-\alpha-\beta} S_g^\alpha S_k^\alpha \tau^\alpha (1-\tau)^\alpha}{(n + g + \delta)} \right]^{\frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma}} \quad (17)$$

Sustituyendo en la función de producción y tomando logaritmos, obtenemos el ingreso *per capita* en estado estacionario:

$$\begin{aligned} \ln \left(\frac{Y_c}{L_t} \right)^* &= \ln A_0 + g_t - \frac{\alpha + \beta + \gamma}{1 - \alpha - \beta - \gamma} \ln(n + g + \delta) + \\ &+ \frac{\beta}{1 - \alpha - \beta - \gamma} \ln(S_k) + \frac{\alpha}{1 - \alpha - \beta - \gamma} \ln(S_g) + \frac{\gamma}{1 - \alpha - \beta - \gamma} \ln(S_h) + \\ &+ \frac{\alpha}{1 - \alpha - \beta - \gamma} \ln(\tau) + \frac{\beta}{1 - \alpha - \beta - \gamma} \ln(1 - \tau) \end{aligned} \quad (18)$$

Frente a las ampliaciones del modelo de Solow que introducen el capital público y humano por separado, observamos en la ecuación (18) que la incorporación simultánea de las variables correspondientes a la participación del capital público y privado sobre la renta genera un aumento en el impacto que ejerce la acumulación de capital privado sobre el ingreso *per capita* $\left(\frac{\beta}{1 - \alpha - \beta - \gamma} \right)$. Además, podemos observar que los resultados obtenidos corroboran las ideas que se defienden en el marco teórico seguido a lo largo del presente apartado, y de todos los anteriores. Así pues, la renta *per capita* en estado estacionario depende positivamente de las tasas de inversión en capital (privado, público y humano) y de las variables que hacen referencia al peso de los sectores público y privado, τ y $(1 - \tau)$, mientras que las variables que miden el ratio de creci-

miento del trabajo en unidades de eficiencia y la depreciación del *stock* de capital influyen negativamente.

Puesto que g y δ son constantes, y considerando $\ln A_0 = a + u_t$ donde a es constante y u_t un *shock* específico para cada país, podemos expresar el ingreso *per capita* en estado estacionario como:

$$\begin{aligned} \ln\left(\frac{Y_t}{L_t}\right)^* &= a - \frac{\alpha + \beta + \gamma}{1 - \alpha - \beta - \gamma} \ln(n + g + \delta) + \frac{\beta}{1 - \alpha - \beta - \gamma} \ln(S_k) + \\ &+ \frac{\alpha}{1 - \alpha - \beta - \gamma} \ln(S_e) + \frac{\gamma}{1 - \alpha - \beta - \gamma} \ln(S_h) + \\ &+ \frac{\alpha}{1 - \alpha - \beta - \gamma} \ln(\tau) + \frac{\beta}{1 - \alpha - \beta - \gamma} \ln(1 - \tau) + u_t \end{aligned} \quad (19)$$

La expresión (19) nos conduce a la siguiente ecuación de convergencia:

$$\begin{aligned} \frac{\ln y_t - \ln y_{t-T}}{T} &= \frac{(1 - e^{-\lambda})}{T} a - \frac{(1 - e^{-\lambda})}{T} \ln y_{t-T} - \frac{(1 - e^{-\lambda})}{T} \frac{\alpha + \beta + \gamma}{1 - \alpha - \beta - \gamma} \ln(n + g + \delta) + \\ &+ \frac{(1 - e^{-\lambda})}{T} \frac{\beta}{1 - \alpha - \beta - \gamma} \ln(S_k) + \frac{(1 - e^{-\lambda})}{T} \frac{\alpha}{1 - \alpha - \beta - \gamma} \ln(S_e) + \\ &+ \frac{(1 - e^{-\lambda})}{T} \frac{\gamma}{1 - \alpha - \beta - \gamma} \ln(S_h) + \frac{(1 - e^{-\lambda})}{T} \frac{\alpha}{1 - \alpha - \beta - \gamma} \ln(\tau) + \\ &+ \frac{(1 - e^{-\lambda})}{T} \frac{\beta}{1 - \alpha - \beta - \gamma} \ln(1 - \tau) + u_t \end{aligned} \quad (20)$$

Donde $\ln y_{t-T}$ es el logaritmo de la renta *per capita* en el período inicial y $\lambda = (n + g + \delta) \cdot (1 - \alpha - \beta - \gamma)$ hace referencia a la velocidad hacia el estado estacionario. La posible existencia de «variables omitidas» puede sesgar al alza el valor de este último parámetro. Por este motivo, y tras incorporar el capital público y humano a nuestro análisis, se observa una reducción en la velocidad de convergencia. Así pues, la ecuación de convergencia (20) nos permitirá analizar, no solo el grado de acercamiento en niveles de riqueza de las distintas economías hacia su propio estado estacionario, sino además el papel que juegan en dicho proceso tanto el sector público como la inversión realizada en educación. A su vez, el sector público aparece reflejado desde una doble vertiente, ya que se considera tanto la inversión realizada como las decisiones de política fiscal implementadas a través del tipo impositivo τ .

Recientemente, continúan apareciendo trabajos que, mediante la regresión de convergencia que se deduce de la solución de estado estacionario en el modelo de Solow ampliado, analizan los determinantes de la convergencia económica. Así pues, nos encontramos con trabajos como los de Aroca *et al.* (2005), aplicado a la economía mexicana, Marchante y Ortega (2006), para el caso de las regiones españolas, así como con un estudio publicado por la Fundación de las Cajas de Ahorro en el año 2006, titulado

«convergencia regional europea», que recopila diversos análisis llevados a cabo por distintos autores. De este modo, podemos corroborar la vigencia en el análisis empírico del crecimiento económico de los modelos neoclásicos, basándose principalmente en los factores de oferta que determinan las características de la función de producción. Si bien la asignación de recursos en la función de producción resulta ser de gran relevancia, no lo es menos el grado de eficiencia en el uso de los mismos.

Surge así una línea de investigación que, sobre la base del trabajo publicado por Farrell (1957), considera la eficiencia en el uso de los factores productivos mediante modelos basados en técnicas de frontera. La aproximación a las fronteras de producción estocásticas, propuesta simultáneamente por Aigner *et al.* (1977) y Meeusen *et al.* (1977), modifica la función de producción estándar mediante el supuesto de que la eficiencia forma parte del error compuesto. De esta forma:

$$Y_i = f(X_i, \beta) \exp(\varepsilon_i) \quad \varepsilon_i = v_i - u_i \quad (21)$$

donde el error compuesto (ε) contiene un término que representa a la ineficiencia (u) y un residuo aleatorio. De este modo, es posible extraer el impacto de la eficiencia técnica y del progreso técnico sobre la evolución de la convergencia en la productividad total de los factores (PTF). Ésta es la idea que se plantea en numerosos trabajos, entre los que podemos destacar los correspondientes a Gumbau (2000), Kumbhakar y Wang (2005) y Salinas *et al.* (2006)⁶.

5. Conclusiones

A lo largo de la revisión bibliografía presentada en el presente trabajo podemos observar que la teoría del crecimiento económico en el largo plazo basa sus resultados en las características de la función de producción, que viene determinada por factores principalmente de oferta. Por tanto, el enfoque de oferta está muy vigente en el análisis de los determinantes del crecimiento y de la convergencia entre diferentes economías.

Asimismo, al igual que la demanda sectorial y agregada, que condicionan las cantidades requeridas de factores en la función de producción, resulta de gran interés incorporar la eficiencia en el uso de los mismos, mediante técnicas de frontera, que pueden basarse en un enfoque paramétrico, como el planteado con anterioridad, o no paramétrico. De este modo, logramos enriquecer el análisis de los determinantes de la convergencia económica a través del modelo de Solow ampliado. Por último, cabe destacar el hecho de que las fronteras son aplicables de igual modo a la estimación de funciones de costes.

²⁶ Además, en el documento de trabajo publicado por Delgado y Álvarez (2006) podemos encontrar evidencia empírica acerca de los determinantes de la convergencia económica para los países correspondientes a la UE-15, basándose en el uso tanto del modelo de Solow ampliado con capital público y humano como de técnicas de frontera no paramétrica.



**TIENE EL INGENIO
DE SU PADRE,**
su gusto por la naturaleza
su pasión por el deporte
su apoyo
sus consejos
algún día, tendrá también
su patrimonio

POPULAR BANCA PRIVADA:
la seguridad de su patrimonio, de su futuro.

En POPULAR BANCA PRIVADA, entendemos que cuando nos encarga la gestión de su patrimonio nos está confiando algo más que una cifra con ceros. Está contando con nosotros para consolidar su futuro y el de los suyos. Por eso lo tratamos como si fuera el nuestro, a través de:

- Un **DIAGNÓSTICO** certero de sus necesidades.
- Un **ENFOQUE INTEGRAL** de asesoramiento que garantiza, con total **INDEPENDENCIA**, las mejores **SOLUCIONES**, el **RIGOR** y la **TRANSPARENCIA**.
- Un **SEGUIMIENTO** permanente.
- Un servicio **A SU MEDIDA**: en la **ATENCIÓN**, en la **COMUNICACIÓN**.

POPULAR BANCA PRIVADA, la banca privada del GRUPO BANCO POPULAR.



POPULAR BANCA PRIVADA

EL COMPROMISO ES NUESTRO

Tel.: 902 300 500. www.popularbancaprivada.es

6. Referencias

- AIGNER, A., LOVELL, C. A. K. y SCHMIDT, P. (1977), «Formulation and estimation of stochastic frontier production function models». *Journal of Econometrics*, 86, págs. 21-37.
- ARNOLD, L. G. (1997), «Stability of the steady-state equilibrium in the Uzawa-Lucas Model: a simple proof». *Zeitschrift für wirtschafts und sozialwissenschaften*, págs. 117, 197-207.
- ARNOLD, L. G. (2000a), «Endogenous technological change: a note on stability». *Economic Theory*, July, 16(1), págs. 219-226.
- ARNOLD, L. G. (2000b), «Stability of the market equilibrium in Romer's model of endogenous technological change: a complete characterization». *Journal of Macroeconomics*, 22(1), págs. 69-84.
- ARNOLD, L. G. (2007), «A generalized multi-country endogenous growth models». *International Economics and Economic Policy*, Vol. 4, n.º 1, págs. 61-100.
- AROCA, P., BOSCH, M. y MALONEY, W. F. (2005), «Spatial dimensions of trade liberalization and economic convergence: Mexico 1985-2002». *The World Bank Economic Review*, Vol. 19, n.º 3, págs. 345-378.
- ASCHAUER, D. (2000), «Public Capital and Economic Growth. Issues of Quantity, Finance and Efficiency». *Economic Development and Cultural Change*, 48(2), 391-406.
- BAJO, O. (2000), «A Further Generalization of the Solow Model: The Role of the Public Sector». *Economics Letters*, 68, págs. 79-84.
- BARRO, R. (1990), «Government spending in a simple model of endogenous growth». *Journal of Political Economy*, Vol. 98, n.º 5, págs. 103-125.
- BARRO, R. , MANKIW, N. G. y SALA-I-MARTÍN, X. (1992), *Capital mobility in Neoclassical Models of growth*. NBER working paper, n.º 4206 (noviembre).
- BARRO, R. y SALA-I-MARTÍN, X. (1992), «Convergence». *Journal of Political Economy*, Vol. 100, n.º 2, págs. 223-251.
- BARRO, R. y SALA-I-MARTÍN, X. (1995), *Economic Growth*, McGrawHill.
- BASSANINI, A. y SCARPETTA, S. (2001), *Does human capital matter for growth in OECD countries? Evidence from pooled mean group estimates*. OECD Economics Working Paper, n.º 282.
- BENHABIB, J. y SPIEGEL, M. M. (1994), «The role of human capital in economic development. Evidence from aggregate cross-country data». *Journal of monetary economics*, 34, págs. 143-173.
- CASTELLÓ, A. y DOMÉNECH, R. (2002), «Human Capital Inequality and Economic Growth: Some New Evidence». *Economic Journal*, 112, págs.187-200.
- CASS, D. (1965), «Optimum growth in an aggregative model of capital accumulation». *Review of Economic Studies*, 32 (July), págs. 233-240.
- DE LA FUENTE, A. y DOMÉNECH, R. (2001), «Schooling Data, Technological Diffusion and the Neo-classical Model». *American Economic Review*, 91(2), págs. 323-327, May 2001.
- DE LA FUENTE, A. (2002), «On the Sources of Convergence: A Close Look at the Spanish Regions». *European Economic Review*, 46, págs. 569-599.
- DELGADO, M. J. y ÁLVAREZ, I. (2006), *Sector público y convergencia económica en la UE*. Documento de Trabajo n.º 27/06, Instituto de Estudios Fiscales.
- FARRELL, M. J. (1957), «The measurement of productive efficiency». *Journal of the Royal Statistical Society*, Vol. 120, part. 3, págs. 253-290.
- FUNDACIÓN DE LAS CAJAS DE AHORROS (2006), *Convergencia Regional Europea*. Papeles de Economía Española, n.º 107.
- GOODWIN, R. M. (1955), «A model of cyclical growth», en Lindberg, E. (Ed.). *The business cycle in the post-war world*, Maxmillan, London, UK (traducido en Rojo, L.A. (Ed.). *Lecturas sobre la teoría económica del desarrollo*, Gredos, Madrid, España).
- GONZÁLEZ-PÁRAMO, J. M. y MARTÍNEZ, D. (2002), «Public Investment and Convergence in the Spanish Regions». Estudios sobre la Economía Española. FEDEA. Documento de Trabajo n.º EEE112.
- GOROSTIAGA, A. (1999), «¿Cómo Afectan el Capital Público y el Capital Humano al Crecimiento?: Un Análisis para las Regiones Españolas en el Marco Neoclásico», *Investigaciones Económicas*, Vol. XXIII (1), págs. 95-114.
- GUMBAU-ALBERT, M. (2000), «Efficiency and technical progress: sources of convergence in the Spanish regions». *Applied Economics*, 32, págs. 467-478.
- HAIRAULT, J. O. y PORTIER, F. (1993), «Money, New-Keynesian Macroeconomics and the business cycle». *European Economic Review*, n.º 37, págs. 1.533-1.568.
- ISLAM, N. (1995), «Growth empirics: a panel data approach». *Quarterly Journal of Economics*, 110, págs. 1.127-1.170.
- HICKS, J. R. (1950), *A contribution to the theory of the trade cycle*, Oxford University Press, Oxford, UK.
- KING, R. G., PLOSSER, Ch. L. y REBELO, S. T. (1988a), «Production, growth and business cycles I: the basic neoclassical model», *Journal of Monetary Economics*, n.º 21, págs. 195-232.

- KING, R. G., PLOSSER, Ch. L. y REBELO, S. T. (1988b), «Production, growth and business cycles II: new directions», *Journal of Monetary Economics*, n.º 21, págs. 309-342.
- KOOPMANS, T. C. (1965), «On the concept of optimal economic growth», en *The Econometric Approach to Development Planning*, Amsterdam, North Holland.
- KUMBHAKAR, S. C. y WANG, H. J. (2005), «Estimation of growth convergence using a stochastic production frontier approach». *Economics Letters*, Vol. 88, n.º 3, págs. 300-305.
- LADRÓN-DE-GUEVARA, A., ORTIGUEIRA, S. y SANTOS, M. S. (1997), «Equilibrium dynamics in two-sectors models of endogenous growth». *Journal of economic dynamics and control*, 21, págs. 115-143.
- LUCAS, R. E. (1972), «Expectations and the neutrality of money». *Journal of Economic Theory*, n.º 4, págs. 103-124.
- LUCAS, R. E. (1973), «Some international evidence on output-inflation trade-offs». *American Economic Review*, vol. 63, págs. 326-334.
- LUCAS, R. E. (1977), «Understanding business cycles», en Brunner, K. y Meltzer, A.H. (Eds.). *Stabilization of the domestic and international economy*, Carnegie-Rochester Conference, Series on Public Policy.
- LUCAS, R. E. (1988), «On the mechanics of economic development». *Journal of Monetary Economics*, 22, págs. 3-42.
- MANKIW, N. G., ROMER, D. y WEIL, D. N. (1992), «A contribution to the empirics of economic growth». *Quarterly Journal of Economics*, 107, págs. 407-437.
- MARCHANTE, A. J. y ORTEGA, B. (2006), «Quality of life and economic convergence across spanish regions, 1980-2001». *Regional Studies*, Vol. 40, n.º 5, págs. 471-483.
- MEEUSEN, W. y VAN DEN BROECK, J. (1977), «Efficiency estimates from Cobb-Douglas production functions with component error». *International Economic Review*, 18, págs. 435-44.
- MUELBAUER, J. y PORTES, R. (1978), «Macroeconomic models with quantity rationing». *The Economic Journal*, n.º 88, págs. 788-821 (traducido en Cuadernos Económicos de ICE, n.º 15).
- MULLIGAN, C. B. y SALA-I-MARTÍN, X. (1993), «Transitional dynamics in two-sector models of endogenous growth». *Quarterly Journal of Economics*, 108, págs. 737-773.
- NGAI, R. L. y PISSARIDES, C. A. (2007), «Structural change in a multisector model growth». *American Economic Review*, Vol. 97, n.º 1, march 2007.
- PASINETTI, L. L. (1960), «Cyclical fluctuations and growth», *Oxford Economic Papers*, n.º 12, págs. 215-241.
- RAMSEY, F. P. (1928), «A mathematical theory of saving». *The Economic Journal*, n.º 152, Vol. XXXVIII, págs. 543-559.
- REBELO, S. (1991), «Long-run policy analysis and long-run growth». *Journal of political economy*, 99, 3(junio), págs. 500-521.
- ROMER, P. (1986), «Increasing returns and long-run growth». *Journal of Political Economy*, Vol. 94, n.º 5, págs. 1002-1037.
- ROMER, P. (1987), *Crazy explanations for the productivity slowdown*. NEBER Macroeconomics annual, n.º 2, págs. 163-201.
- ROMER, P. (1990), «Endogenous technological change». *Journal of Political Economy*, Vol. 98, n.º 5, part II, págs. 71-102.
- SALA-I-MARTIN, X. (1994), *Apuntes de Crecimiento Económico*, Antoni Bosch Editor.
- SALA-I-MARTIN, X. (1996a), «The classical approach to convergence analysis». *Economic Journal*, 106, págs. 1019-1036.
- SALA-I-MARTIN, X. (1996b), «Regional cohesion evidence and theories of regional growth and convergence». *European Economic Review*, 40, págs. 1325-1352.
- SALINAS, M. M., DELGADO, M. J. y ÁLVAREZ, I. (2006), «Capital accumulation and TFP growth in the EU: a production frontier approach». *Journal of Policy Modeling*, 28, págs. 195-205.
- SAMUELSON, P. A. (1939), «Interactions between the multiplier analysis and the principle of acceleration». *Review of Economics and Statistics*, n.º 21, págs. 75-78.
- SÁNCHEZ-ROMERO, M. (2005), *Optimal Consumption and Investment with an Uncertain Lifetime in a Model with Two Assets*. Working Paper Series of the Geneva Association, études et Dossiers n.º 302.
<http://www.wriec.org/2005%20WRIEC%20Proceedings.pdf>
- SOLOW, R. M. (1956), «A contribution to the theory of economic growth». *Quarterly Journal of Economics*, 70, 1 (february), págs. 65-94.
- SWAN, T. W. (1956), «Economic growth and capital accumulation». *Economic Record*, 32 (noviembre), págs. 334-361.
- TEMPLE, J. R. W. (1998), «Robustness tests of augmented Solow model». *Journal of Applied Econometrics*, 13(4), july-august, págs. 361-375.
- TEMPLE, J. R. W. (1999), «A positive effect of human capital on growth». *Economics Letters*, 65, págs. 131-134.
- TEMPLE, J. R. W. (2001), «Heterogeneity and the growth process generalizations that aren't? Evidence on education and growth». *European Economic Review*, 45, págs. 905-918.
- UZAWA, H. (1965), «Optimal technical change in an aggregative model of economic growth». *International Economic Review*, 6 (enero), págs. 18-31.
- ZHANG, W. (2007), «A discrete two-sector economic growth model». *Discrete Dynamic in Nature and Society*, Vol. 2007, article ID 89464, págs. 13.