Universidad de Valladolid

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Grado en Economía

Transferencia internacional de tecnología y convergencia

Presentado por:

Cristina Carrera García

Tutelado por:

Carlos Borondo Arribas

Valladolid, 29 de junio de 2015

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento ha sido analizado desde diferentes perspectivas a lo largo del tiempo, lo cual ha permitido ir construyendo teorías cada vez más complejas y próximas a la realidad. El modelo neoclásico con progreso técnico desechó la idea de que la mera acumulación de capital fuera suficiente para explicar las diferencias en términos de output per cápita entre países y determinó que las variaciones en la productividad total de los factores, que son el reflejo de ese progreso técnico, eran las principales causantes. Posteriormente, los modelos de crecimiento endógeno trataron de *endogeneizar* el comportamiento del progreso técnico pero por vías diferentes. Destacan el modelo de Romer y el modelo schumpeteriano, en el primero la productividad total de los factores es equivalente al número de variedades de inputs disponibles y en el segundo a la productividad media de esos inputs.

Sin embargo, estas teorías siguen sin ser completamente satisfactorias puesto que no explican el fenómeno de convergencia observado desde la segunda mitad del siglo XX. Nos referimos a una convergencia condicional, es decir, economías que crecen más rápido cuanto más alejadas están de su equilibrio de largo plazo. Para tratar de justificar este proceso los modelos más recientes de crecimiento apuntan hacia los clubs de convergencia y la transferencia internacional de tecnología.

Desde un punto de vista práctico, es necesario demostrar la consistencia de los clubs de convergencia con datos. Los resultados obtenidos en este trabajo así lo hacen y además destacan el papel de la investigación y la formación de capital humano como variables clave en el camino de los países hacia la consecución de la misma tasa de crecimiento del output per cápita a largo plazo.

El trabajo se estructura de la siguiente manera. En el apartado 2 se hace un repaso a la literatura más sobresaliente sobre crecimiento, tanto exógeno como endógeno, pero sobre todo a este último pues es el pilar teórico básico de los clubs de convergencia desarrollados en el apartado 3, donde además se revisan las aportaciones más recientes al proceso de convergencia y se estudia la viabilidad empírica de los citados clubs. Por último, en la sección 4 se detallan las conclusiones obtenidas.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En este primer apartado del trabajo se pretenden revisar tres de los modelos más destacados sobre crecimiento. El primero de ellos es el modelo neoclásico, perteneciente a la literatura sobre crecimiento exógeno, mientras que los otros dos (tanto el modelo de Romer como el schumpeteriano) se corresponden con dos piezas clave del crecimiento endógeno.

2.1 MODELO NEOCLÁSICO

El modelo neoclásico surge a partir de dos artículos, publicados por separado, de Robert Solow (1956) y Trevor Swan (1956), siendo el primero de ellos quien obtuvo mayor reconocimiento y, por ello, este modelo también es conocido como "modelo de Solow".

El objetivo de esta sección es explicar las características e implicaciones del modelo de Solow con progreso técnico, para lo que seguiremos la exposición de Jones y Vollrath (2013). El elemento clave es el carácter exógeno de la tecnología (A).

2.1.1 Elementos básicos

El modelo de Solow se construye en torno a dos ecuaciones: la función de producción y la ecuación de acumulación del capital.

La función de producción representa la relación que existe entre el output, los inputs, que en este caso son trabajo (L_t) y capital (K_t), y un índice de la tecnología, la productividad total de los factores (A_t). Esta función es del tipo Cobb-Douglas y presenta rendimientos constantes a escala (solo se evalúan en el capital y el trabajo puesto que la tecnología es gratuita) y productividades marginales positivas y decrecientes en ambos factores, K_t y L_t.

$$Y_t = F(K_t, L_t) = K_t^{\alpha}(A_t L_t)^{1-\alpha} \tag{2.1}$$

donde α representa la participación del capital en la renta, comprendida entre cero y uno, A_t crece a una tasa constante g_A y L_t lo hace a otra tasa constante n. Suponemos que toda la población trabaja por lo que $\frac{L_t}{población} = 1$.

En términos per cápita, dividiendo por L_t:

$$y_t = k_t^{\alpha} A_t^{1-\alpha} \tag{2.2}$$

El segundo elemento de este modelo es la ecuación de acumulación del capital, que expresa la variación del stock de capital en un periodo de tiempo concreto como resultado de la inversión menos la depreciación del capital en dicho periodo $\left(\dot{K}_t = I_t - \delta K_t\right)$, siendo δ la proporción fija de desgaste. La tasa de ahorro (s) es constante y exógena $(S_t = sY_t)$, y suponiendo que se cumple la condición de equilibrio en el mercado de bienes, inversión igual a ahorro $(I_t = S_t)$, la ecuación se presenta de la siguiente manera:

$$\dot{K}_t = sY_t - \delta K_t \tag{2.3}$$

Usando un pequeño truco matemático podemos definir la tasa de crecimiento del stock de capital per cápita como:[1]

$$\hat{k}_t = \hat{K}_t - \hat{L}_t$$

A partir de esta expresión y de la ecuación (2.3) llegamos a la tasa de crecimiento del stock de capital en términos per cápita:

$$g_{k,t} = s\frac{y_t}{k_t} - (\delta + n)$$

Tomando logaritmos y derivando la función de producción (2.2) se obtiene:

$$g_{y,t} = \alpha\, g_{k,t} + (1-\alpha)g_A \tag{2.4}$$

Con esta ecuación (2.4) y la de acumulación del capital (2.3) llegamos a una de las conclusiones fundamentales del modelo de Solow con progreso técnico: a lo largo de una senda de crecimiento equilibrado $(g_{y,t} = g_y = g_{k,t} = g_k)$ el output por trabajador y el capital por trabajador deben crecer a la misma tasa que el progreso técnico (g_A). Por tanto, el progreso técnico es la fuente del crecimiento per cápita sostenido:

$$g_A = g_k = g_y$$

2.1.2 Solución del modelo y diagrama de Solow

La solución analítica pasa por transformar las variables agregadas en per cápita dividiéndolas por A_tL_t en lugar de L_t, obteniendo así $\tilde{k}_t = \frac{K_t}{A_tL_t}$ e

[1] Usamos g_x ó $\hat{x}$ para denotar la tasa de crecimiento de una variable cualquiera x.

$\tilde{y}_t = \frac{Y_t}{A_t L_t}$. Combinando estas dos nuevas variables con la ecuación de acumulación del capital (2.3):

$$\dot{\tilde{k}}_t = s\tilde{y}_t - (n + g_A + \delta)\tilde{k}_t \tag{2.5}$$

siendo el primer término del miembro de la derecha la curva de ahorro y el segundo las necesidades de reposición, es decir, la cantidad de inversión necesaria para mantener un determinado capital, todo ello en términos per cápita y sabiendo que ahora la función de producción se define como:

$$\tilde{y}_t = \tilde{k}_t^{\alpha} \tag{2.6}$$

Expresado en tasas de crecimiento:

$$\hat{\tilde{k}}_t = s\tilde{k}_t^{\alpha-1} - (n + g_A + \delta) \tag{2.7}$$

Las ecuaciones (2.5) y (2.7) constituyen las dos versiones de la ecuación de Solow, las cuales se pueden representar fácilmente en un diagrama (Figura 2.1 y Figura 2.2).

Al analizar la Figura 2.1 se comprueba que en el estado estacionario $\tilde{k}^*$ es estable. Si la economía parte de un capital inferior o superior al estacionario es porque está ahorrando más de lo necesario para mantenerse o viceversa, por lo que en ambos casos habrá una variación de capital hasta llegar al valor del estado estacionario. En dicho punto se cumple la condición $\dot{\tilde{k}}_t = 0$ y acudiendo a la ecuación (2.5), se obtiene el valor del capital en el estado estacionario:

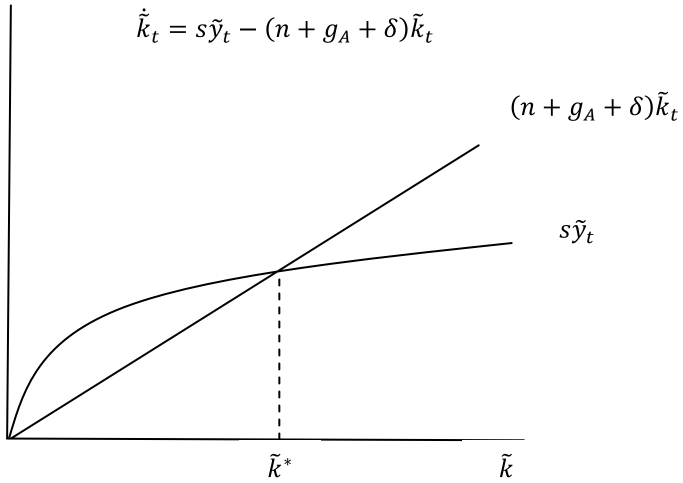
$$\tilde{k}^* = \left(\frac{s}{n + g_A + \delta}\right)^{1/(1-\alpha)}$$

Sustituyéndolo en la función de producción (2.6):

$$\tilde{y}^* = \left(\frac{s}{n + g_A + \delta}\right)^{\alpha/(1-\alpha)}$$

A partir de aquí pueden extraerse varios resultados muy importantes. Los cambios en la tasa de inversión o en la tasa de crecimiento de la población afectan a los niveles en el estado estacionario pero no a las tasas de crecimiento, ni del output per cápita ni del capital per cápita. Ambas tasas son iguales a g_A, la tasa de crecimiento del progreso técnico, por lo que el modelo implica convergencia absoluta en tasas de crecimiento.

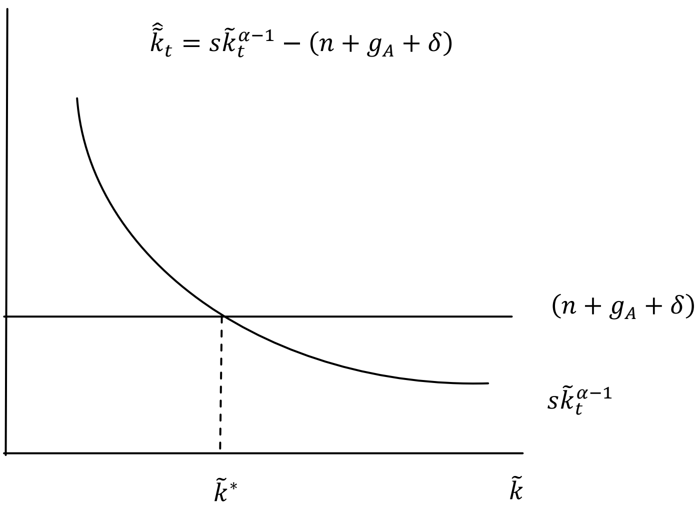
Figura 2.1: DIAGRAMA DE SOLOW CON PROGRESO TÉCNICO



Fuente: elaboración propia

Además, a través de la Figura 2.2, el modelo neoclásico predice convergencia condicional (en niveles) para aquellos países que tengan el mismo estado estacionario, para lo cual necesitan compartir unas características básicas (α, δ, s, A, n deben ser iguales). Esto implica que si el estado estacionario es el mismo, los países más alejados de él van a crecer más rápido que los que se encuentran más cerca. Por tanto, la convergencia se traduce en una reducción de la brecha entre países pobres y países ricos.

Figura 2.2: DINÁMICA DE TRANSICIÓN EN EL MODELO DE SOLOW



Fuente: elaboración propia

Sala-i-Martín (2000) demuestra la consistencia del modelo neoclásico comprobando la existencia de convergencia condicional entre las regiones de un país si estas tienen tasas de inversión y de crecimiento de la población similares, como es el caso de 90 regiones europeas pertenecientes a Alemania, Francia, España, Italia y Reino Unido o de las prefecturas en Japón.

2.2 EL MODELO DE VARIEDADES

El desarrollo del modelo neoclásico visto anteriormente permitió comprobar que la simple acumulación de capital no era suficiente para explicar el crecimiento, sino que se requería algo más, el progreso técnico. Sin embargo, ese progreso técnico era exógeno, por lo que se conocía cuál era el motor del crecimiento pero no su comportamiento.

Desde entonces, muchos economistas han focalizado su atención en la búsqueda de teorías que traten el progreso técnico como una variable endógena, es lo que se conoce como *teoría del crecimiento endógeno*. Estos autores introducen las *ideas* como bienes de una economía en la función de producción. Dichas ideas tienen una característica muy particular, son bienes no rivales, es decir, pueden ser usados por varios individuos a la vez sin generar ningún coste adicional. La no rivalidad implica la existencia de rendimientos crecientes a escala en la función de producción y de mercados de competencia imperfecta, como veremos más adelante.

En este apartado desarrollaremos uno de los primeros modelos de crecimiento endógeno, el modelo de variedades de Paul Romer (1990). Se enmarca dentro de la literatura de *modelos de innovación horizontal*, donde las ideas se plasman en el descubrimiento de nuevas variedades de productos intermedios cuyo objetivo es producir más bienes finales. La versión que aquí presentamos tiene su origen en la exposición de Aghion y Howitt (2009) y pretende averiguar cuál es la tasa de crecimiento del número de variedades.

2.2.1 Elementos básicos

En este modelo, el trabajo se distribuye en torno a dos actividades, la producción del bien final L_Y y la investigación con el propósito de generar nuevas variedades L_A. Además, suponemos que la población total, que equivale al empleo, es constante $(L_Y + L_A = L)$ y que el número de científicos es una proporción también constante del total $\frac{L_A}{L} = s_R$.

Al igual que en el modelo de Solow, partimos de una función de producción donde la variable tecnológica o productividad total de los factores (A_t) se interpreta como el stock de variedades. Al evaluar los rendimientos de escala en los tres factores (A_t, L_Y, K_t) comprobamos que los exponentes suman un número mayor a la unidad lo que significa que hay rendimientos de escala crecientes.

$$Y_t = K_t^{\alpha}(A_t L_Y)^{1-\alpha} \tag{2.8}$$

Una de las grandes diferencias con respecto a modelos previos es la existencia de un sector de investigación y desarrollo (I+D) con una función de producción de ideas determinista:

$$\dot{A}_t = \lambda A_t L_A \tag{2.9}$$

donde el número de nuevas variedades obtenidas en un periodo de tiempo determinado es una función que depende del stock de variedades existentes hasta ese momento, de la población dedicada a investigar y de la productividad de dicho proceso investigador medida a través de un parámetro λ positivo.

Como se observa en la ecuación (2.9) hay un desbordamiento o *spillover* intertemporal: los conocimientos adquiridos en el pasado, medidos a través del stock de variedades, son determinantes en la obtención de nuevas variedades.[2]

La tasa de crecimiento de A_t:

$$g_A = \frac{\dot{A}_t}{A_t} = \lambda L_A = \lambda s_R L \tag{2.10}$$

depende de la productividad de la investigación y del número de científicos, que en última instancia es una proporción constante de la población total, lo que conlleva la existencia del llamado efecto de escala. Si existiera tal efecto, por un lado, se dispararía el crecimiento de la productividad de los factores con el aumento de la población, y, por otro lado, países muy poblados como China

[2] El hecho de que las ideas pasadas o, en este modelo, el stock de variedades fomenten el descubrimiento de nuevas ideas se conoce como *ir a hombros de gigantes (standing on shoulders).*

tendrían una tasa de crecimiento muy superior a la de otros como Luxemburgo, lo cual es inconsistente con la evidencia empírica.

2.2.2 Aspectos microeconómicos

En el apartado anterior analizamos el incremento en el stock de variedades sin detenernos en los fundamentos microeconómicos subyacentes a este modelo, los cuales desarrollaremos en este punto.

Según Romer, la economía está compuesta por tres sectores que se distinguen por lo que producen: el sector de bienes finales, el sector de bienes intermedios y el sector que se dedica a la investigación. A continuación los detallaremos, comentando las interrelaciones que existen entre ellos con el fin de llegar a conocer la tasa de crecimiento de una economía.

El sector de bienes finales está formado por empresas competitivas que producen un único bien final Y_t, el cual tiene dos posibles destinos: el consumo y la producción de bienes intermedios.[3] Cada una de estas empresas tiene una función de producción

$$Y_t = L_Y^{1-\alpha} \int_0^{A_t} x_i^{\alpha} \, di \qquad (2.11)$$

donde Y_t es el bien final, L_Y la cantidad de trabajo dedicada a la obtención del output y x_i la cantidad del bien intermedio i empleada en el proceso de producción. Suponemos que el valor del parámetro α se encuentra entre cero y uno y que la población total es constante, supuesto que venimos arrastrando. Podemos pensar en esos inputs intermedios (x_i) como en el stock de capital del modelo de Solow con una tasa de depreciación igual al 100%.

Cada empresa maximiza sus beneficios de acuerdo con su función de producción (2.11) y al encontrarse en una industria competitiva esto implica que, en el equilibrio, el precio de cada input p_i ha de igualarse con su producto marginal:

$$p_i = \frac{\partial Y_t}{\partial x_i} = \alpha L_Y^{1-\alpha} x_i^{\alpha} \qquad (2.12)$$

[3] La existencia de rendimientos crecientes a escala es incompatible con la competencia perfecta, pero podemos mantener el supuesto de que existe una empresa representativa en el sector de bienes finales con rendimientos constantes sin que constituya un impedimento para que a nivel agregado sean crecientes. (Véase Sorensen & Whitta-Jacobsen, 2008, pp. 221)

Despejando de esta ecuación (2.12) la cantidad de input intermedio de la variedad i obtenemos la demanda de dicho input que realizan las empresas que producen el bien final:

$$x_i = L_Y \left(\frac{\alpha}{p_i}\right)^{\frac{1}{1-\alpha}}$$

En cuanto al sector de bienes intermedios, cada una de las empresas opera como monopolista fabricando una variedad exclusiva debido al hecho de que previamente ha comprado una patente a los investigadores. Los monopolistas buscan maximizar su beneficio a través de la siguiente expresión:

$$\pi_i = p_i(x_i)x_i - x_i$$

siendo igual a uno el coste marginal fijo de obtención de una unidad de input, es decir, se requiere una unidad de bien final para producir una unidad del bien intermedio $i.$ Sustituyendo $p_i(x_i)$ por la función de demanda que realizan las empresas que producen bienes finales (2.12) y aplicando la condición de primer orden obtenemos la cantidad de input que produce una empresa y sus beneficios:

$$x_i = L_Y\ \alpha^{\frac{2}{1-\alpha}} \qquad (2.13)$$

$$\pi_i = \frac{1-\alpha}{\alpha} L_Y\ \alpha^{\frac{2}{1-\alpha}} \qquad (2.14)$$

Como se puede comprobar, tanto la cantidad del bien intermedio como los beneficios son constantes e iguales para todos los inputs intermedios puesto que solo dependen de un parámetro α y del número de trabajadores del sector de bienes finales que hemos considerado constante. Por tanto, ni π_i ni x_i dependen del tiempo, pudiendo reescribir la función de producción como

$$Y_t = L_Y^{1-\alpha}\ A_t x^{\alpha} \qquad (2.15)$$

A partir de esta expresión, tomando logaritmos y derivando, obtenemos que la tasa a la que crece el progreso técnico determina el crecimiento de la economía, como ya vimos en el modelo neoclásico:

$$g_Y = g_y = g_A$$

El sector de I+D produce nuevas ideas que en este modelo se concretan en nuevas variedades de acuerdo a la función de generación de ideas o variedades (2.9). La empresa o el descubridor de un nuevo diseño percibe el valor de una patente que le concede el derecho exclusivo de producción, el cual vende a una empresa perteneciente al sector intermedio. Suponemos que este sector es competitivo, por lo que los beneficios de la industria han de ser cero, y además hay libre entrada, cualquiera puede comenzar a investigar. El beneficio del sector dedicado a la investigación es el precio de dicho diseño multiplicado por la cantidad, representada por la función de generación de nuevas variedades ($\dot{A}_t = \frac{dA_t}{dt} = \lambda A_t L_A$), menos el coste generado por los salarios w_t que perciben los investigadores:

$$\left(\frac{\pi}{r}\right)\lambda A_t L_A - w_t L_A = 0$$

donde $\left(\frac{\pi}{r}\right)$ es el valor de una variedad, es decir, el precio de la patente que se obtiene al actualizar al tipo de interés real r los beneficios obtenidos por las empresas del sector de bienes intermedios, que son las compradoras de las patentes. Despejando el tipo de interés llegamos a la condición de arbitraje, (ingresos igual a gastos) en el sector de I+D:

$$r = \frac{\pi \lambda A_t}{w_t} \qquad (2.16)$$

Si el beneficio generado por una nueva variedad es muy grande habrá más empresas interesadas en investigar, por lo que aumentará la demanda de recursos financieros incrementándose el tipo de interés para que se cumpla la condición de arbitraje anterior. Para que dicha condición sea útil necesitamos conocer el salario de equilibrio, el cual obtenemos derivando la función de producción de bienes finales (2.15) con respecto a L_Y y sustituyendo el valor de x de la expresión (2.13)

$$w_t = (1-\alpha)\alpha^{\frac{2\alpha}{1-\alpha}} A_t \qquad (2.17)$$

Volviendo a la condición de arbitraje, la reescribimos teniendo en cuenta el valor de los beneficios (2.14) y el del salario (2.17):

$$r = \alpha \lambda L_Y$$

Necesitamos que el tipo de interés esté en función de la población total y no del número de trabajadores del sector final, para lo que utilizamos la tasa de crecimiento del número de variedades (2.10) y la desagregación del empleo, obteniendo

$$L_Y = \frac{\lambda L - g_A}{\lambda}$$

y traslando el resultado a

$$r = \alpha(\lambda L - g_A) \qquad (2.18)$$

Sustituyendo este r en la ecuación de Euler del consumo intertemporal llegamos a la tasa de crecimiento de dicho consumo

$$g_c^* = \frac{\alpha\lambda L - \rho}{\alpha + \theta} \qquad (2.19)$$

donde se observa que depende positivamente de la productividad de la investigación λ y del empleo o población total L y negativamente de la tasa de descuento subjetiva ρ.[4]

Es posible demostrar que la tasa de crecimiento del consumo intertemporal (2.19) es igual a la del número de variedades que obtuvieron Aghion y Howitt (2009) en el estado estacionario, $g_c^* = g_A^*$. Como hemos visto, el bien final tiene dos posibles usos en la economía:

$$Y_t = C_t + X_t \qquad (2.20)$$

siendo C_t la parte dedicada al consumo y X_t los bienes intermedios producidos, que se definen como $X_t = \int_0^{A_t} x_{i,t}\, di$. A través de la ecuación (2.13) comprobamos que la cantidad $x_{i,t}$ es constante e igual para todos los inputs intermedios, por lo que $X_t = A_t x$. Despejando el consumo de la expresión (2.20) y sustituyendo en ella el valor de los inputs intermedios y el del output final (2.15) obtenemos:

$$C_t = L_Y^{1-\alpha} A_t x^\alpha - A_t x = A_t(L_Y^{1-\alpha} x^\alpha - x)$$

Tomando logaritmos y derivando, teniendo en cuenta que como ya hemos demostrado $g_Y = g_y = g_A$, concluimos que en el estado estacionario la tasa de crecimiento del consumo y la del progreso técnico son iguales.

$$g_Y^* = g_y^* = g_A^* = g_c^*$$

---

[4] La tasa de descuento subjetiva ρ, con valores entre cero y uno, proviene de la ecuación de Euler, que puede ser escrita como:

$$g_c = \frac{r - \rho}{\theta}$$

En cuanto al parámetro θ, comprendido entre cero y uno, aparece en la función de utilidad de los consumidores, los cuales tienen preferencias normales:

$$u(c) = \frac{c^{1-\theta}}{1 - \theta}$$

2.2.3 Implicaciones

De la misma manera que el modelo neoclásico el modelo de Romer predice que todo el crecimiento per cápita se debe al progreso técnico, por lo que a lo largo de una senda de crecimiento equilibrado debe ocurrir que $g_y = g_A$.

También podemos extraer otra serie de conclusiones. En primer lugar, y partiendo de la expresión (2.19), observamos que la tasa de crecimiento de la economía en el estado estacionario es positiva y constante, puesto que solo depende de parámetros $(\alpha, \lambda, \rho, \theta)$ y de una variable, el empleo, la cual hemos considerado constante. De entre todos los parámetros, destaca la influencia positiva de la productividad de la investigación sobre la tasa de crecimiento.

En segundo lugar, la asignación del mercado no es óptima debido a la existencia de monopolios en el sector de bienes intermedios. Las patentes hacen que las empresas que producen inputs intermedios incurran en unos costes, derivados de la adquisición de nueva tecnología, los cuales trasladan al precio. De esta manera, el precio final es superior al coste marginal, se está aplicando un margen.

Por último, y tal como hemos explicado, el hecho de que la tasa de crecimiento dependa de la población (efecto de escala) no se ajusta a la realidad y supone una limitación de este modelo.

Jones (1995a y 1995b) demostró la inconsistencia de los efectos de escala y propuso una nueva función de producción de ideas para tratar de corregirlos:

$$\dot{A}_t = \lambda A_t^{\Phi} L_A^{\gamma} \tag{2.21}$$

donde γ y Φ son dos parámetros constantes que ponderan el efecto del número de científicos y de la variable tecnológica respectivamente. Si $\Phi > 0$ los conocimientos existentes ayudan a descubrir nuevas ideas (efecto *standing on shoulders*); si $\Phi < 0$ cada vez es más complicado encontrar nuevas ideas porque las más sencillas son las primeras en descubrirse (*fishing-out*) y, finalmente, si $\Phi = 0$ las nuevas ideas son independientes del stock de conocimientos previo. En cuanto a γ, cuyo valor oscila entre cero y uno, tiene en cuenta que las duplicaciones en la investigación no duplican el número de ideas producidas por un determinado conjunto de científicos. Según Sorensen y Whitta-Jacobsen (2008), "cuanta más investigación se realice en el sector de I+D, tanto más probable será que varias empresas trabajen con las mismas ideas y, aunque dos empresas creen la misma idea, el stock de conocimientos, A_t, solo se incrementa en una idea" (pág. 252).

En el modelo de Romer tanto γ como Φ son iguales a uno, lo que implica que cada empresa investiga en una idea distinta y existe un *spillover* intertemporal.

Sin embargo, Jones (1995a) considera que $0 < \Phi < 1$, supuesto más cercano a la realidad que el de Romer. A partir de la expresión (2.21) se obtiene la tasa de crecimiento del número de ideas:

$$g_A = \frac{\dot{A}_t}{A_t} = \lambda \frac{L_A^{\gamma}}{A_t^{1-\Phi}}$$

A lo largo de una senda de crecimiento equilibrado, esta tasa de crecimiento ha de ser constante por definición, y para que esto ocurra $A_t^{1-\Phi}$ y L_A^{γ} deben crecer al mismo ritmo. Tomando logaritmos y derivando obtenemos g_A en el estado estacionario, teniendo en cuenta que en dicho estado la tasa de crecimiento del número de científicos no puede ser superior a la de la población total por lo que ambas coinciden $\frac{\dot{L}_A}{L_A} = n = \frac{\dot{L}}{L}$:

$$g_A^* = \frac{\gamma n}{1 - \Phi} \tag{2.22}$$

Como se observa, la tasa de progreso técnico depende positivamente del crecimiento de la población y no del nivel de población como ocurría en el modelo de Romer (2.19), por lo que desaparecen los efectos de escala. Asimismo, depende positivamente de los parámetros γ y Φ. El hecho de que en el comportamiento de esta tasa solo sea clave el crecimiento de los recursos, en concreto de la población, llevó a Jones a denominar este modelo como "semi-endógeno".

2.3 EL MODELO SCHUMPETERIANO

En esta última sección de repaso de la literatura existente sobre crecimiento endógeno nos fijaremos en los *modelos de innovación vertical o de escalera de la calidad*, así llamados precisamente porque cada nueva variedad de input intermedio es de mayor calidad que la anterior, por lo que la productividad de la economía se va incrementando. Al contrario que en el modelo de Romer, las nuevas variedades de bienes no se acumulan a lo largo del tiempo sino que unas reemplazan a otras en un proceso de *creación destructiva,* término acuñado por Joseph Schumpeter (1942), quien da nombre al modelo. Los primeros en desarrollar este tipo de modelos fueron Aghion y Howitt (1992) y Grossman y Helpman (1991), aunque seguiremos las líneas más recientes de Aghion y Howitt (2009).

2.3.1 Elementos básicos y funcionamiento del modelo

El procedimiento para analizar el modelo schumpeteriano guarda una estrecha relación con el seguido en el modelo de Romer del anterior apartado, sobre todo en lo que se refiere a los tres sectores que conforman la economía. Precisamente por este parecido nos detendremos menos a la hora de explicar el comportamiento que siguen las empresas al maximizar sus beneficios, pues ya ha sido explicado detalladamente, y lo que verdaderamente nos interesa es conocer cuál es la tasa de crecimiento del progreso técnico.

Como antes, la economía está formada por tres sectores: un sector de bienes finales, un sector de bienes intermedios y un sector de I+D.

El sector de bienes finales está compuesto por empresas competitivas que producen un único bien final Y_t, el cual tiene tres posibles destinos: el consumo, la producción de bienes intermedios o el uso como input en la investigación. Cada empresa tiene una función de producción:

$$Y_t = L^{1-\alpha} \int_0^1 A_{i,t}^{1-\alpha} \, x_{i,t}^{\alpha} \, di$$

donde Y_t representa al único bien final en el periodo t, $A_{i,t}$ mide la productividad del input intermedio y $x_{i,t}$ es la cantidad de dicho input usada. La población, que en esta economía es igual al empleo, L, es una constante y el parámetro α está comprendido entre cero y uno. Además, suponemos que existe un continuo de bienes intermedios indexados en un intervalo [0,1]. De esta manera, la productividad total de la economía se define como la productividad media de los inputs:

$$A_t = \int_0^1 A_{i,t}\, di$$

Podemos reescribir la función de producción dejando como variable endógena la cantidad de bien final producida por cada bien intermedio

$$Y_{i,t} = \left(A_{i,t}L\right)^{1-\alpha} x_{i,t}^{\alpha}\,; \quad Y_t = \int_0^1 Y_{i,t}\ di \tag{2.23}$$

La maximización del beneficio de estas empresas implica que en el equilibrio el precio del input intermedio se iguale a su producto marginal:

$$p_{i,t} = \frac{\partial Y_{i,t}}{\partial x_{i,t}} = \alpha\left(A_{i,t}L\right)^{1-\alpha} x_{i,t}^{\alpha-1} \tag{2.24}$$

Despejando la cantidad obtendríamos la demanda de input intermedio que realizan las empresas que producen el bien final.

En cuanto al sector de bienes intermedios, las empresas, que actúan como monopolistas, maximizan sus beneficios restando a los ingresos totales los costes también totales. Suponemos que para obtener una unidad de input intermedio es necesaria una unidad de output o bien final (coste marginal unitario).

$$\Pi_{i,t} = p_{i,t}\left(x_{i,t}\right)x_{i,t} - x_{i,t} = \alpha\left(A_{i,t}L\right)^{1-\alpha} x_{i,t}^{\alpha} - x_{i,t}$$

de donde se obtiene la cantidad de input intermedio en el equilibrio

$$x_{i,t} = \alpha^{\frac{2}{1-\alpha}} A_{i,t}L \tag{2.25}$$

y el beneficio generado

$$\Pi_{i,t} = \pi A_{i,t}L, \qquad \pi \equiv (1-\alpha)\alpha^{\frac{1+\alpha}{1-\alpha}} \tag{2.26}$$

Sustituyendo en la ecuación (2.23) la cantidad de input (2.25) obtenemos el nivel de producción agregado en el equilibrio:

$$Y_t = \alpha^{\frac{2\alpha}{1-\alpha}} A_t L$$

Usando la ecuación (2.24) para sustituir en ella la cantidad de input (2.25) llegamos al precio en el equilibrio:

$$p_i = \frac{1}{\alpha} \tag{2.27}$$

Como solo depende del parámetro α, que está comprendido entre cero y uno, el precio será siempre constante y superior a la unidad.

El cambio más notable que se produce en este modelo con respecto a la literatura previa tiene que ver con el sector de I+D. En cada periodo hay algún investigador o empresa con la oportunidad de descubrir una nueva variedad de input intermedio más productiva que la versión anterior, a la que sustituye. En el caso de que el investigador tenga éxito, se consigue subir un escalón de la *escalera de la calidad* del input:

$$A_{i,t} = \gamma A_{i,t-1} \tag{2.28}$$

siendo $\gamma > 1$ el tamaño del escalón, igual para todos los inputs intermedios. Si, por el contrario, se fracasa en el intento no habrá innovación en el periodo t, el input será el mismo y por tanto su productividad también $A_{i,t} = A_{i,t-1}$.

La probabilidad de éxito μ_t es incierta. Sin embargo, es coherente pensar que está directamente relacionada con el gasto realizado en I+D, $N_{i,t}$, es decir, es una función ϕ de dicho gasto

$$\mu_t = \phi\left(\frac{N_{i,t}}{A_{i,t}^*}\right) \tag{2.29}$$

donde $A_{i,t}^* = \gamma A_{i,t-1}$ es la productividad del input intermedio i si hay éxito. La probabilidad de éxito depende inversamente de $A_{i,t}^*$ porque a medida que la tecnología avanza, se hace cada vez más difícil innovar. Para simplificar, llamaremos $n_{i,t}$ al ratio $\frac{N_{i,t}}{A_{i,t}^*}$ y supondremos que la función de innovación ϕ es del tipo Cobb- Douglas, lo que implica que la productividad marginal de $n_{i,t}$ es positiva pero decreciente:

$$\mu_t = \phi(n_{i,t}) = \lambda n_{i,t}^{\sigma} \tag{2.30}$$

donde $\lambda > 0$ mide la productividad de la investigación y σ es la elasticidad $(0 < \sigma < 1)$.

El ingreso esperado por los investigadores siempre y cuando tengan éxito es $\Pi_{i,t}^*$, el determinado en (2.26) y que será el precio de la patente. Sin embargo, también hay que tener en cuenta el gasto o inversión realizada en I+D, lo que implica que el beneficio esperado es:

$$\mu_t \Pi_{i,t}^* - N_{i,t} = \phi(n_{i,t}) \Pi_{i,t}^* - N_{i,t} \tag{2.31}$$

La condición de primer orden resultante de la maximización del beneficio es la siguiente:

$$\phi'(n_{i,t})\Pi^*_{i,t}\frac{1}{A^*_{i,t}} - 1 = 0$$

Sustituyendo en esta ecuación el beneficio en caso de éxito por la expresión (2.26), podemos reescribirla como la condición de arbitraje en el sector de I+D:

$$\phi'(n_{i,t})\pi L = 1 \tag{2.32}$$

La libre entrada en este sector implica que habrá empresas interesadas en dedicarse a la investigación hasta que el ingreso marginal esperado de una unidad adicional invertida se iguale con el coste marginal esperado, cuyo valor es uno. El beneficio marginal es cada vez más pequeño puesto que la función ϕ es decreciente en $n_{i,t}$.

Derivando la ecuación (2.30) y sustituyéndola en la (2.32), podemos concluir que $n_{i,t}$ debe ser constante para que dicha expresión sea igual a uno:

$$n = (\sigma\lambda\pi L)^{\frac{1}{1-\sigma}} \tag{2.33}$$

Efectivamente lo es, depende de la elasticidad de la función de innovación σ, de la productividad de la I+D λ, del empleo L y de un parámetro que hemos definido como $\pi \equiv (1-\alpha)\alpha^{\frac{1+\alpha}{1-\alpha}}$, todo ello constantes.

La probabilidad de éxito μ_t (2.30) también es constante puesto que depende única y exclusivamente de $n_{i,t}$. Sustituyendo la expresión (2.33) en la (2.30):

$$\mu = \lambda^{\frac{1}{1-\sigma}}(\sigma\pi L)^{\frac{\sigma}{1-\sigma}} \tag{2.34}$$

2.3.2 Crecimiento e implicaciones

Una vez analizado el funcionamiento del modelo schumpeteriano, en este apartado estudiaremos de qué depende el crecimiento del progreso técnico, que es la clave para explicar el crecimiento per cápita de la economía, de acuerdo con la función de producción (2.23).

Por definición, la tasa de crecimiento del progreso técnico, que en este modelo sabemos que se traduce en la productividad de los inputs, es:

$$g_{A,t} = \frac{A_t - A_{t-1}}{A_{t-1}}$$

Además, conocemos que, en cada sector, la probabilidad de éxito en el descubrimiento de una nueva variedad es μ y el resultado $A_{i,t} = \gamma A_{i,t-1}$, mientras que en el caso de fallo la probabilidad es $1-\mu$ y el resultado $A_{i,t} = A_{i,t-1}$. Por la ley de los grandes números y dado que hay un continuo de sectores, la probabilidad de éxito también puede interpretarse como el porcentaje de empresas que pueden innovar y tienen éxito, mientras que otro porcentaje $1-\mu$ fracasa en su intento. Como consecuencia, la productividad media de la economía es:

$$A_t = \mu\gamma A_{t-1} + (1-\mu)A_{t-1}$$

Despejando, finalmente obtenemos que la tasa de crecimiento del progreso técnico, y de la economía, será constante e igual a:

$$g_A = \mu(\gamma - 1) \qquad (2.35)$$

Con el objetivo de facilitar el análisis de este resultado, usando la ecuación (2.34) para sustituir μ, desglosamos g_A:

$$g_A = \lambda^{\frac{1}{1-\sigma}}(\sigma\pi L)^{\frac{\sigma}{1-\sigma}}(\gamma - 1)$$

La tasa de crecimiento obtenida nos conduce hacia tres conclusiones fundamentales. La primera de ellas se observa a simple vista, y es que la tasa de crecimiento aumenta con la productividad de la investigación λ y con el tamaño de la innovación γ, ambos parámetros pertenecientes al sector de I+D, por lo que se *endogeneiza* el crecimiento.

La segunda es la persistencia de los efectos de escala como consecuencia de que la probabilidad de éxito depende del tamaño del país en términos demográficos, resultado compartido con el modelo de Romer. Young (1998) solucionó este problema con una nueva versión del modelo, en la que introdujo varios cambios con respecto al original. Su propósito era corregir los efectos negativos que tenía el aumento de la población sobre la eficiencia de la investigación y para ello definió el trabajo por variedad de input intermedio en lugar del trabajo en términos absolutos y amplió el intervalo en el que están indexados los inputs intermedios pasando de [0,1] a [0,M] donde M es el número de variedades. De esta manera, consiguió que la tasa de crecimiento del progreso técnico fuera independiente del nivel de población.

Por último, la tercera de las conclusiones tiene que ver con los efectos que genera la competencia entre las empresas innovadoras. Un incremento en la competencia reduce el precio fijado por las empresas, que depende inversamente de α (2.27), con su correspondiente impacto negativo sobre los beneficios (el valor de las patentes) y la tasa de crecimiento de la economía. Cuando α es igual a uno nos encontramos en la situación de competencia perfecta, donde las empresas no tienen la posibilidad de aplicar un margen y, por tanto, el precio es igual al coste marginal. Sin embargo, una de las claves de este modelo reside en la existencia de competencia imperfecta $(\alpha < 1)$ en el sector de bienes intermedios, permitiendo a las empresas del sector imponer un precio por encima del coste.

Aghion et al. (2001) señalan, en un modelo más amplio, que el aumento en la competencia hace que el número de empresas interesadas en investigar sea también mayor y los costes que deben asumir las que no consiguen innovar sean superiores por la pérdida de ventaja en términos tecnológicos.

Una de las críticas a los modelos de crecimiento endógeno es que no explican la convergencia condicional (una economía crece más rápido cuanto más alejada se encuentra de su estado estacionario). Por este motivo, vamos a intentar explicar esta cuestión en el siguiente apartado mediante la transferencia internacional de tecnología.

3. CLUBS DE CONVERGENCIA

Howitt (2000) fue uno de los primeros economistas en referirse a los *clubs de convergencia* como conjuntos de países, normalmente con rentas per cápita medias y altas, con la misma tasa de crecimiento a largo plazo. Para explicar este concepto es fundamental hacer referencia a la *transferencia internacional de tecnología*, ya que sin ella no sería posible que muchos países pobres adoptaran la tecnología que se desarrolla en los países más avanzados y que les permite crecer de forma rápida. Para poder aprovecharse de los beneficios que ofrece la transferencia de tecnología, es requisito indispensable que los países que se encuentran fuera de la *frontera tecnológica* dediquen un mínimo de recursos a la innovación y a la formación de capital humano, puesto que si no lo hacen, les será imposible adoptar la tecnología recibida y se estancarán, incrementándose la brecha con respecto a los países más ricos.

En esta sección desarrollamos un modelo teórico de clubs de convergencia, que completamos con las aportaciones más destacadas de algunos autores en este ámbito y con la comprobación de la consistencia empírica de los clubs.

3.1 UN MODELO DE CLUBS DE CONVERGENCIA

En este apartado explicamos la existencia de los clubs de convergencia en el modelo schumpeteriano anterior, aunque con algunos cambios en lo referente a la innovación, siguiendo de nuevo a Aghion y Howitt (2009), cap. 7.

3.1.1 Elementos básicos

El comportamiento del modelo es idéntico al explicado en el apartado 2.3 del presente trabajo salvo por dos pequeñas modificaciones que introduciremos a continuación.

El primero de estos cambios es suponer que $L = 1$, lo cual simplifica varios resultados. En el sector de bienes finales, la nueva función de producción es:

$$Y_{i,t} = A_{i,t}^{1-\alpha}\, x_{i,t}^{\alpha}$$

y por tanto, el precio que resulta de la maximización de los beneficios:

$$p_{i,t} = \alpha A_{i,t}^{1-\alpha} x_{i,t}^{\alpha-1}$$

En cuanto al sector de bienes intermedios en la cantidad de input producida desaparece el empleo:

$$x_{i,t} = \alpha^{\frac{2}{1-\alpha}} A_{i,t}$$

y el beneficio generado es:

$$\Pi_{i,t} = \pi A_{i,t}, \qquad \pi \equiv (1-\alpha)\alpha^{\frac{1+\alpha}{1-\alpha}}$$

El segundo de los cambios es de notación y afecta a los beneficios esperados de la innovación (2.31), que ahora escribimos como:

$$\mu \Pi_{i,t}^{*} - N_{i,t} = \mu\pi A_{i,t} - \frac{N_{i,t}}{A_{i,t}} A_{i,t} = [\mu\pi - \tilde{n}(\mu)]A_{i,t} \qquad (3.1)$$

donde $\tilde{n}(\mu)$ es el coste de I+D ajustado por la productividad de un input $A_{i,t}$ y representado por la función inversa de la probabilidad de éxito $\mu(n)$, vista en la expresión (2.30). Por tanto, $\tilde{n}(\mu)$ es el coste en que hay que incurrir para tener una probabilidad de éxito μ de conseguir una productividad $A_{i,t}$:

$$\tilde{n}(\mu) = \left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^{\frac{1}{\sigma}}, \quad \tilde{n}'(\mu) = \frac{d\tilde{n}}{d\mu} = \frac{1}{\sigma}\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^{\frac{1}{\sigma}-1}\left(\frac{1}{\lambda}\right)$$

Aplicando la condición de primer orden de la maximización del beneficio a la expresión (3.1) obtenemos la probabilidad de éxito en el equilibrio:

$$\mu = (\pi\sigma\lambda)^{\frac{\sigma}{1-\sigma}}\lambda$$

Con esta expresión podemos deducir que siempre se investigará mientras el parámetro π sea positivo, sin importar que su valor sea muy pequeño.

Sin embargo, para entender el funcionamiento de los clubs de convergencia tiene que existir la posibilidad de que un país decida no investigar. Por este motivo, ahora suponemos que el coste de la I+D es el siguiente:

$$\tilde{n}(\mu) = \eta\mu + \frac{\psi\mu^2}{2} \tag{3.2}$$

siendo η y ψ dos parámetros estrictamente positivos. El nuevo coste marginal $\widetilde{n'}(\mu)$ es positivo incluso si la probabilidad de éxito es nula:

$$\widetilde{n'}(\mu) = \eta + \psi\mu$$

En el equilibrio, la probabilidad de éxito se obtiene al maximizar los beneficios esperados (3.1) sustituyendo en ellos la expresión (3.2) y aplicando la condición de primer orden, siendo dicha solución igual a:

$$\mu = \frac{\pi - \eta}{\psi} \tag{3.3}$$

Para garantizar que esta probabilidad sea inferior a la unidad, se debe asumir también que $\pi < \eta + \psi$.

A partir de la expresión (3.3), podemos considerar la existencia de dos casos:

a) Si $\pi > \eta$, entonces la probabilidad de éxito es estrictamente positiva.

b) Si $\pi \leq \eta$, no existe una solución óptima positiva para la probabilidad de éxito, luego esta será nula y las empresas del sector de la I+D decidirán no investigar.

Estas dos opciones implican que hay un requerimiento mínimo de π para investigar, al contrario que ocurría antes de modificar la función costes de I+D, donde se investigaba si $\pi > 0$, por pequeño que fuera.

3.1.2 La frontera tecnológica

Definimos la *frontera tecnológica mundial* $\bar{A}_t$ como la productividad máxima del sector i y consideramos su tasa de crecimiento g exógena, estrictamente positiva y constante. Definimos la evolución de la productividad de un determinado input i en cualquier país del mundo como:

$$A_{i,t} = \begin{cases} \bar{A}_t \\ A_{i,t-1} \end{cases}$$

En el primer caso con probabilidad μ y en el segundo con probabilidad $1 - \mu$. La transferencia internacional de tecnología hace posible que si la investigación en un país tiene éxito la productividad resultante sea la de la frontera tecnológica mundial. El salto de $A_{i,t-1}$ a $\bar{A}_t$ será tanto mayor cuanto más retrasado esté el país con respecto a la frontera, es lo que se conoce como *advantage of backwardess* (Gerschenkron, 1962). Con la misma probabilidad μ, un país con un alto grado de desarrollo consigue un pequeño avance mientras que otro más atrasado logra un gran avance.

Al igual que en el modelo schumpeteriano, la productividad media de los inputs de un país es

$$A_t = \int_0^1 A_{i,t}\, di$$

Por lo que su evolución se puede conocer a través de la siguiente ecuación:

$$A_t = \mu \bar{A}_t + (1 - \mu) A_{t-1} \tag{3.4}$$

Otro de los conceptos clave de este modelo es la *distancia a la frontera* medida como la distancia de la productividad media del país a la frontera tecnológica mundial. Su inverso es:

$$a_t = A_t / \bar{A}_t \tag{3.5}$$

Dividiendo ambos lados de la ecuación (3.4) por $\bar{A}_t$, obtenemos de qué depende esa distancia:

$$a_t = \mu + \frac{1-\mu}{1+g} a_{t-1} \tag{3.6}$$

En el estado estacionario la distancia a la frontera $\left(\frac{1}{a^*}\right)$ debe ser constante, por lo que $a_t = a_{t-1}$ y sustituyéndolo en la expresión (3.6):

$$a^* = \frac{(1+g)\mu}{g+\mu} \tag{3.7}$$

Este resultado indica que en el estado estacionario, a largo plazo, la distancia a la frontera es un valor concreto, con tasa de crecimiento nula. Esto implica que, según la ecuación (3.5), a largo plazo la productividad de un país debe crecer a la misma tasa que la frontera tecnológica, g:

$$g_A^* = \frac{A_t}{A_{t-1}} - 1 = \frac{a^* \bar{A}_t}{a^* \bar{A}_{t-1}} - 1 = g$$

3.1.3 Convergencia

El análisis de la convergencia en este modelo requiere hacer una comparación de los parámetros η y π.

Si la investigación es rentable, $\pi > \eta$, implica que la probabilidad de éxito no es nula y se puede comprobar que todos los países que innovan crecen a la misma tasa en el estado estacionario. Para demostrarlo debemos hacer un supuesto crucial: "cuanto mayor es la distancia a la frontera del conocimiento $(1/a_t)$ inicialmente, más grande es el tamaño de la innovación, lo cual es posible gracias a la transferencia de tecnología" (Aghion y Howitt, 2009, pp. 156):

$$\gamma_t - 1 = \frac{\bar{A}_t}{A_{t-1}} - 1 = \frac{1+g}{a_{t-1}} - 1 \tag{3.8}$$

donde γ_t es el tamaño de la innovación que permite alcanzar la productividad de la frontera tecnológica $\bar{A}_t = \gamma_t A_{t-1}$, es decir, el escalón en la escalera de la calidad del que hablábamos en el modelo schumpeteriano del apartado anterior. La transferencia de tecnología permite que con la misma probabilidad de éxito μ el resultado γ_t sea mayor en el país o sector más atrasado. Este resultado explica por qué países subdesarrollados como Angola podrían comenzar a usar la telefonía móvil con una mínima inversión, por ejemplo en repetidores, sin pasar por las etapas previas de desarrollo del sector de las comunicaciones que se han experimentado en países avanzados como España.

Definiendo la tasa de crecimiento de la productividad de los inputs como $g_{A,t} = \frac{A_t}{A_{t-1}} - 1$ y utilizando las ecuaciones (3.5) y (3.6), obtenemos:

$$g_{A,t} = \mu(\gamma_t - 1) \tag{3.9}$$

La tasa de crecimiento de la productividad, que como ya comentamos es igual a la tasa de crecimiento de la economía, depende positivamente de la probabilidad de éxito y del tamaño de la innovación. Este tamaño, a su vez, depende directamente de la distancia a la frontera, luego podemos concluir que efectivamente existe convergencia condicional en tasas, ya que cuanto más alejado se encuentra un país de la frontera tecnológica mayor es su tasa de crecimiento. La convergencia en niveles solo tendrá lugar si, además, estos países comparten el valor de los parámetros π, η y ψ, que son los determinantes de la probabilidad de éxito.

Por el contrario, si la investigación no es rentable, $\pi \leq \eta$, los países que no innovan no acceden a los beneficios derivados de la transferencia internacional de tecnología y se estancan. Su probabilidad de éxito es nula $(\mu = 0)$ y su distancia a la frontera en el largo plazo crece indefinidamente (3.7).

Por tanto, estos resultados apoyan la existencia de dos grupos de países: el primero formado por un conglomerado de países que crece a una misma tasa en el largo plazo $(g = g_A^*)$ y forma un club de convergencia (3.9). Esto es posible debido al hecho de que los países más atrasados se benefician de la investigación que realizan los más ricos a través de la transferencia internacional de tecnología, lo que permite a los primeros implementar (asimilar y adaptar) la tecnología desarrollada en los países más avanzados y converger a la misma tasa. Sin embargo, el segundo grupo de países, al no investigar ni implementar la tecnología extranjera se aleja cada vez más de la frontera tecnológica llegando a un punto de estancamiento.

3.2 EXTENSIONES

Numerosos han sido los autores que han tratado de explicar el proceso de convergencia que ha tenido lugar desde la segunda mitad del siglo XX entre determinados países. La mayoría coincide en señalar a las diferencias en la productividad total de los factores como las principales causantes de la disparidad en términos de Producto Interior Bruto (PIB) per cápita entre países y a la transferencia internacional de tecnología como el vehículo que ha permitido la convergencia.

Keller (2004) defiende la idea de que la transferencia internacional de tecnología no es ni inevitable ni automática y se centra en los canales de difusión entre países, siendo el comercio internacional y la inversión extranjera directa (IED) los dos más importantes. Un amplio número de estudios empíricos citados por este autor demuestran el efecto positivo de las importaciones sobre la transferencia de tecnología mientras que los efectos de las exportaciones no están tan claros. En cuanto al impacto positivo de la IED sobre la difusión tecnológica, el consenso es mucho mayor, puesto que sus efectos son fácilmente visibles a través de las externalidades generadas por las multinacionales, por ejemplo a través de la provisión de inputs de alta calidad a empresas locales de países más atrasados.

Griffith, Redding y Van Reenen (2004) muestran las dos caras de la I+D y del capital humano basándose en un trabajo empírico propio. La primera de estas caras es la más estudiada y hace referencia al estímulo sobre la innovación que constituyen estos dos factores. La segunda es el efecto indirecto que tienen sobre la transferencia de tecnología. Cuanto más alejado se encuentre un país de la frontera tecnológica mayor será el potencial de la inversión en I+D y del capital humano para incrementar la productividad gracias a la transferencia de tecnología extranjera. El problema reside en que las decisiones de inversión en ambos factores en muchos países subdesarrollados se encuentran en manos de empresas privadas o gobiernos dictatoriales que buscan su propio beneficio y no el de la sociedad.

Howitt y Mayer-Foulkes (2005) distinguen entre dos formas de investigación tecnológica: la I+D y la implementación, consistente en asimilar y adaptar al entorno local la tecnología que se desarrolla en los países punteros en desarrollo tecnológico. El gasto en alguna de estas vías de investigación es condición *sine qua non* para que se produzca la transferencia de tecnología. Esta diferenciación permite a su vez desarrollar tres grupos de países con distintos niveles iniciales tanto de productividad como de capital humano. El primer grupo es aquel con mejores niveles iniciales, lo que le permite incrementar rápidamente su tasa de crecimiento gracias a la inversión en I+D. El segundo grupo de países parte con una situación inicial peor. Sin embargo, su atraso le facilita la implementación de tecnología extranjera gracias a la transferencia internacional, con lo que logra la misma tasa de crecimiento a largo plazo que el grupo líder, formando con él un club de convergencia, pero con una distancia insalvable en lo que a nivel de productividad y capital humano se refiere. Por último, el tercer grupo es el que cuenta con los peores niveles iniciales, su atraso con respecto al grupo líder es tan grande que ni la implementación es capaz de permitir que alcance la tasa de crecimiento a largo plazo del club de convergencia, por lo que su crecimiento es menor.

Acemoglu, Aghion y Zilibotti (2006) proponen dos fases en el camino de los países hacia la frontera tecnológica. La primera etapa está basada en la inversión, que permite adoptar tecnología extranjera e imitar a los países más avanzados buscando rápidos incrementos en la productividad. A medida que un país se va acercando a la frontera debe necesariamente saltar a la segunda etapa, donde la innovación y el capital humano son los pilares fundamentales. En el caso de que un país posponga demasiado su paso a la segunda fase puede detener el proceso de convergencia hacia la frontera, hecho que según estos autores es consecuencia de las políticas proteccionistas que llevan a cabo los gobiernos, sobre todo de países subdesarrollados, para protegerse de la competencia a nivel mundial.

Aghion et al. (2009) profundizan en la posible relación entre la tasa de ahorro y el crecimiento de la productividad desde un punto de vista tanto teórico como empírico. Su argumento se sustenta en las distintas necesidades de países pobres y ricos para crecer. Los países pobres requieren de IED y de empresas locales para ser capaces de acercarse a la frontera tecnológica, por lo que la inversión, nacional y extranjera, es vital para que estos países puedan innovar y así incrementar su productividad. Los países más avanzados y cercanos a la frontera, sin embargo, son capaces de conseguir financiación en los mercados internacionales o autofinanciarse, así que no necesitan la IED para innovar. Estas hipótesis se confirman con datos reales, los cuales muestran una correlación positiva entre el ahorro y la tasa de crecimiento de la productividad únicamente en los países alejados de la frontera.

3.3 EVIDENCIA EMPÍRICA

En este apartado se confrontan las predicciones teóricas del modelo de clubs de convergencia, desarrollado en la sección 3.1, con la realidad.

3.3.1 Objetivo y metodología

El objetivo principal es comprobar la validez del supuesto que garantiza la existencia de clubs de convergencia: cuanto mayor es la distancia a la frontera del conocimiento inicialmente, más grande es el tamaño de la innovación, y por tanto mayor es la tasa de crecimiento de un país, lo cual se comprueba a través de las expresiones (3.8) y (3.9):

$$\gamma_t - 1 = \frac{\bar{A}_t}{A_{t-1}} - 1 = \frac{1+g}{a_{t-1}} - 1$$

$$g_{A,t} = \mu(\gamma_t - 1)$$

Este supuesto se cumple gracias a la transferencia internacional de tecnología, de la que se aprovechan los países más atrasados siempre y cuando dediquen un mínimo de recursos a la innovación y a la formación de capital humano. Por este motivo, usaremos el PIB per cápita y un índice de capital humano como dos medidas que permiten clasificar a los países en dos grupos, uno que converge hacia la misma tasa de crecimiento en el largo plazo formando un club de convergencia (los de mayor PIB per cápita y capital humano) y otro que no. Además, usaremos los países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) como forma alternativa de clasificación, puesto que la mayoría de estos países comparte unas características básicas que les hacen ser candidatos a formar parte de un club de convergencia.

El análisis empírico se basa en una serie de gráficos de dispersión en los que se toma como variable endógena la tasa de crecimiento del PIB per cápita o de la productividad total de los factores (PTF) entre 1960 y 2011 y como variable explicativa la distancia a la frontera en el año inicial. Los resultados utilizando cualquiera de las dos tasas deben ser equivalentes puesto que, como hemos demostrado, el crecimiento del PIB per cápita depende de la tasa a la que crece la PTF. Repetiremos varias veces estos gráficos con diferentes grupos de países según la clasificación que hemos citado anteriormente. Las tasas de crecimiento anual media acumuladas (TCAMA), tanto del PIB per cápita como de la PTF, se han calculado de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$TCAMA = \left[\left(\frac{x_{2011}}{x_{1960}}\right)^{\left(1/_{51}\right)} - 1\right] \times 100$$

3.3.2 Descripción de los datos

Los datos de las variables provienen de la Penn World Table 8.1. La muestra total está constituida por 68 países de los 156 que aparecen en esta base de datos, los restantes no están incluidos por la falta de datos correspondiente a alguna de las variables. Estos países se han desagregado a su vez en varias clasificaciones: la primera es la de los países pertenecientes a la OCDE, 28 de los 68, la segunda y la tercera consisten en dividirlos de acuerdo con la mediana de 1960 (año inicial) del PIB per cápita y de un índice de capital humano por trabajador, respectivamente. La mediana es el valor de una variable que ocupa la posición central de todos los datos cuando están ordenados de menor a mayor. Como en nuestro caso la muestra es un número par (68), la mediana es la media aritmética de los valores centrales, el 34º y el 35º.

Las variables obtenidas directamente de la PWT 8.1 son el empleo, el PIB, la PTF y el índice de capital humano. En el Anexo 1 puede verse con detalle las definiciones de cada una. Los datos del PIB per cápita se han obtenido dividiendo el PIB entre el empleo, ya que es más preciso que dividirlo entre la población. La distancia a la frontera tecnológica mundial $(1/a_t)$ se ha obtenido como el ratio de la PTF de Estados Unidos, que representa la frontera, entre la PTF de cada país.[5]

[5] Una explicación más compleja sobre los efectos de la PTF de Estados Unidos sobre el resto de economías avanzadas y su cálculo se desarrolla en el World Economic Outlook de abril de 2015 que publica el Fondo Monetario Internacional (pp. 28-30).

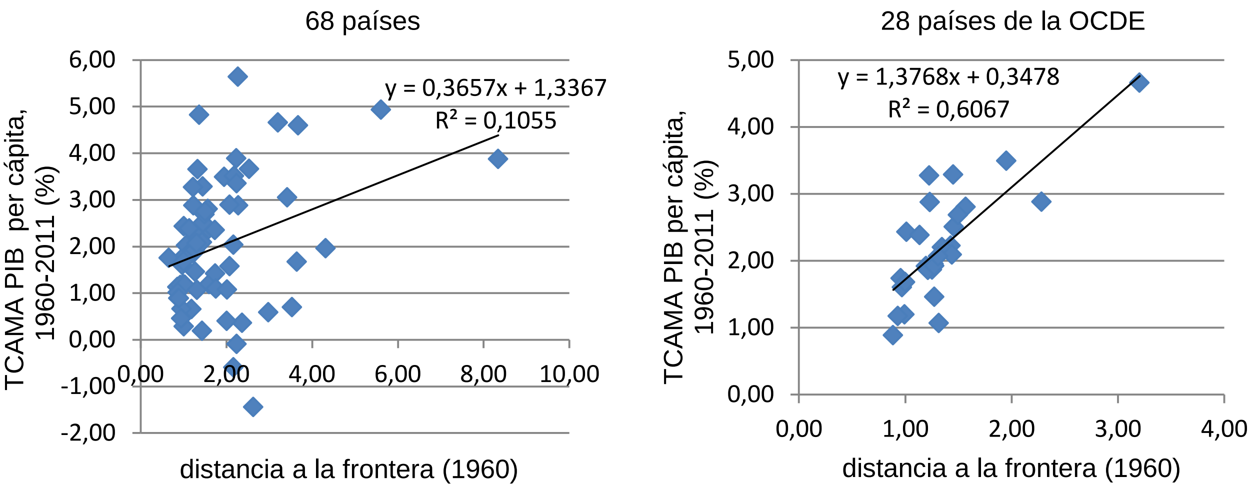
3.3.3 Resultados

En los gráficos de la Figura 3.1 se observan la tasa de crecimiento anual media del PIB per cápita entre 1960 y 2011 y la distancia a la frontera en 1960 en un conjunto de 68 países y en 28 de los 34 que forman parte de la OCDE.[6] En ambos gráficos la recta de regresión tiene pendiente positiva, luego existe una relación directa entre la tasa de crecimiento y la distancia a la frontera, siendo este vínculo más fuerte en los países de la OCDE pues el valor de la pendiente es casi cuatro veces mayor. La bondad del ajuste de la regresión medida con el R^2 es buena solo entre los países de la OCDE ya que la distancia a la frontera explica el 60,67% de la variabilidad de la tasa de crecimiento, mientras que en el grupo de países más numeroso solo explica el 10,55%. Luego, tras este análisis, podemos afirmar que únicamente los 28 países de la OCDE forman un club de convergencia como consecuencia de que cuanto más alejado se encuentra un país de la frontera tecnológica mundial mayor es su tasa de crecimiento.

Casi la totalidad de los 28 países tiene un alto grado de desarrollo, a excepción de Chile, México y Turquía calificados por la propia OCDE como países emergentes. Por tanto, se trata de países que comparten unos requerimientos mínimos no solo del parámetro π, determinante de los beneficios de las empresas del sector de bienes intermedios, sino de capital humano y de inversión en I+D para poder investigar o implementar la tecnología extranjera.

[6] Todos los gráficos del apartado 3.3.3 pueden verse a mayor escala en el Anexo 2, donde además aparecen indicados los países.

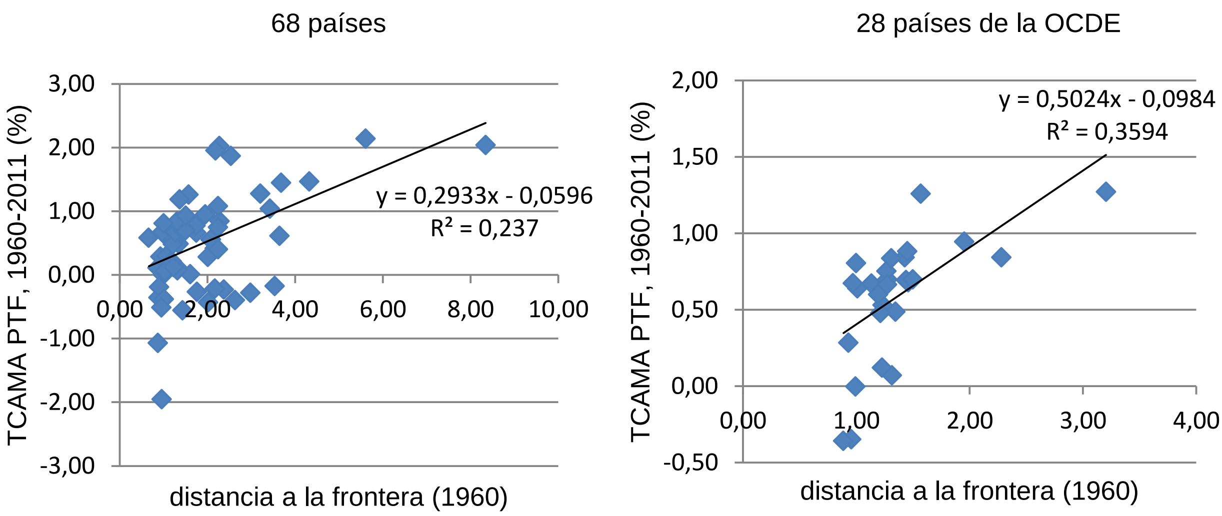
Figura 3.1: TASA DE CRECIMIENTO ANUAL MEDIA ACUMULADA DEL PIB PER CÁPITA Y DISTANCIA A LA FRONTERA, 1960-2011



Fuente: elaboración propia a partir de datos de la PWT 8.1

Los resultados alcanzados utilizando la tasa de crecimiento de la PTF (Figura 3.2) en sustitución de la tasa del PIB per cápita son numéricamente distintos pero equivalentes ya que la distancia a la frontera en los países de la OCDE sigue explicando mejor la variabilidad de la tasa de crecimiento, en este caso, de la PTF que el conjunto de 68 países.

Figura 3.2: TASA DE CRECIMIENTO ANUAL MEDIA ACUMULADA DE LA PTF Y DISTANCIA A LA FRONTERA, 1960-2011

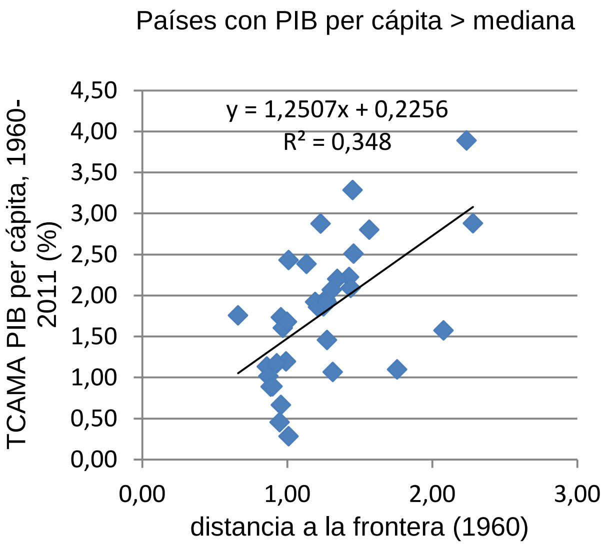


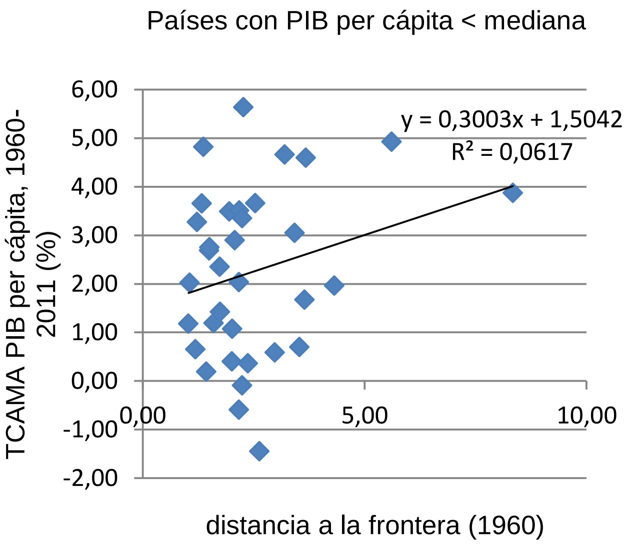
Fuente: elaboración propia a partir de datos de la PWT 8.1

Una vez desarrolladas las conclusiones resultantes de la primera clasificación de países, pasamos a estudiar las desagregaciones de la muestra realizadas a partir de la mediana del PIB per cápita y del índice de capital humano por trabajador.

En la Figura 3.3 pueden verse dos gráficos en los que, en cada uno, se representan 34 de los 68 países de los que disponemos de datos, en el de la izquierda aparecen los países con un PIB per cápita superior a la mediana en 1960, que son los que a priori cumplen los mínimos de inversión en I+D para asimilar la tecnología extranjera, y en los de la derecha aquellos con un valor inferior a la mediana. La pendiente de la recta de regresión es positiva en ambos grupos aunque el valor es muy superior en los países con un mayor nivel de vida, siendo la bondad del ajuste también mucho mejor en este conjunto. La variabilidad de la tasa de crecimiento en los países con un PIB per cápita inferior a la mediana apenas se explica en un 6,17% por la distancia a la frontera. Por tanto, los países con un PIB per cápita superior a la mediana pueden formar un club de convergencia mientras que la dispersión existente en el otro grupo hace que rechacemos esta idea.

Figura 3.3: TASA DE CRECIMIENTO ANUAL MEDIA ACUMULADA DEL PIB PER CÁPITA Y DISTANCIA A LA FRONTERA ENTRE DOS GRUPOS DE 34 PAÍSES, 1960-2011

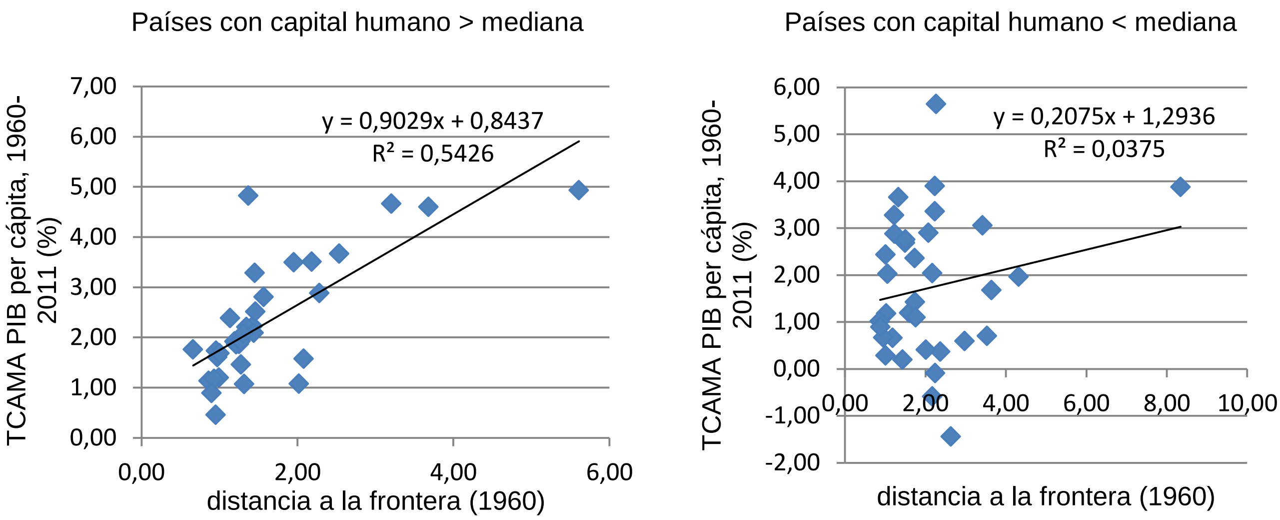




Fuente: elaboración propia a partir de datos de la PWT 8.1

De acuerdo con la Figura 3.4 los países con un índice de capital humano superior al valor de la mediana convergen hacia la misma tasa de crecimiento del PIB per cápita a largo plazo, por los mismos motivos a los que hemos ido haciendo alusión en los gráficos previos, pendiente y R^2. Esta clasificación nos dirige en el mismo sentido que la división en torno al PIB per cápita pero quizá con algo más de contundencia debido a que la bondad del ajuste mejora notablemente en los países que integran el club y empeora en aquellos que se sitúan al margen. Hay que señalar que los países integrantes de los grupos con valores superiores o inferiores a la mediana no son los mismos según se escoja el PIB per cápita o el capital humano como rasgo diferenciador (ver Anexo 2).

Figura 3.4: TASA DE CRECIMIENTO ANUAL MEDIA ACUMULADA DEL PIB PER CÁPITA Y DISTANCIA A LA FRONTERA ENTRE DOS GRUPOS DE 34 PAÍSES, 1960-2011



Fuente: elaboración propia a partir de datos de la PWT 8.1

En definitiva y a tenor de estos gráficos, es en el conjunto de países de la OCDE donde se observa de manera más nítida el comportamiento de un club de convergencia. Su grado de desarrollo y lo que ello implica en cuanto a niveles de inversión en I+D y en capital humano son las causas que motivan este resultado.

4. CONCLUSIONES

El modelo neoclásico dejó claro que el progreso técnico era la clave para lograr un crecimiento sostenido en cualquier economía. Partiendo de esta afirmación, los modelos posteriores se han centrado en buscar una explicación a dicho progreso técnico, en algunos casos más cercana a la realidad que en otros. Conocido el motor del crecimiento y su comportamiento, lo verdaderamente interesante sería conseguir la convergencia en niveles entre todos los países, pero, a día de hoy, además de sonar utópico no se ajusta a la evidencia empírica.

Los datos reflejan un proceso de convergencia en tasas de crecimiento entre un conjunto de países. Este resultado ha sido modelizado tomando la forma de clubs de convergencia, lo que ha llevado a la obtención de una serie de conclusiones.

La primera de ellas es la importancia de los derechos de propiedad intelectual, cuyo papel es incentivar a las empresas a investigar. Esa actividad innovadora es uno de los ejes del crecimiento y actúa como mecanismo diferenciador de la distancia a la frontera tecnológica entre países. Por tanto, las políticas económicas orientadas a la promoción de la inversión en I+D deberían ser una prioridad de los gobiernos. Hay que destacar que, tradicionalmente, Estados Unidos ha sido un referente a nivel mundial en innovación, por lo que su posición de líder ha hecho que el valor de su productividad total de los factores sea equivalente a la frontera.

En segundo lugar, y a través de un análisis empírico propio realizado entre 1960 y 2011, hemos demostrado que los clubs de convergencia son consistentes con la realidad, esto es, hemos confirmado con una regresión entre la tasa de crecimiento del PIB per cápita y la distancia a la frontera que cuanto más alejado se encuentra un país inicialmente de dicha frontera mayor es su tasa de crecimiento. Para que esto ocurra es imprescindible que los países dediquen una parte de sus recursos no solo a la investigación sino también a la formación de capital humano, puesto que si no lo hacen detendrán su crecimiento, desaprovechando los beneficios derivados de la adopción de tecnología extranjera.

Por último, y tal como se pretendía demostrar, este modelo predice convergencia en tasas de crecimiento a largo plazo para los países pertenecientes a los clubs, siendo dicha tasa idéntica a la tasa de crecimiento de la frontera tecnológica. Por tanto, se puede deducir que en el estado estacionario los parámetros relativos a cada país solo afectan a su nivel de productividad pues la tasa de crecimiento de la frontera se toma como constante y exógena.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acemoglu, D., Aghion, P., & Zilibotti, F. (2006). "Distance to Frontier, Selection and Economic Growth". *Journal of European Economic Association 4(1)*, pp. 37-74.

Aghion, P., & Howitt, P. (1992). "A Model of Growth Though Creative Destruction". *Econometrica, 60(2)*, pp. 323-351.

Aghion, P., & Howitt, P. (2009). *The Economics of Growth.* Massachusetts: The MIT Press.

Aghion, P., Comin, D., Howitt, P., & Tecu, I. (2009). "When Does Domestic Saving Matter for Economic Growth?". *Harvard Business School, Working Paper 09-080*.

Aghion, P., Harris, C., Howitt, P., & Vickers, J. (2001). "Competition, Imitation and Growth with Step-by-Step Innovation". *Review of Economic Studies 68(3)*, pp. 467-492.

Barro, R. J., & Lee, J. (2010). "A New Data Set of Educational Attainment in the World, 1950–2010". *National Bureau of Economic Research*, Working Paper 15902.

Feenstra, R. C., Inklaar, R., & Timmer, M. P. (2015). "The Next Generation of the Penn World Table". *American Economic Review (artículo pendiente de edición).* Disponible en:

http://www.rug.nl/research/ggdc/data/pwt/v81/the_next_generation_of_the_penn_world_table.pdf [consulta: 19/06/2015]

Gerschenkron, A. (1962). *Economic Backwardness in Historical Perspective.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Griffith, R., Redding, S., & Van Reenen, J. (2004). "Mapping the two faces of R&D: Productivity Growth". *The Review of Economics and Statistics 86(4)*, pp. 883-895.

Grossman, G. M., & Helpman, E. (1991). *Innovation and Growth in the Global Economy.* Cambridge: The MIT Press.

Howitt, A. (2000). "Endogenous Growth and Cross-Country Income Differences". *The American Economic Reviews 90(4)*, pp. 826-846.

Howitt, P., & Mayer-Foulkes, D. (2004). "R&D, Implementation and Stagnation: A Schumpeterian Theory of Convergence Clubs". *Journal of Money, Credit and Banking 37(1)*, pp. 147-177.

Jones, C. (1995a). "Time Series Tests of Endogenous Growth Models". *Quarterly Journal of Economics, 110(2)*, pp. 495-525.

Jones, C. (1995b). "R&D- Based Models of Economic Growth". *Journal of Political Economy, 103(4)*, pp. 759-784.

Jones, C., & Vollrath, D. (2013). *Introduction to Economic Growth.* Nueva York: W.W. Norton.

Keller, W. (2004). "International Technology Diffusion". *Journal of Economic Literature 42*, pp. 752-782.

Psacharopoulos, G. (1994). "Returns to Investment in Education: A Global Update". *World Development 22(9)*, pp. 1325-1343.

Romer, P. (1990). "Endogenous Technological Change". *Journal of Political Economy, 98(5)*, pp. S71-S102.

Sala-i-Martín, X. (2000). *Apuntes de crecimiento económico.* Barcelona: Antoni Bosch.

Schumpeter, J. A. (1942). *Capitalism, Socialism and Democracy.* Nueva York: Harper.

Solow, R. (1956). "A Contribution to the Theory of Economic Growth". *The Quarterly Journal of Economics 70(1)*, pp. 65-94.

Sorensen, P. B., & Whitta-Jacobsen, H. J. (2008). *Introducción a la macroeconomía avanzada. Volumen I: crecimiento económico.* Madrid: McGraw-Hills.

Swan, T. (1956). "Economic growth and capital accumulation". *Economic Record 32(2)*, pp. 334-361.

Young, A. (1998). "Growth without Scale Effects". *Journal of Political Economy 106(1)*, pp. 41-63.

ANEXO 1 Especificación de los datos

En este apéndice se pretende explicar cada una de las variables extraídas de la PWT 8.1.

El empleo (L_t) es el número de personas, en millones, que realizan una actividad remunerada. En esta base de datos se denota por *emp*.

Los datos relativos al PIB (Y_t) se han obtenido de la variable *rgdpna*, que contiene el PIB real (a precios de 2005) en millones de dólares ajustado por la paridad del poder de compra (PPP en sus siglas en inglés) también de 2005. Se ha escogido esta variable porque permite determinar la evolución de un país a lo largo del tiempo y así poder calcular con ella la tasa de crecimiento del PIB per cápita en el periodo que transcurre entre 1960 y 2011.

En cuanto a los datos de la PTF (A_t), se han empleado los de la PWT que se obtienen despejando A_t de la función de producción, $Y_t = A_t F(K,H)$, donde $F(K,H)$ es una función que combina capital físico y capital humano $(H = L\ hc)$ en la proporción α y $1-\alpha$, respectivamente. Se han utilizado dos variables distintas que recogen la PTF y cuya diferencia reside en el PIB que se tome.

Para calcular la TCAMA de la PTF entre 1960 y 2011 se ha usado la variable *rtfpna* que se calcula con el PIB anteriormente explicado (*rgdpna)* y con un α variable por país y año.

La distancia a la frontera en el año inicial, 1960, se ha calculado a partir de la PTF a precios corrientes ajustada por la PPP *(ctfp)*, que sirve para hacer comparaciones en un año dado. Esta PTF se obtiene con el PIB a precios corrientes ajustado por la PPP *(cgdpo)*, con un α variable por país y año y se mide como un índice con EE.UU igual a 1.

El índice de capital humano por trabajador (hc) está basado en el número de años de escolarización (s) procedentes de la base de datos de Barro y Lee (2012) y en la tasa de rendimiento de esa educación extraída de Psacharopoulos (1994):

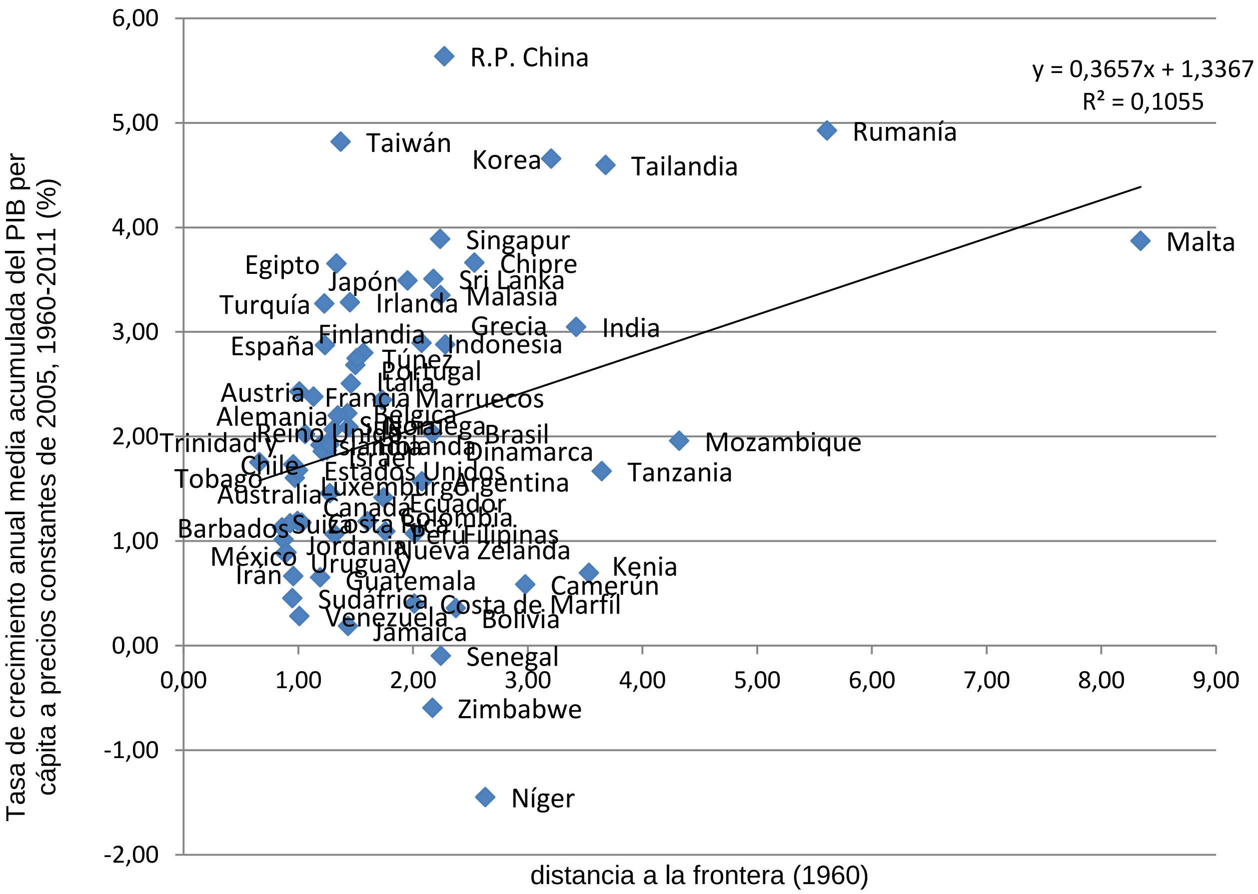
$$hc = e^{\phi(s)}$$

donde $\phi(s)$ mide la eficiencia de una unidad de trabajo con s años de educación frente a otra con ninguno.

ANEXO 2 Gráficos de dispersión

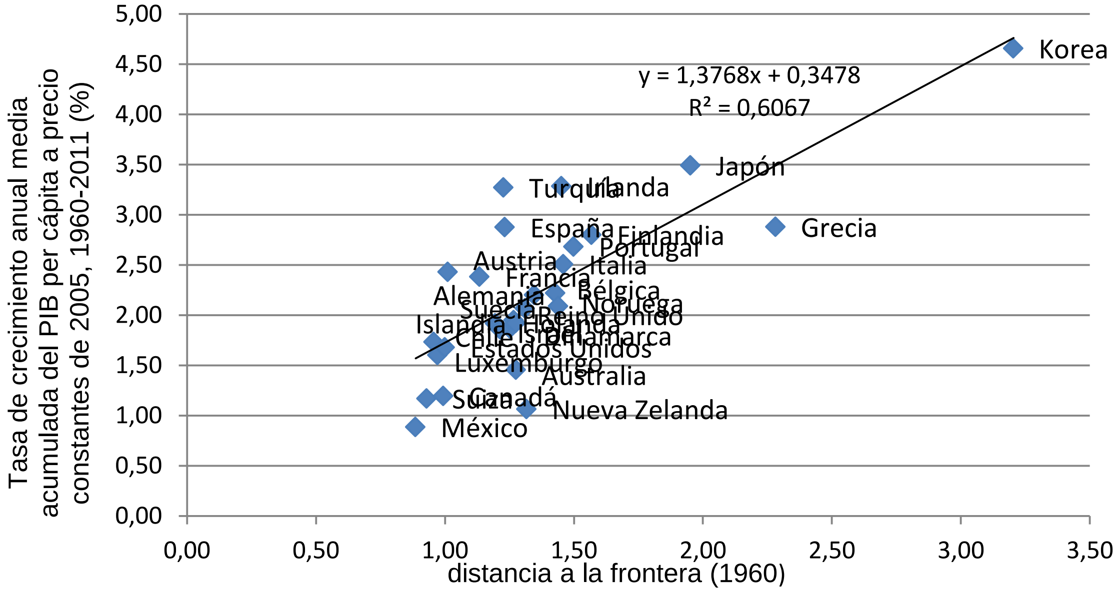
En este anexo se repiten los gráficos del apartado 3.3.3 con mayor tamaño para tratar de visualizar los países representados en cada uno de ellos.

Gráfico 1: TASA DE CRECIMIENTO ANUAL MEDIA ACUMULADA DEL PIB PER CÁPITA Y DISTANCIA A LA FRONTERA PARA UN CONJUNTO DE 68 PAÍSES DE LOS 5 CONTINENTES, 1960-2011



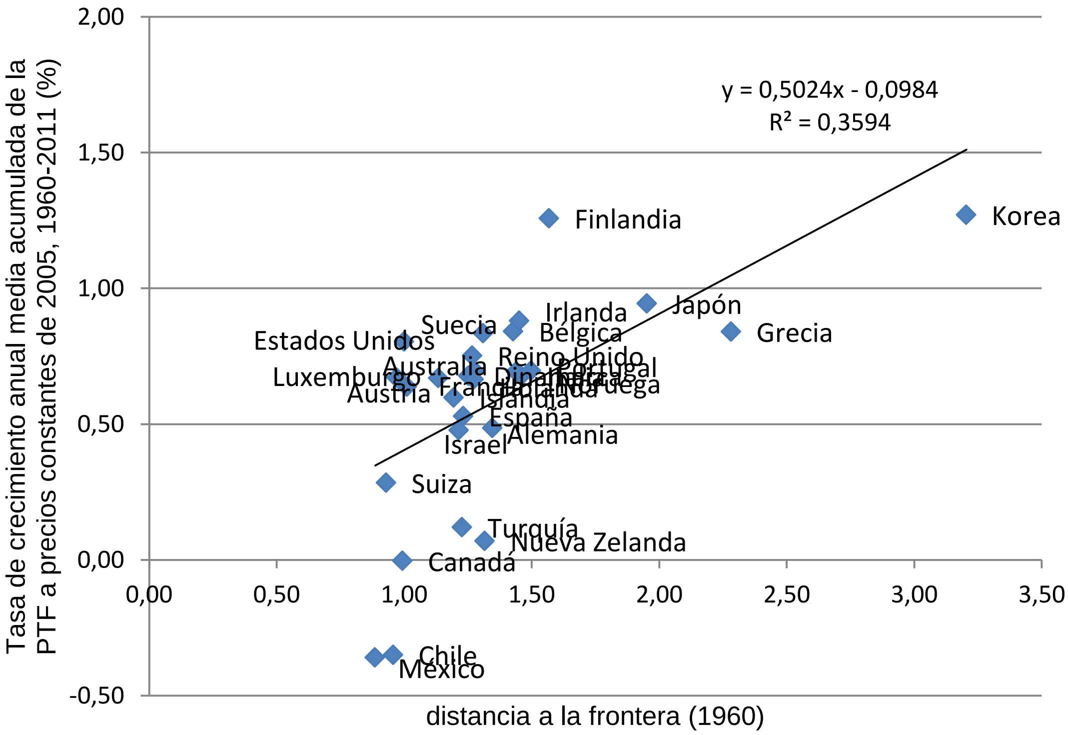
Fuente: elaboración propia a partir de datos de la PWT 8.1

Gráfico 2: TASA DE CRECIMIENTO ANUAL MEDIA ACUMULADA DEL PIB PER CÁPITA Y DISTANCIA A LA FRONTERA, 28 PAÍSES DE LA OCDE, 1960-2011



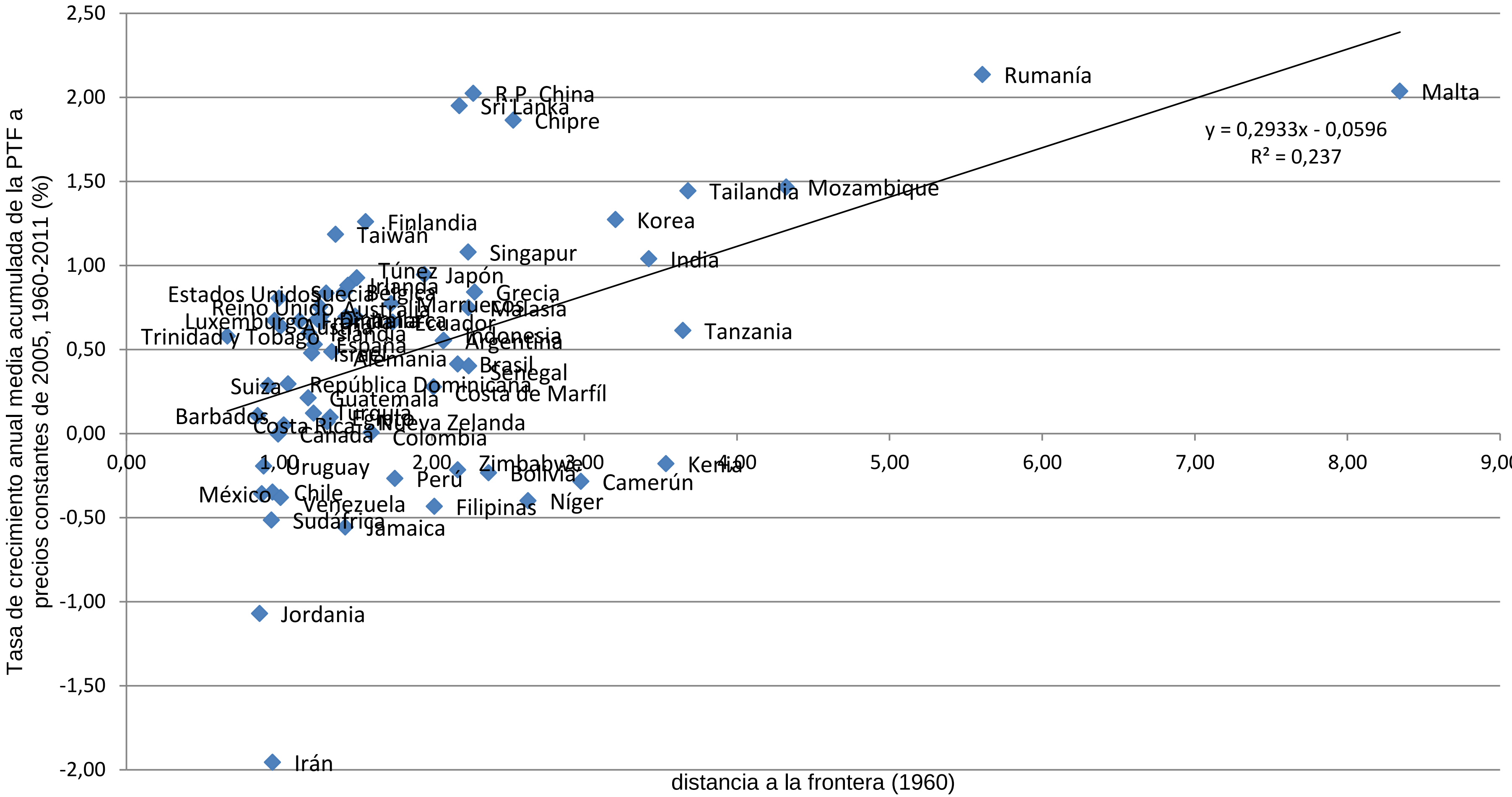
Fuente: elaboración propia a partir de datos de la PWT 8.1

Gráfico 3: TASA DE CRECIMIENTO ANUAL MEDIA ACUMULADA DE LA PTF Y DISTANCIA A LA FRONTERA, 28 PAÍSES DE LA OCDE, 1960-2011



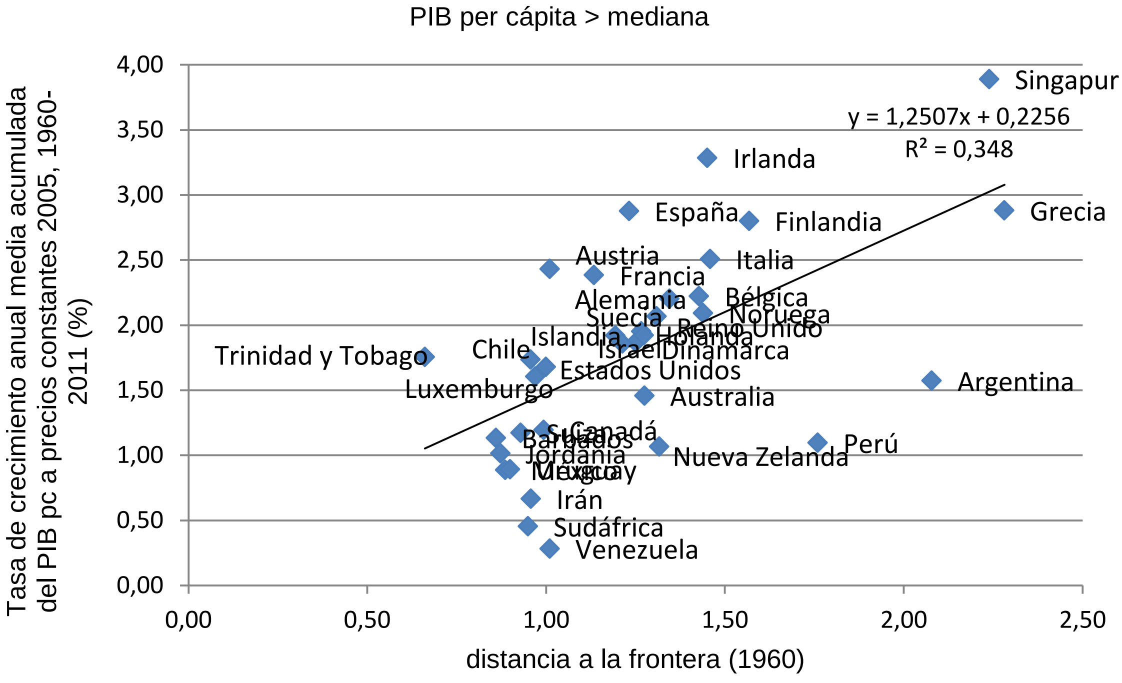
Fuente: elaboración propia a partir de datos de la PWT 8.1

Gráfico 4: TASA DE CRECIMIENTO ANUAL MEDIA ACUMULADA DE LA PTF Y DISTANCIA A LA FRONTERA PARA UN CONJUNTO DE 68 PAÍSES DE LOS 5 CONTINENTES, 1960-2011



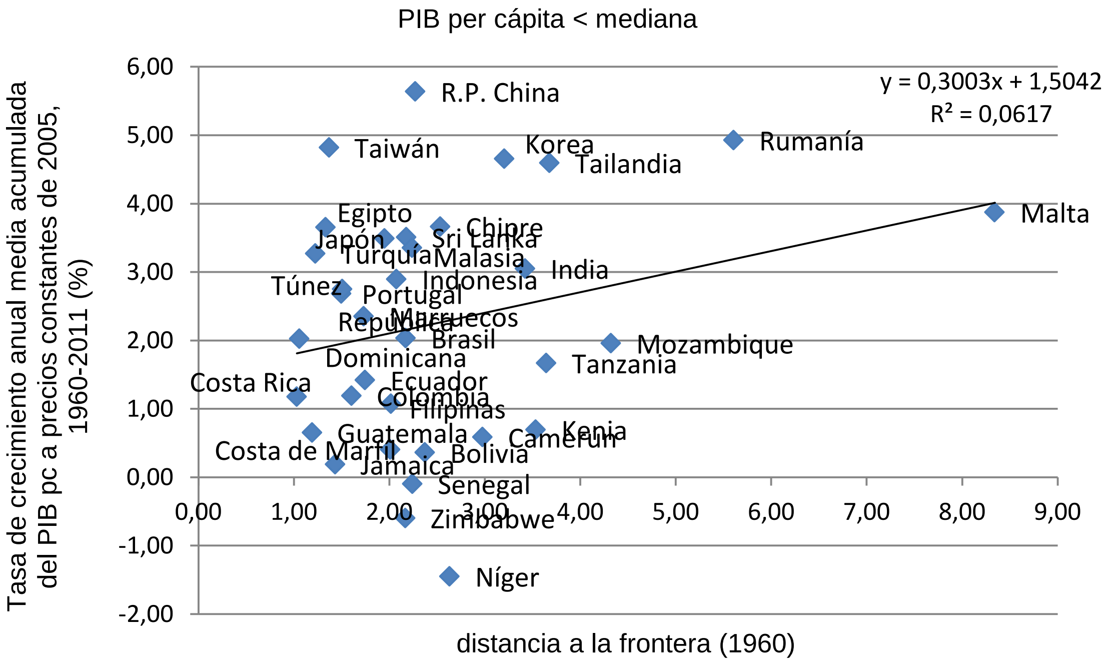
Fuente: elaboración propia a partir de datos de la PWT 8.1

Gráfico 5: TASA DE CRECIMIENTO ANUAL MEDIA ACUMULADA DEL PIB PER CÁPITA Y DISTANCIA A LA FRONTERA PARA UN CONJUNTO DE 34 PAÍSES, 1960-2011



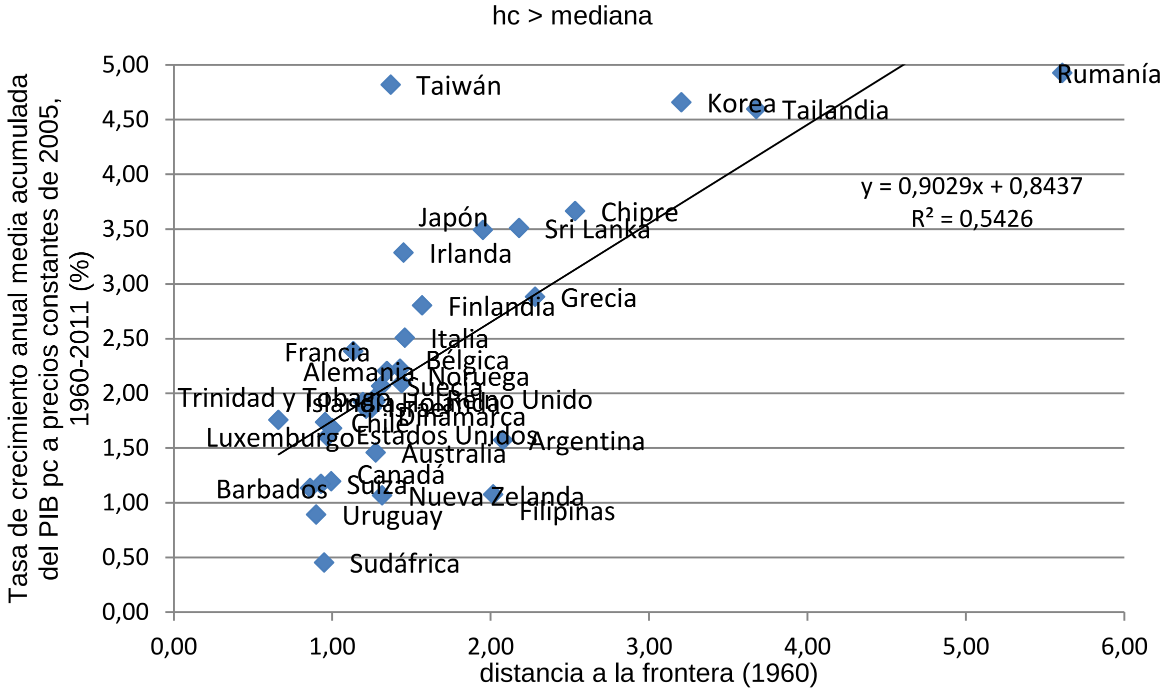
Fuente: elaboración propia a partir de datos de la PWT 8.1

Gráfico 6: TASA DE CRECIMIENTO ANUAL MEDIA ACUMULADA DEL PIB PER CÁPITA Y DISTANCIA A LA FRONTERA PARA UN CONJUNTO DE 34 PAÍSES, 1960-2011



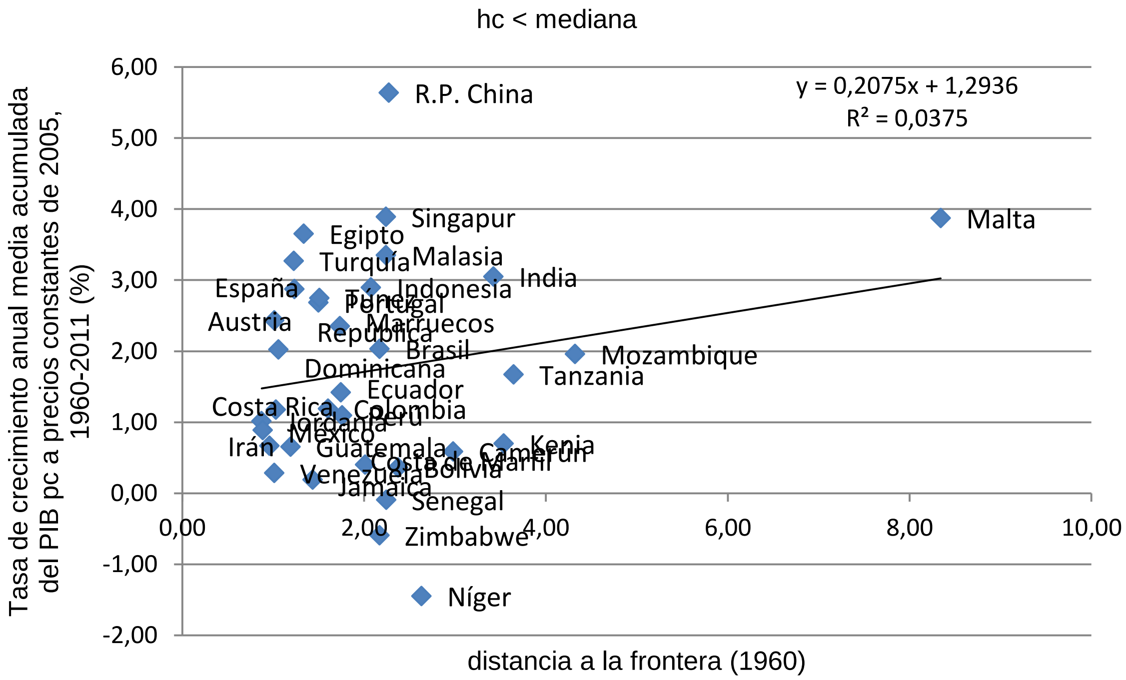
Fuente: elaboración propia a partir de datos de la PWT 8.1

Gráfico 7: TASA DE CRECIMIENTO ANUAL MEDIA ACUMULADA DEL PIB PER CÁPITA Y DISTANCIA A LA FRONTERA PARA UN CONJUNTO DE 34 PAÍSES, 1960-2011



Fuente: elaboración propia a partir de datos de la PWT 8.1

Gráfico 8: TASA DE CRECIMIENTO ANUAL MEDIA ACUMULADA DEL PIB PER CÁPITA Y DISTANCIA A LA FRONTERA PARA UN CONJUNTO DE 34 PAÍSES, 1960-2011



Fuente: elaboración propia a partir de datos de la PWT 8.1

Tabla 1: LISTADO DE PAÍSES

68 países		OCDE
Argentina	Sri Lanka	Australia
Australia	Luxemburgo	Austria
Austria	Marruecos	Bélgica
Bélgica	México	Canadá
Bolivia	Malta	Suiza
Brasil	Mozambique	Chile
Barbados	Malasia	Alemania
Canadá	Níger	Dinamarca
Suiza	Holanda	España
Chile	Noruega	Finlandia
R.P. China	Nueva Zelanda	Francia
Costa de Marfíl	Perú	Reino Unido
Camerún	Filipinas	Grecia
Colombia	Portugal	Irlanda
Costa Rica	Rumanía	Islandia
Chipre	Senegal	Israel
Alemania	Singapur	Italia
Dinamarca	Suecia	Japón
República Dominicana	Tailandia	Korea
Ecuador	Trinidad y Tobago	Luxemburgo
Egipto	Túnez	México
España	Turquía	Holanda
Finlandia	Taiwán	Noruega
Francia	Tanzania	Nueva Zelanda
Reino Unido	Uruguay	Portugal
Grecia	Estados Unidos	Suecia
Guatemala	Venezuela	Turquía
Indonesia	Sudáfrica	Estados Unidos
India	Zimbabwe	
Irlanda		
Irán		
Islandia		
Israel		
Italia		
Jamaica		
Jordania		
Japón		
Kenia		
Korea		

Fuente: elaboración propia

Tabla 2: CLASIFICACIÓN DE LOS 68 PAÍSES SEGÚN LA MEDIANA DEL PIB PER CÁPITA Y DEL ÍNDICE DE CAPITAL HUMANO

PIB per cápita		Capital humano	
>mediana	<mediana	>mediana	<mediana
Grecia	Costa Rica	Tailandia	Malta
Singapur	Portugal	Francia	Austria
Perú	Japón	Filipinas	Costa Rica
Chile	Colombia	Korea	Jamaica
Dinamarca	Zimbabwe	Sudáfrica	Singapur
Jordania	Jamaica	Sri Lanka	Perú
España	Ecuador	Uruguay	España
Finlandia	Chipre	Italia	Ecuador
Trinidad y Tobago	República Dominicana	Taiwán	Portugal
Uruguay	Guatemala	Chipre	Venezuela
Argentina	Bolivia	Alemania	Bolivia
Italia	Turquía	Barbados	Colombia
México	Taiwán	Chile	Malasia
Islandia	Filipinas	Rumanía	México
Austria	Malta	Trinidad y Tobago	República Dominicana
Irlanda	Malasia	Argentina	Zimbabwe
Francia	Brasil	Finlandia	Jordania
Sudáfrica	Túnez	Islandia	R.P. China
Israel	Korea	Holanda	Brasil
Suecia	Senegal	Reino Unido	Senegal
Bélgica	Níger	Luxemburgo	Turquía
Reino Unido	Marruecos	Bélgica	Tanzania
Venezuela	Camerún	Suecia	Indonesia
Nueva Zelanda	Costa de Marfil	Grecia	Kenia
Barbados	Sri Lanka	Israel	Guatemala
Holanda	Kenia	Suiza	India
Irán	Egipto	Noruega	Camerún
Luxemburgo	Indonesia	Dinamarca	Costa de Marfil
Australia	Rumanía	Irlanda	Irán
Noruega	India	Japón	Túnez
Canadá	Tailandia	Canadá	Mozambique
Suiza	Tanzania	Estados Unidos	Egipto
Alemania	R.P. China	Australia	Marruecos
Estados Unidos	Mozambique	Nueva Zelanda	Níger

Fuente: elaboración propia

Nota: los países están ordenados según su proximidad a la mediana, siendo en cada columna el primer país el más cercano al valor de la mediana y el último país el más alejado. La mediana del PIB per cápita en 1960 tiene un valor de 11884,35 $ y la del índice de capital humano en 1960 es 1,74.