

Apéndice: La contabilidad de las fuentes de crecimiento económico

En Estados Unidos, el PIB real ha crecido, en promedio, un 3 por ciento al año en los últimos cuarenta años. ¿Qué explica este crecimiento? En el capítulo 3 relacionamos la producción de la economía con los factores de producción —el capital y el trabajo— y con la tecnología de producción. Aquí presentamos una técnica llamada *contabilidad del crecimiento* que divide el crecimiento de la producción en tres fuentes distintas: los aumentos del capital, los del trabajo y los avances de la tecnología. Esta división nos permitirá obtener una medida de la tasa de cambio tecnológico.

Los aumentos de los factores de producción

Vemos, en primer lugar, cómo contribuyen los aumentos de los factores de producción al incremento de la producción. Para ello comenzamos suponiendo que no hay cambio tecnológico, por lo que la función de producción que relaciona la producción Y con el capital K y el trabajo L se mantiene constante con el paso del tiempo:

$$Y = F(K, L).$$

En este caso, la cantidad de producción sólo varía porque varía la cantidad de capital o la de trabajo.

Los aumentos del capital. Consideremos, en primer lugar, las variaciones del capital. Si la cantidad de capital aumenta en ΔK unidades, ¿en cuánto aumenta la producción? Para responder a esta pregunta, es necesario recordar la definición del producto marginal del capital PMK :

$$PMK = F(K + 1, L) - F(K, L).$$

El producto marginal del capital indica cuánto aumenta la producción cuando se incrementa el capital en 1 unidad. Por lo tanto, cuando el capital aumenta en ΔK unidades, la producción aumenta aproximadamente en $PMK \times \Delta K$.⁸

Supongamos, por ejemplo, que el producto marginal del capital es $1/5$; es decir, una unidad adicional de capital incrementa la cantidad de producción en un quinto

⁸ Obsérvese la palabra "aproximadamente". Esta respuesta sólo es una aproximación porque el producto marginal del capital varía: disminuye cuando aumenta la cantidad de capital. Una respuesta exacta tendría en cuenta que cada unidad de capital tiene un producto marginal diferente. Sin embargo, si la variación de K no es demasiado grande, la aproximación de un producto marginal constante es muy precisa.

de una unidad. Si elevamos la cantidad de capital en 10 unidades, podemos calcular la cantidad de producción adicional de la forma siguiente:

$$\begin{aligned}\Delta Y &= PMK \times \Delta K = \\ &= \frac{1}{5} \frac{\text{Unidades de producción}}{\text{Unidades de capital}} \times 10 \text{ Unidades de capital} = \\ &= 2 \text{ Unidades de producción.}\end{aligned}$$

Aumentando el capital en 10 unidades, obtenemos 2 unidades más de producción. Por lo tanto, utilizamos el producto marginal del capital para convertir las variaciones del capital en variaciones de la producción.

Los aumentos del trabajo. Consideremos, a continuación, las variaciones del trabajo. Si la cantidad de trabajo aumenta en ΔL unidades, ¿en cuánto aumenta la producción? Respondemos a esta pregunta de la misma forma que a la del capital. El producto marginal del trabajo, PML , indica cuánto varía la producción cuando se incrementa el trabajo en 1 unidad, es decir,

$$PML = F(K, L + 1) - F(K, L).$$

Por consiguiente, cuando se incrementa la cantidad de trabajo en ΔL unidades, la producción aumenta aproximadamente en $PML \times \Delta L$.

Supongamos, por ejemplo, que el producto marginal del trabajo es 2; es decir, una unidad adicional de trabajo eleva la cantidad de producción en 2 unidades. Si aumentamos la cantidad de trabajo en 10 unidades, podemos calcular la cantidad de producción de la forma siguiente:

$$\begin{aligned}\Delta Y &= PMK \times \Delta L = \\ &= 2 \frac{\text{Unidades de producción}}{\text{Unidades de trabajo}} \times 10 \text{ Unidades de trabajo} = \\ &= 20 \text{ Unidades de producción.}\end{aligned}$$

Aumentando el trabajo en 10 unidades, obtenemos 20 unidades más de producción. En consecuencia, utilizamos el producto marginal del trabajo para convertir las variaciones del trabajo en variaciones de la producción.

Los aumentos del capital y del trabajo. Examinemos, por último, el caso más realista en el que varían ambos factores de producción. Supongamos que la cantidad de capital aumenta en ΔK y la de trabajo en ΔL . El aumento de la producción proviene, pues,

de dos fuentes: más capital y más trabajo. Podemos dividir este aumento en las dos fuentes utilizando los productos marginales de los dos factores:

$$\Delta Y = (PMK \times \Delta K) + (PML \times \Delta L).$$

El primer término entre paréntesis es el aumento de la producción provocado por el incremento del capital y el segundo es el aumento de la producción provocado por el incremento del trabajo. Esta ecuación muestra cómo se atribuye el crecimiento a cada factor de producción.

Ahora queremos expresar esta última ecuación de manera que sea más fácil de interpretar y de aplicar a los datos existentes. En primer lugar, tras algunas manipulaciones algebraicas, la ecuación se convierte en⁹

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \left(\frac{PMK \times K}{Y} \right) \frac{\Delta K}{K} + \left(\frac{PML \times L}{Y} \right) \frac{\Delta L}{L}.$$

Esta forma de la ecuación relaciona la tasa de crecimiento de la producción, $\Delta Y/Y$, con la tasa de crecimiento del capital, $\Delta K/K$, y la tasa de crecimiento del trabajo, $\Delta L/L$.

A continuación, es necesario encontrar alguna manera de medir los términos entre paréntesis de la última ecuación. En el capítulo 3 mostramos que el producto marginal del capital es igual a su precio real de alquiler. Por lo tanto, $PMK \times K$ es el rendimiento total del capital y $(PMK \times K)/Y$ es la participación del capital en la producción. Asimismo, el producto marginal del trabajo es igual al salario real. Por lo tanto, $PML \times L$ es la remuneración total que percibe el trabajo y $(PML \times L)/Y$ es la participación del trabajo en la producción. De acuerdo con el supuesto de que la función de producción tiene rendimientos constantes de escala, el teorema de Euler (que analizamos en el capítulo 3) nos dice que estas dos participaciones suman 1.

En este caso, podemos escribir

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \alpha \frac{\Delta K}{K} + (1 - \alpha) \frac{\Delta L}{L},$$

donde α es la participación del capital y $(1 - \alpha)$ es la del trabajo.

Esta última ecuación es una sencilla fórmula que permite mostrar que las variaciones de los factores alteran la producción. En concreto, debemos ponderar las tasas

⁹ Nota matemática: para ver que es equivalente a la ecuación anterior, obsérvese que podemos multiplicar los dos miembros de esta ecuación por Y , y anular Y en tres lugares. Podemos anular la K del numerador y del denominador del primer término del segundo miembro y la L del numerador y del denominador del segundo término del segundo miembro. Estas manipulaciones algebraicas convierten esta ecuación en la anterior.

de crecimiento de los factores por sus participaciones. Como vimos en el apéndice del capítulo 3, en Estados Unidos la participación del capital es del orden del 30%, es decir, $\alpha = 0,30$. Por lo tanto, un aumento de la cantidad de capital de un 10% ($\Delta K/K = 0,10$) provoca un aumento de la cantidad de producción del 3% ($\Delta Y/Y = 0,03$). Asimismo, un aumento de la cantidad de trabajo del 10% ($\Delta L/L = 0,10$) provoca un aumento de la cantidad de producción de un 7% ($\Delta Y/Y = 0,07$).

El progreso tecnológico

Hasta ahora hemos supuesto en nuestro análisis de las fuentes de crecimiento que la función de producción no varía con el paso del tiempo. En la práctica, el progreso tecnológico mejora, por supuesto, la función de producción. Con una cantidad dada cualquiera de factores, obtenemos más producción hoy que antes. A continuación ampliaremos el análisis para tener en cuenta el progreso tecnológico.

Incluimos los efectos de los cambios de la tecnología formulando la función de producción de la forma siguiente:

$$Y = AF(K, L),$$

donde A es una medida del nivel actual de tecnología llamada *productividad total de los factores*. Ahora la producción aumenta no sólo porque aumentan el capital y el trabajo sino también porque aumenta la productividad total de los factores. Si ésta aumenta un 1% y si los factores no varían, la producción aumenta un 1%.

La introducción del cambio tecnológico añade otro término a nuestra ecuación que explica el crecimiento económico:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \alpha \frac{\Delta K}{K} + (1 - \alpha) \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta A}{A}$$

Crecimiento de la producción	=	Contribución del capital	+	Contribución del trabajo	+	Crecimiento de la productividad total de los factores
---------------------------------	---	-----------------------------	---	-----------------------------	---	---

Esta es la ecuación clave de la contabilidad del crecimiento. Identifica y nos permite medir las tres fuentes de crecimiento: las variaciones de la cantidad de capital, las variaciones de la cantidad de trabajo y las variaciones de la productividad total de los factores.

Como la productividad total de los factores no es observable directamente, se mide de forma indirecta. Tenemos datos sobre el crecimiento de la producción, el capital y el trabajo; también los tenemos sobre la participación del capital en la producción. A

partir de estos datos y de la ecuación de la contabilidad del crecimiento, podemos calcular el crecimiento de la productividad total de los factores para asegurarnos de que la suma es correcta:

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta Y}{Y} - \alpha \frac{\Delta K}{K} - (1 - \alpha) \frac{\Delta L}{L}.$$

$\Delta A/A$ es la variación de la producción que no puede atribuirse a las variaciones de los factores. Por lo tanto, el crecimiento de la productividad total de los factores se calcula como un residuo, es decir, como la cantidad de crecimiento de la producción que queda una vez que hemos tenido en cuenta los determinantes del crecimiento que podemos medir. De hecho, $\Delta A/A$ a veces se denomina *residuo de Solow*, en honor de Robert Solow, que fue quien primero mostró cómo se calculaba.¹⁰

La productividad total de los factores puede variar por muchas razones. La mayoría de las variaciones se deben a un aumento de los conocimientos sobre los métodos de producción. El residuo de Solow suele utilizarse como medida del progreso tecnológico. Sin embargo, hay otros factores, como la educación y la legislación, que pueden afectar también a la productividad total de los factores. Por ejemplo, si un incremento del gasto público mejora la calidad de la educación, los trabajadores pueden ser más productivos y la producción puede aumentar, lo que implica que aumentará la productividad total de los factores. Por poner otro ejemplo, si la legislación obliga a las empresas a comprar capital para reducir la contaminación o aumentar la seguridad de los trabajadores, el stock de capital puede aumentar sin que crezca la producción, lo que significa una reducción de la productividad total de los factores. La *productividad total de los factores recoge todo lo que altera la relación entre los factores medios y la producción medida*.

Las fuentes de crecimiento en Estados Unidos

Una vez que hemos visto cómo se miden las fuentes de crecimiento económico, a continuación examinamos los datos. El cuadro 5.3 utiliza datos de Estados Unidos para medir las aportaciones de las tres fuentes de crecimiento entre 1950 y 1996.

Este cuadro muestra que el PIB real ha crecido, en promedio, un 3,2 por ciento al año desde 1950. De este 3,2 por ciento, un 0,9 es atribuible a los aumentos del stock

¹⁰ Robert M. Solow, "Technical Change and the Aggregate Production Function", *Review of Economics and Statistics*, 39, 1957, págs. 312-320. Es lógico preguntarse qué relación existe entre el crecimiento de la eficiencia del trabajo, E , y el de la productividad total de los factores. Podemos demostrar que $\Delta A/A = (1 - \alpha)\Delta E/E$, donde α es la participación del capital. Por lo tanto, el cambio tecnológico medido por medio del crecimiento de la eficiencia del trabajo es proporcional al cambio tecnológico medido por medio del residuo de Solow.

de capital, un 1,2 por ciento a los aumentos del número total de horas trabajadas y un 1,1 a los aumentos de la productividad total de los factores. Estos datos muestran que los aumentos del capital, del trabajo y de la productividad han contribuido casi por igual al crecimiento económico en Estados Unidos.

El cuadro 5.3 también muestra que el crecimiento de la productividad total de los factores se desaceleró significativamente alrededor de 1970. En el caso práctico anterior de este capítulo analizamos algunas hipótesis para explicar esta desaceleración del crecimiento.

Cuadro 5.3. La contabilidad del crecimiento económico en Estados Unidos.

Años	Crecimiento de la producción $\Delta Y/Y$	Fuente de crecimiento		Productividad total de los factores $\Delta A/A$
		Capital $\alpha \Delta K/K$	Trabajo $(1 - \alpha) \Delta L/L$	
		(aumento porcentual medio anual)		
1950-1959	3,5	1,1	0,8	1,6
1960-1969	4,1	1,2	1,3	1,7
1970-1979	3,1	0,9	1,6	0,5
1980-1989	2,9	0,8	1,3	0,8
1990-1996	2,2	0,6	0,8	0,8
1950-1996	3,2	0,9	1,2	1,1

Fuente: U.S. Department of Commerce, U.S. Department of Labor y cálculos del autor. El parámetro α es igual a 0,3.

Caso práctico 5.5:

El crecimiento en los tigres del este asiático

Tal vez los casos más espectaculares de crecimiento de la historia reciente sean los de los "tigres" del este asiático: Hong Kong, Singapur, Corea del Sur y Taiwán. Entre 1966 y 1990, mientras que la renta real *per cápita* creció alrededor de un 2 por ciento al año en Estados Unidos, creció más de un 7 por ciento al año en cada uno de estos países. En una sola generación, la renta real *per cápita* se multiplicó por cinco y estos países dejaron de ser las economías más pobres del mundo para figurar entre las más ricas (a finales de los años noventa, un periodo de grandes convulsiones financieras empañó la reputación de algunas de estas economías, pero este problema a corto plazo, que examinamos en un caso práctico en el capítulo 12, no invierte de ninguna manera el espectacular crecimiento a largo plazo que han experimentado los tigres asiáticos).