

Productividad total de los factores o productividad del trabajo

José Romero
IIEc (UNAM) - El Colegio de México

03 de diciembre de 2018

Productividad total de los factores o productividad del trabajo

José Romero

IIEc (UNAM) - El Colegio de México

Resumen

El trabajo presenta las principales limitaciones de la productividad total de los factores y las ventajas de la productividad del trabajo como medida de productividad.

Abstract

The paper presents the main limitations of total factor productivity and the benefits of productivity as a measure of productivity.

JEL Classification: E10, E11, E12.

Palabras Calve: Productividad, crecimiento, capital, función producción.

Key Words: Productivity, growth, capital, production function.

I. Introducción

El propósito de este trabajo es presentar el concepto de productividad y cómo medirla. El ensayo es parte de un proyecto más amplio de una investigación sobre el papel de la tecnología en la productividad y en el crecimiento económico. El trabajo pretende ofrecer un criterio para determinar cuál de las dos medidas para medir la productividad es conceptualmente superior.

El trabajo comienza estableciendo un nexo entre ingreso por habitante y productividad.

A continuación se presenta el concepto de productividad total de los factores, seguida de algunas críticas al concepto de función de producción agregada, en especial se cuestiona el concepto de capital y finalmente se establece lo que mide realmente el residuo de Solow, que no es el cambio tecnológico.

Posteriormente se presentan las ventajas de utilizar el concepto de productividad del trabajo. Esta medida ofrece el atractivo de que no necesita suponer funciones de producción, tipo de rendimientos etc. Su cálculo es muy simple y de ella se pueden obtener resultados interesantes. Establecida la superioridad de la productividad del trabajo sobre la productividad total de los factores, mostramos el cálculo desagregado de productividad por actividad del cual también se derivan resultados interesantes.

Finalmente se concluye.

II. Relación entre ingreso por habitante y productividad

El PIB por habitante (PIB/P) puede descomponerse en productividad media del trabajo (PIB/E), tasa de participación de la población en la fuerza de trabajo (L/P) y tasa de empleo (E/L), donde PIB es producto interno bruto; P es población; L , fuerza de trabajo y E , empleo. Esto es:

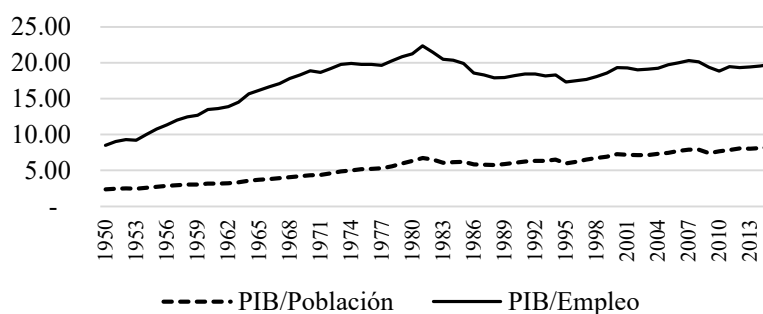
$$\frac{PIB}{P} = \left(\frac{PIB}{E}\right) \left(\frac{E}{L}\right) \left(\frac{L}{P}\right)$$

Esta identidad muestra que las variaciones observadas en el PIB por habitante responden a factores relacionados con la productividad del trabajo, nivel de actividad económica y a factores relacionados con tendencias socioeconómicas.

En la gráfica 1 se observa la evolución de la productividad del trabajo y el ingreso por habitante. De 1950 a 1981 (31 años) el ingreso por habitante se multiplicó por 2.84 veces,

mientras que la productividad lo hizo 2.63 veces. En tanto que de 1982 a 2015 (33 años) el ingreso por habitante se multiplicó por 1.27 veces y la productividad, 0.92 veces. Esto nos indica que el estancamiento en el ingreso por habitante en México debemos buscarlo en el bajo crecimiento de la productividad.

Gráfica 1. México: PIB por habitante y por trabajador, 1940-2003 (millones de dólares de 1990 [PPP])



Fuente: The Conference Board (marzo de 2018), Total Economy Database™ (versión ajustada).

La gráfica 1 establece claramente la estrecha relación entre productividad y desarrollo económico (crecimiento del ingreso por habitante). Antes de emprender la tarea de pretender explicar de qué depende el crecimiento de la productividad, es preciso definir cuál es la mejor medida de productividad.

Esto nos lleva a considerar en primer lugar una medida ampliamente adoptada por la teoría neoclásica y la mayor parte de los investigadores ortodoxos. Se trata de la “productividad total de los factores” (PTF). Al considerar esta medida conviene preguntarnos: ¿en qué consiste esta medida? y ¿cuáles son sus limitaciones? Así podremos determinar si la PTF es un mejor indicador que la productividad del trabajo para evaluar los cambios tecnológicos y el crecimiento económico.

III. Productividad total de los factores ¹

a) La función de producción

Esta función relaciona cantidades de producción física de un proceso de producción con cantidades de insumos físicos. También la función de producción se utiliza para representar la relación tecnológica que transforma cantidades físicas de insumos en cantidades

¹ En realidad, el nombre correcto debería ser “productividad parcial de los factores”, porque no incluye todos.

producidas de bienes o servicios. La función de producción es uno de los conceptos clave de la teoría neoclásica y se utiliza para explicar la distribución del ingreso y para describir la eficiencia en la asignación de los recursos (Nelson, 1996, p. 11).

La función de producción total de la economía no relaciona simplemente un conjunto determinado de insumos con cierta cantidad de producto, ya que cualquier conjunto dado de insumos puede utilizarse para producir un sinnúmero de cantidades de producción. Para satisfacer la definición de una función de producción, ésta debe representar el máximo de producción que puede obtenerse de un conjunto determinado de insumos, con cierta tecnología y, por lo tanto, describe un límite o frontera que representa el límite de producción que puede obtenerse con cada combinación posible de insumos. Alternativamente, una función de producción puede definirse como los requisitos mínimos de insumos necesarios para producir una cierta cantidad de producto. Trabajar con el producto máximo que se obtiene con cierta cantidad de insumos permite abstraerse de problemas tecnológicos y gerenciales, asociados con lograr un máximo técnico y concentrarse exclusivamente en el problema de la eficiencia asociada con la decisión de la asignación óptima de cuánto utilizar de cierto factor, o del grado en el que un factor puede sustituir a otro. Algo muy importante, que es preciso mencionar, es que en la función de producción, la relación entre producto e insumos no es monetaria; es decir, relaciona insumos *físicos* con productos *físicos*; los precios y costos no aparecen en ella.

En el marco de la decisión de una empresa en cuanto a qué y cómo producir, debe determinarse cuánto de cada insumo se necesita para producir cierta cantidad de producto, y esta decisión depende de los precios de mercado, tanto del producto final como de los insumos (que están dados). La función de producción representa las posibilidades que brinda una tecnología “exógena”. Bajo ciertos supuestos, la función de producción puede servir para derivar un producto marginal de cada factor. La empresa maximizadora en competencia perfecta elegirá utilizar insumos hasta el punto en que el costo marginal del insumo adicional coincide con el valor de la producción adicional. Esto implica una división ideal de los ingresos generados de la producción, donde cada factor de la producción recibe un ingreso igual a su producto marginal.

Formalmente podemos partir de una función de producción Cobb-Douglas homogénea de grado uno, como lo hizo Solow (1957, p.132).

$$Y = AK^{\beta}L^{\alpha} \quad (1)$$

Donde Y es la producción total, K es la cantidad total de capital y L es la cantidad total de trabajo en la economía. Se supone pleno empleo de ambos factores. β y α son respectivamente las participaciones del capital y del trabajo en el producto. El supuesto de rendimientos constantes a escala requiere que $\beta + \alpha = 1$.² El parámetro “ A ” representa el factor tecnológico, que amplifica el rol de los insumos, es exógeno y por lo tanto independiente de K y de L . Entonces A representa un cambio tecnológico exógeno, que no está incorporado ni en el capital (mejores máquinas) ni en el trabajo (mayor experiencia o habilidades). La función tampoco hace énfasis en la posible complementariedad entre trabajo y capital; el énfasis se pone en la sustitución de un factor por otro.

La función de producción está determinada por el estado del conocimiento tecnológico. Se supone que el conocimiento tecnológico es público, tanto para una empresa, la industria o para toda la economía. Las empresas eligen un punto en su función de producción para maximizar sus ganancias, teniendo en cuenta las condiciones de demanda del producto y oferta de factores. Suele asumirse que los mercados son perfectamente competitivos, por lo que la empresa toma los precios de bienes e insumos como parámetros. Suponiendo que los precios de los factores se ajustan y no se presentan dificultades keynesianas, el modelo es congruente con el pleno empleo y por lo general se asume esta condición. Con el tiempo, el producto crece como respuesta al crecimiento de los insumos y entonces las empresas se mueven a lo largo de sus funciones de producción, pero también como resultado de los avances tecnológicos. Si se consideran los siguientes supuestos: que la función de producción es continua y diferenciable; que las empresas maximizan beneficios y que las empresas están sujetas a los precios del mercado, entonces la elasticidad del producto con respecto a cualquier insumo es igual a la participación de ese factor en el producto, por lo menos para

² Por el teorema de Euler sabemos que en cualquier función homogénea de grado uno, $Y = f(K, L)$ el valor de la función es igual a $Y = \left(\frac{dY}{dK}\right)K + \left(\frac{dY}{dL}\right)L$. Este resultado puede también expresarse así: $Y = rK + wL$ donde r es el precio renta del capital (producto marginal del capital) y w es la tasa de salario (la productividad marginal del trabajo).

pequeños incrementos en los insumos. El crecimiento proporcional de la producción debido al crecimiento de los insumos a lo largo de la función de producción es igual a la suma del crecimiento de los factores ponderados por las participaciones de los factores en el producto. El residual (si existe) es una medida de cambio en la función de producción o avance tecnológico (Nelson, 1996).

b) La contabilidad del crecimiento

En macroeconomía, se suponen funciones de producción agregadas para crear un marco teórico para explicar el crecimiento y distinguir cuánto de éste puede atribuirse a cambios en la asignación de cada factor (por ejemplo, la acumulación de capital físico) y cuánto al avance de la tecnología. A esto último se le conoce como la contabilidad del crecimiento (Nelson, 1996).

Linearizando la función de producción (1) mediante logaritmos y derivando con respecto al tiempo, se obtiene el siguiente resultado:

$$\frac{dY}{Y} = \beta \frac{dK}{K} + \alpha \frac{dL}{L} + \frac{dA}{A} \quad (2)$$

Solow sugiere que el residual (dA/A) debe ser el efecto combinado del aumento en la productividad de todos los factores de la producción. O puesto de otra manera, la diferencia entre el aumento porcentual en el producto, menos el aumento porcentual ponderado de los factores es el cambio tecnológico o “el residuo”. La referencia obligada en este tema es Solow (1957), que se basó en este concepto para medir la contribución del cambio tecnológico al crecimiento de la economía de Estados Unidos para el periodo 1909-1949.

Solow (1957, p. 312) define el cambio técnico como “cualquier clase de cambio en la función de producción [agregada]”; es el residuo de esta función de producción, cuando las variaciones en los insumos de capital y trabajo se restan del aumento de la producción. Esto es, partiendo de la expresión (2) podemos expresar la productividad total de los factores así:

$$A^{\circ} = Y^{\circ} - [\beta K^{\circ} - \alpha L^{\circ}] \quad (3)$$

El superíndice $^{\circ}$ indica la tasa de crecimiento: $A^{\circ} = \frac{dA}{A}$; $Y^{\circ} = \frac{dY}{Y}$; $K^{\circ} = \frac{dK}{K}$; $L^{\circ} = \frac{dL}{L}$

La ecuación 2 puede escribirse en términos per cápita, restando $(L^0 = \frac{dL}{L})$ de ambos lados y recordando que $\alpha + \beta = 1$ (competencia perfecta y teorema de Euler):

$$y^* = A^0 + \beta(K^0 - L^0) = A^0 + \beta k^* \quad (4)$$

Donde $y^* = Y^0 - L^0$; $k^* = K^0 - L^0$

Así, el aumento de la producción por trabajador es igual a la tasa de crecimiento del factor A (cambio tecnológico), más el crecimiento del capital por trabajador, ponderado por la participación de capital en la producción total (Reati, 2001).

O bien:

$$A^0 = y^* - \beta k^* \quad (4')$$

A raíz de esta formulación, desde mediados de la década de 1950 se ha producido una gran cantidad de trabajos. Algunos han sido teóricos y han propuesto varias formas de función de producción. Se han desarrollado modelos que asumen que el avance tecnológico debe estar incorporado en el nuevo capital. Otros endogenizan el avance tecnológico, ligando el *stock* de capital con la “investigación y el desarrollo” (I&D). En otros modelos, el avance tecnológico se supone que está dirigido hacia el ahorro de mano de obra o de capital, según sean sus precios relativos. Para una revisión de estos modelos véase Solow (1970) y Hans Binswanger y Vernon Ruttan (1978).

Gran parte del trabajo empírico fue conducido dentro del marco de la “contabilidad de crecimiento” implícito en el modelo neoclásico. Edward Denison (1962, 1967, 1974), Kendrick (1961 y 1973), Zvi Griliches (1960) y Dale W. Jorgenson y Griliches (1967) hicieron las primeras contribuciones importantes a esta literatura. Asimismo, mucho de esto se ha orientado a reducir el tamaño del residuo con el propósito de explicar el cambio tecnológico de una manera determinística. Irónicamente, Solow le daba al residuo un sentido económico más especial pero, a los ojos de la mayoría de los economistas contemporáneos, el residuo tiene mucho menos importancia y consideran que gran parte del crecimiento puede explicarse por movimientos a lo largo de una función de producción. Esto es así si, añadiendo

variables, se logra que el residuo sea cero; entonces se logra “explicar” totalmente el crecimiento económico.

Con tal fin, el insumo “mano de obra” fue desagregado y se comenzó a prestar atención a la educación, el género y la composición de edades de los trabajadores. El insumo de capital fue desagregado en máquinas y estructuras, y se comenzó a considerar su edad “*vintage*”. Algunos intentaron presentar los recursos naturales como otro insumo. Otros introdujeron la energía como factor. Algunos más han incorporaron los gastos en I&D en una “meta” de la función de producción y tratan de medir la contribución del gasto en I&D al crecimiento de la productividad. Todos estos enfoques intentan preservar la importancia potencial del avance tecnológico como parte de la explicación del crecimiento pero, al mismo tiempo tratan de eliminarla o suavizar la asociación de avance tecnológico con el residuo. Esto es, todos estos estudios tratan de encontrar una relación determinista del crecimiento.

Los trabajos de Jorgenson y de Griliches, se mantienen en la línea teórica ortodoxa. Sin embargo, en textos sobre la contabilidad del crecimiento como los de Kendrick y Denison, añaden variables que no están contempladas en los modelos teóricos formales y hacen uso de una interpretación muy flexible de la teoría. Denison, por ejemplo considera explícitamente las ineficiencias en la asignación de recursos y obstáculos institucionales para la adopción o difusión de la mejor tecnología práctica. En sus estudios sobre la desaceleración del crecimiento de la productividad, incluye variables como el grado de regulación y el costo de la delincuencia. Sin embargo, no hay justificación teórica para hacer esto; las variables se agregan simplemente de una manera *ad hoc*, lo cual no es correcto. La inclusión de cualquier variable debe justificarse plenamente en el contexto de un marco teórico, formal o informal. Si este tipo de variables o procesos es importante, tenemos que revisar nuestra conceptualización del proceso de crecimiento (Nelson, 1996, p. 14).

IV. Algunas críticas al enfoque neoclásico para explicar el cambio tecnológico

El problema con el marco ortodoxo es que no contesta adecuadamente a ciertas preguntas y, donde aporta respuestas, éstas despiertan más cuestionamientos que explicaciones. Lo anterior es cierto para cada una de las tres clases de preguntas fundamentales en temas de crecimiento económico: ¿Qué hay detrás de la tasa de crecimiento de un país y su variación en el tiempo? ¿Qué explica las diferencias en los niveles y tasas de crecimiento de

productividad entre países? ¿Por qué ciertas industrias experimentan crecimiento de productividad mucho más rápido que otras? (Nelson, 1996, p. 16).

La primera pregunta probablemente ha recibido más atención pero, a pesar de todo el esfuerzo que se ha hecho para hacer que el “residuo” desaparezca, éste sigue ahí. Y aun con todo lo que se ha hecho para dar sustancia a su interpretación del “avance tecnológico”, o “avance del conocimiento”, esa interpretación dista de ser convincente. Todo el mundo sabe que el residuo representa una mezcla desordenada de factores y que es difícil desenredarlos. Si bien esta “medida de nuestra ignorancia” no es por completo desconocida, ciertamente no se comprende bien (Nelson, 1996, p. 17).

Por otro lado, los conceptos de empresas y mercado implícitos en este marco de análisis son muy estilizados y no hay mucho espacio para una administración incompetente, para conflictos obrero-patronales o rivalidad oligopólica. El ambiente institucional es muy simple: no hay ningún lugar en la estructura para los sindicatos, el sistema bancario, el sistema educativo o para los regímenes normativos. Aunque se reconoce el avance tecnológico como una característica central del crecimiento, se trata de una forma muy simplista y se omite la proposición schumpeteriana de que el avance tecnológico (a través de la innovación empresarial) y el equilibrio competitivo, son incompatibles. El modelo simplemente supone pleno empleo pero éste no incluye ningún mecanismo específico para garantizar que se cumpla tal condición. Las fuentes del crecimiento se suponen que operan en forma independiente y aditiva, lo cual se explica en parte porque el análisis matemático se concentra en pequeños cambios, sin embargo, en la contabilidad del crecimiento se extrapola el análisis de las fuentes de crecimiento a periodos relativamente largos (Nelson, 1996, p. 17).

Una debilidad teórica (aunque no es la principal) de la PTF se deriva del hecho de que parte de una función de producción neoclásica. Concretamente nos referimos a los supuestos de convexidad y homogeneidad lineal, que son cruciales para obtener el residuo (Reati, 2001, p. 317). Una de las principales características del cambio tecnológico es que este progreso siempre va acompañado de rendimientos crecientes a escala, lo que implica que la función de producción no es convexa (Reati, 2001, p. 317). El otro problema es el supuesto de competencia perfecta, la cual no tiene ninguna semejanza con el mundo real, que es indispensable para calcular el residuo de Solow. Si esta hipótesis se elimina y se sustituye por un marco más realista de existencia de estructuras de mercado oligopólicas o de

competencia monopolística, el residuo de Solow pierde significado. De hecho, cuando las estructuras de mercado no son competitivas, las participaciones relativas de los factores en el producto (α y β en la función Cob-Douglas) no suman la unidad y el residuo de Solow se convierte en una magnitud espuria, ya que también captura un elemento de poder de mercado. Por tal motivo, el cálculo de la PTF generalmente subestima su valor “real”.

Para ver esto con más claridad, tomemos la ecuación (4). Teniendo en cuenta que, en el largo plazo, la relación capital/trabajo k^* aumenta (crece el grado de mecanización) y el poder de mercado implica que la participación del capital en el producto ($\beta^{(nc)}$) es mayor que en competencia perfecta, en presencia de competencia imperfecta tenemos lo siguiente (Reati, 2001, p. 317):

$$y^* - \beta^{(nc)}k^* < y^* - \beta k^* \quad (5)$$

V. Crítica al concepto de capital en las funciones de producción agregada

Durante las décadas de 1950, 1960 y 1970 se dio un animado debate sobre la validez teórica de las funciones de producción. Aunque la crítica estuvo dirigida principalmente a funciones de producción agregadas, las funciones de producción microeconómicas también se pusieron en entredicho. El debate comenzó en 1953, cuando Joan Robinson criticó la manera en que se medía el factor capital y cómo la noción de proporciones de factor había hecho perder el rumbo a los economistas. Al respecto, escribió:

La función de producción ha sido un poderoso instrumento de des-educación. Al estudiante de teoría económica se le enseña a escribir $Q = f(L, K)$ donde L es la cantidad de trabajo, K la cantidad de capital y Q una cantidad de producto. [Los alumnos] son instruidos para suponer que todos los trabajadores son homogéneos y miden L en horas-hombre de mano de obra; [se] les dice algo sobre el problema de los números índice en la elección de una unidad de producción y es entonces cuando [los profesores] se apresuran a hacerse otras preguntas, con la esperanza de que [los alumnos] nunca pregunten en qué unidades se mide K . Estos alumnos, sin nunca plantearse esta pregunta, eventualmente se convierten

en profesores, y es así como estos hábitos tan descuidados de pensamiento se transmiten de una generación a otra (Robinson, J., 1953, p. 81).

Según este argumento, es imposible concebir el capital de tal manera que su cantidad sea independiente de la rentabilidad del capital y de los salarios. El problema es que esta independencia es una condición indispensable en la construcción de una “isocuanta”. Recuérdese que la pendiente de la isocuanta ayuda a determinar los precios relativos del factor, pero la curva no puede construirse (y medirse su pendiente) a menos que los precios (tasas de interés y los salarios) se conozcan de antemano (para poder cuantificar el capital que es un conjunto heterogéneo de bienes). O, en otras palabras, no podemos agregar un conjunto heterogéneo de bienes que forman el capital sin conocer los precios. De esta manera el capital deja de ser exógeno y la función de producción deja de tener sentido.

El problema es que, a diferencia de la mano de obra y la tierra, que puede reducirse a unidades homogéneas en sus propios términos (por ejemplo, horas de la misma habilidad e intensidad) o tierra del mismo grado de fertilidad, el capital es un conjunto de bienes heterogéneos producidos, que deben sumarse de tal manera que permitan una opción al minimizar el costo de producción. De las distintas alternativas, la teoría neoclásica decide medir bienes de capital en términos de valor; es decir, el producto de unidades físicas (edificios, máquinas, etc.) el número de veces de sus precios respectivos (equilibrio). Joan Robinson (1953), inspirada en la enseñanza de Sraffa y en textos tempranos de Robinson y de Sraffa mismo, en 1960 argumentó que la medida del valor del capital requiere el conocimiento previo de los precios de equilibrio, que a su vez necesita una tasa de equilibrio de ganancia que no es posible obtener a menos que hayamos estimado previamente el valor del capital.

Con esta crítica, se minaron los fundamentos teóricos de esta función, de modo que los resultados empíricos que se apoyan en funciones de producción agregadas quedaron muy cuestionados.

VI. Qué mide en realidad el residuo de Solow (o la PTF)

Consideremos en lugar de la función de producción agregada, la identidad contable del ingreso nacional. Esta identidad nos dice que el ingreso neto (quitando impuestos) está compuesto por la suma de las remuneraciones al capital y al trabajo,³ y no presenta ningún

³ Considerando sólo dos factores, pero podríamos incluir muchos más.

problema de agregación de bienes heterogéneos que forman el capital. En este caso no hay teoría, trabajamos con una identidad contable y los datos reflejan no una construcción teórica, como la función de producción, sino una identidad de contabilidad nacional.

$$Y \equiv rK + wL \quad (6)$$

Donde r es el precio del capital y w es el salario por unidad de trabajo.

La derivada total de esta identidad da la siguiente ecuación:

$$dY \equiv rdK + wdL + Kdr + Ldw \quad (7)$$

Dividiendo entre Y y sabiendo que $r = R/K$, donde R es la participación total del capital en el ingreso, y luego de ciertas manipulaciones, obtenemos:

$$\frac{dY}{Y} \equiv \frac{RdK}{YK} + \frac{wLdL}{YL} + kdr + ldw \quad (8)$$

Teniendo en cuenta que los dos primeros términos pueden reescribirse utilizando la notación anterior para la participación de los beneficios (R/Y) y salarios (wL/Y) en ingresos totales.

Tenemos:

$$\frac{dY}{Y} \equiv \beta \frac{dK}{K} + \alpha \frac{dL}{L} + kdr + ldw \quad (9)$$

O bien:

$$Y^\circ \equiv [\beta K^\circ - \alpha L^\circ] + kdr + ldw \quad (9')$$

Dado que la ecuación (3) define $A^\circ = Y^\circ - [\beta K^\circ - \alpha L^\circ]$, por (9') obtenemos que:

$$A^\circ \equiv kdr + ndw \quad (10)$$

Con esto encontramos que el residuo de Solow es básicamente un promedio ponderado de la tasa de crecimiento de los salarios y de las ganancias. Esto es lo que el residuo de Solow realmente está midiendo. En este caso, el resultado es contundente, ya que proviene de una identidad contable, no de una función de producción imaginaria. Incluso si existiera una función de producción, tal como se calcula la PTF, de todos modos lo que se estaría midiendo es esta identidad (“Total Factor Productivity...”, 2014).

Como resultado de esta y otras críticas, los resultados empíricos basados en funciones de producción agregadas son irrelevantes. Anwar Shaikh (1974) ha demostrado que la PTF no tiene ninguna relevancia empírica; lo que da en el mejor de los casos es un buen ajuste a una identidad contable, pero no aporta nada para descifrar las leyes subyacentes de la producción, distribución o el origen de los cambios tecnológicos.

VII. Productividad del trabajo

a) El concepto

Una manera alternativa de medir el desempeño económico es la productividad del trabajo (Reati, 2001, pp. 325-327). La ventaja de este concepto es que, para definirlo, no es necesario hacer referencia a un tipo particular de función de producción. No depende de supuestos poco realistas como de los que depende la productividad total de los factores. Por otra parte, para cuantificar la productividad del trabajo no necesitamos conocer las participaciones relativas de los factores en el producto, que tienen una influencia fuerte del poder de mercado; el concepto abarca todo tipo de avances técnicos, ya que los cambios tecnológicos incorporados y desincorporados en los medios de producción tienen efectos directos en la producción o en la cantidad de trabajo utilizada. La productividad del trabajo puede dividirse en dos componentes, uno se refiere al grado de mecanización (la relación capital/trabajo), y en el inverso de la intensidad de capital en la producción (la “productividad del capital”).

$$\frac{Y}{L} \equiv \frac{K}{L} \frac{Y}{K} \quad (11)$$

donde Y es el valor agregado a precios constantes; K es el acervo de capital a precios constantes; L es el número de trabajadores, expresada en equivalentes de tiempo completo. Se asume que el trabajo es homogéneo. Si fuera necesaria la transformación de trabajo complejo en trabajo simple ésta se logra a través de algún procedimiento de agregación convincente (por ejemplo, de la manera sugerida por Roncaglia, 1973).

En términos de tasas de cambio instantáneas, la identidad se convierte en:

$$\dot{\Pi} \equiv \dot{k}_l + \dot{y}_k \quad (12)$$

donde $\dot{\Pi}$ es el crecimiento de la productividad del trabajo; \dot{k}_l es el crecimiento de la relación capital/trabajo; \dot{y}_k es el crecimiento de la productividad del capital. El cambio técnico incorporado se refleja estadísticamente en el crecimiento en la relación capital/trabajo \dot{k}_l , mientras que el término \dot{y}_k , considerado junto con \dot{k}_l , suele ser una combinación aproximada del cambio técnico desincorporado. Consideremos cuatro casos posibles:

Cuadro I

Caso 1:	$\dot{\Pi} > 0;$	$\dot{k}_l = 0;$	$\dot{y}_k > 0$
Caso 2:	$\dot{\Pi} = 0;$	$\dot{k}_l > 0;$	$\dot{y}_k < 0$
Caso 3:	$\dot{\Pi} > 0;$	$\dot{k}_l > 0;$	$\dot{y}_k = 0$
Caso 4:	$\dot{\Pi} > 0;$	$\dot{k}_l > 0;$	$\dot{y}_k > 0$

El primero es un caso de cambio técnico puro desincorporado, ya que el incremento en la productividad se obtiene sobre la base de la misma cantidad y calidad del capital y el trabajo (K y L permanecen constantes). Por lo tanto, el origen del resultado positivo en la productividad debe rastrearse en formas de cambio técnico desincorporado o mejoras organizativas.

El segundo caso representa la “paradoja de la productividad”, a pesar del hecho de que se adopta una nueva tecnología más productiva (aumenta el grado de mecanización), la productividad no cambia porque la introducción de nuevas plantas y equipos no estuvieron acompañadas de los cambios organizativos adecuados. Estadísticamente esto se refleja en una disminución de la “productividad del capital”. Este ejemplo pone de relieve la distinción entre la elección de la técnica y el cambio de técnica: *ex ante* (antes de elegir la técnica) era rentable adoptar la nueva tecnología pero *ex post* (cuando el cambio ya se materializó), pero esta elección reveló que no fue exitosa.

El tercer caso se explica por sí mismo: el crecimiento de la productividad del trabajo resulta del cambio técnico incorporado, junto con una adaptación adecuada en la estructura organizativa de las empresas.

El cuarto caso no es claro, porque no podemos establecer si el aumento de la productividad del capital se debe enteramente a los cambios técnicos desincorporados o también al hecho de que la nueva técnica fue tan productiva, que conlleva un aumento en la relación

producción-capital. La observación empírica muestra que a largo plazo, la relación capital-trabajo sigue una firme tendencia creciente, mientras que la tendencia en la relación capital/producto es aproximadamente estacionaria (véase, por ejemplo, Reati, 1990). Esto confirma que, a la larga, la principal contribución al crecimiento de la productividad viene del cambio técnico incorporado y que la productividad del capital es esencialmente un indicador de cambios técnicos desincorporados.

VIII. Cálculo desagregado de productividad por actividad

La productividad media del trabajo en toda la economía (y), se define como el producto interno bruto (PIB) entre el total del empleo (L), según el método sugerido por Nordhaus (2001):

$$y_t \equiv \frac{PIB_t}{L_t} \equiv \frac{\sum_{i=1}^n PIB_{it}}{\sum_{i=1}^n L_{it}} \equiv \sum_{i=1}^n \frac{PIB_{it}}{L_{it}} \frac{L_{it}}{\sum_{i=1}^n L_{it}} \equiv \sum_{i=1}^n \frac{PIB_{it}}{L_{it}} \frac{L_{it}}{L_t} \quad (13)$$

Donde el subíndice t indica el tiempo, PIB_{it} es el valor agregado de la industria i , y L_{it} es el empleo en la industria i . Además: $PIB_t = \sum_{i=1}^n PIB_{it}$ y $L_t = \sum_{i=1}^n L_{it}$.

A partir de la identidad (12) podemos expresar la productividad media del trabajo en toda la economía como el promedio ponderado de las productividades de los sectores, donde los ponderadores son las participaciones de cada industria en el total de la fuerza de trabajo. Esto es:

$$y_t = \sum_{i=1}^n y_{it} l_{it} \quad (14)$$

Donde $y_{it} \equiv [\sum_{i=1}^n PIB_{it} / L_{it}]$ es la productividad del trabajo de cada industria y $l_{it} \equiv L_{it} / L_t$ es la participación de cada industria en el empleo total.

El nivel de productividad total del país depende de la productividad de cada industria, así como de la distribución del empleo; esto es, del grado en el cual la estructura productiva se inclina hacia los sectores de mayor o menor productividad.

Los valores absolutos de la productividad varían enormemente entre industrias y dependen de muchos factores.

La tasa de crecimiento de la productividad puede expresarse de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}\Delta y_t &= \sum_{i=1}^n y_{it} l_{it} - \sum_{i=1}^n y_{it-1} l_{it-1} \\ &= \sum_{i=1}^n y_{it} l_{it} - \sum_{i=1}^n y_{it-1} l_{it} + \sum_{i=1}^n y_{it-1} l_{it} - \sum_{i=1}^n y_{it-1} l_{it-1}\end{aligned}$$

o bien,

$$\Delta y_t = \sum_{i=1}^n l_{it} \Delta y_{it} + \sum_{i=1}^n y_{it-1} \Delta l_{it} \quad (15)$$

Dividiendo la ecuación anterior entre y_{t-1} , tenemos:

$$\frac{\Delta y_t}{y_{t-1}} = \sum_{i=1}^n l_{it} \frac{\Delta y_{it}}{y_{it-1}} \frac{y_{it-1}}{y_{t-1}} + \sum_{i=1}^n \frac{y_{it-1}}{y_{t-1}} \Delta l_{it} \quad (16)$$

Definiendo la productividad relativa como $R_{it} = y_{it}/y_t$, esto nos lleva a:

$$\frac{\Delta y_t}{y_{t-1}} = \sum_{i=1}^n l_{it} \frac{\Delta y_{it}}{y_{it-1}} R_{it-1} + \sum_{i=1}^n R_{it-1} \Delta l_{it} \quad (17)$$

Ahora definimos $\alpha_{it} \equiv l_{it} R_{it-1} = \frac{L_{it}}{L_t} \frac{y_{it-1}}{y_{t-1}} = \left(\frac{L_{it}}{L_t} \frac{PIB_{it-1} / L_{it-1}}{PIB_{t-1} / L_{t-1}} \right)$; para series de tiempo suaves

y para intervalos de tiempo no muy largos, podemos decir que $\alpha_{it} \approx PIB_{it}/PIB_t = v_{it}$. Donde, v_{it} es la participación del valor agregado de la industria i en el PIB nacional. Con esto se llega a:

$$\frac{\Delta y_t}{y_{t-1}} = \sum_{i=1}^n \alpha_{it} \frac{\Delta y_{it}}{y_{it-1}} + \sum_{i=1}^n R_{it-1} \Delta l_{it} \quad (18)$$

Finalmente, se suma y resta $\sum_{i=1}^n \alpha_{ik} \left(\frac{\Delta y_{it}}{y_{it-1}} \right)$ al lado derecho de la ecuación (17), donde k es el año base. Esto lleva a la ecuación final:

$$\frac{\Delta y_t}{y_{t-1}} = \sum_{i=1}^n \alpha_{ik} \frac{\Delta y_{it}}{y_{it-1}} + \sum_{i=1}^n (\alpha_{it} - \alpha_{ik}) \frac{\Delta y_{it}}{y_{it-1}} + \sum_{i=1}^n R_{it-1} \Delta l_{it} \quad (19)$$

Suponiendo que las series sean suaves y los intervalos de tiempo cortos, la ecuación (18) puede escribirse de la siguiente manera:

$$\frac{\Delta y_t}{y_{t-1}} = \sum_{i=1}^n v_{ik} \frac{\Delta y_{it}}{y_{it-1}} + \sum_{i=1}^n (v_{it} - v_{ik}) \frac{\Delta y_{it}}{y_{it-1}} + \sum_{i=1}^n R_{it-1} \Delta l_{it} \quad (20)$$

Los tres términos del lado derecho de la ecuación (19) representan tres efectos diferentes que influyen sobre el crecimiento de la productividad total del trabajo en la economía. A estos efectos Nordhaus los llamó de la siguiente forma:

Al primer término de la ecuación (19) lo llama el *efecto puro de productividad*. Este término es un promedio ponderado de las tasas de crecimiento de la productividad del trabajo de las diferentes industrias. Los ponderadores son las participaciones en el valor agregado de cada industria en el PIB nacional en cierto año k . Una forma de interpretar este efecto es diciendo que éste sería el crecimiento total en la productividad del trabajo, si no hubiera habido cambios en la composición de la producción en la economía.

Al segundo término lo denomina el *efecto Baumol*. Este captura la interacción entre las diferencias en las tasas de crecimiento de la productividad de las diferentes industrias y los cambios a través del tiempo en las participaciones en el valor agregado de cada industria en el PIB nacional. Este efecto fue destacado por William Baumol en su trabajo “Macroeconomics of Unbalanced Growth” (Baumol, 1967 y 1989), según el cual aquellas industrias que tienen una tasa de crecimiento relativamente muy baja se caracterizan también por tener una muy baja tasa de crecimiento de la productividad y viceversa.

Al tercer término lo denomina *efecto Denison*, y captura el efecto en los cambios en las participaciones, en el empleo sobre la productividad agregada. Este efecto es igual a la suma de los cambios en las participaciones en el empleo de las diferentes industrias, ponderadas por sus niveles relativos de productividad. Edward Denison, señaló que el movimiento de trabajadores desde industrias con bajos niveles de productividad, como la agricultura, hacia

actividades con altos niveles, como la industria, incrementan la productividad total de la economía aun si las tasas de crecimiento de la productividad en todas las actividades fueran las mismas (Denison, 1980 y 1989). El efecto Denison surge debido a diferencias en los niveles absolutos de productividad de las industrias; si fueran los mismos, no existiría este término ($R_{it} = 1, \forall i$ y $\Delta L_{it} = 0, \forall i$).

Si lo que entendemos como incrementos en la productividad de una industria es que ésta produce mayor cantidad de bienes con los mismos insumos, o la misma cantidad de bienes con menos insumos, entonces el efecto Denison debe restarse al nivel total de productividad para llegar a una medida real de eficiencia. La razón de esto puede explicarse con un ejemplo. Si ninguna industria en la economía registrara incrementos en productividad, al mismo tiempo que se presentaran traslados de la fuerza de trabajo desde un sector de baja relación capital-trabajo hacia otro de alta, por efecto de este movimiento se obtendrían incrementos en la productividad total de la economía, aun cuando no se hubiera dado ninguna mejora de eficiencia en sector alguno. Este incremento en la productividad sería espurio, por lo que para conocer si la eficiencia económica de un país efectivamente ha mejorado, el efecto Denison debe restarse.

XI. Conclusiones

Partimos de identificar la relación entre desarrollo económico y aumentos en la productividad. Luego analizamos el instrumento más utilizado para medir la productividad y encontramos fuertes fallas teóricas en su construcción y que, además, este instrumento no mide lo que dice medir, esto es, no mide el cambio tecnológico o “la medida de nuestra ignorancia”, sino los cambios en las remuneraciones en los factores.

También comentamos que los académicos que utilizan la PTF como medida de productividad conciben el avance tecnológico como algo determinístico y creen que añadiendo más y más variables, hasta que el residuo se vuelva cero, encontrarán los determinantes del cambio tecnológico. Su objetivo es considerar la tecnología como movimientos que explica la función de producción (dentro de la función) y como desplazamientos exógenos. Esto puede lograrse de forma econométrica, pero cuando encuentran el “santo grial” y el residuo se vuelve cero y, a partir de ahí, se quieren hacer recomendaciones, comienzan los problemas.

Después de esto, revaloramos la productividad del trabajo como medida de la productividad. Su formulación no requiere hacer ningún supuesto de función de producción, de la organización de los mercados o de la tecnología. Este instrumento sólo nos dice que la productividad del trabajo depende de la relación capital trabajo en la economía y de la productividad del capital, lo cual nos permite distinguir, en algunos casos, aumentos de la productividad motivados por cambios tecnológicos incorporados en el capital de cambios desincorporados, que tienen que ver con la organización de la corporación.

Establecida la superioridad de la productividad del trabajo sobre la PTF, procedimos a desagregar la productividad del trabajo por industrias (tan desagregada como haya información disponible) y de ahí dedujimos que la productividad total del trabajo en la economía está afectada por tres componentes. El efecto puro “productividad”, el efecto Baumol y el efecto Denison. El efecto puro de productividad es un promedio ponderado de las tasas de crecimiento de la productividad del trabajo de las diferentes industrias. Los ponderadores son las participaciones en el valor agregado de cada industria en el PIB nacional en cierto año. Una forma de interpretar este efecto es diciendo que éste sería el crecimiento total en la productividad del trabajo, si la composición de la producción en la economía no hubiera cambiado. El segundo efecto captura la interacción entre las diferencias en las tasas de crecimiento de la productividad de las industrias y los cambios a través del tiempo en las participaciones en el valor agregado de cada industria en el PIB nacional. De acuerdo con Baumol, aquellas industrias que tienen una tasa de crecimiento relativamente baja, también se caracterizan por tener una baja tasa de crecimiento de la productividad y viceversa. El tercer efecto captura los cambios en las participaciones, en el empleo sobre la productividad agregada. Denison señaló que el movimiento de trabajadores desde industrias con bajos niveles de productividad, como la agricultura, hacia actividades con altos niveles de productividad como el sector industrial, incrementa la productividad total de la economía aun si las tasas de crecimiento de la productividad en todas las actividades fueran las mismas. Si lo que entendemos como incrementos en la productividad de una industria o un país, es que ésta o éste producen mayor cantidad de bienes con los mismos insumos, o la misma cantidad de bienes con menos insumos, entonces el efecto Denison debe restarse del nivel total de productividad para llegar a una medida real de eficiencia. Si lo que queremos explicar

es el incremento o aumento de la productividad promedio de toda la economía, entonces debe incluirse, pero teniendo en cuenta el origen de ese incremento.

Referencias bibliográficas

- Baumol, W. J. (1967). "Macroeconomics of Unbalanced Growth: The anatomy of urban crisis". *The American Economic Review*, vol. 57, núm. 3.
- Baumol, W. J., Batey Blackman, S. A. y Wolff, E. N. (1989). "Productivity and American Leadership: the long view". MIT Press. Cambridge, Massachusetts.
- Binswanger, H. y Vernon R. (1978). *Induced Innovation: Technology, Institutions, and Development*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- "Cambridge Capital Controversy" (s/f). *International Encyclopedia of the Social Sciences*. <https://www.encyclopedia.com/social-sciences/applied-and-social-sciences-magazines/cambridge-capital-controversy>
- Denison E. F. (1962). "The Sources of Economic Growth in the United States and the Alternatives before us". *Supplementary Paper*, núm. 13. Nueva York: Committee on Economic Development.
- Denison E. F. (1967). *Why Growth Rates Differ: Postwar Experience in Nine Western Countries*. Washington D.C.: Brookings Institution.
- Denison E. F. (1980). *Accounting for Slower Economic Growth: The United States in the 1970s*. Washington D.C.: Brookings Institution.
- Denison, E. F. (1989). *Estimates of Productivity Change by Industry an Evaluation and an Alternative*. Washington: Brookings Institution.
- Griliches, Z. (1960). "Measuring Inputs in Agriculture: A Critical Survey". *Journal of Farm Economics*, núm. 42, pp. 1411-1427.
- Helpman, E. (2004). *The Mystery of Economic Growth*. Cambridge: Belknap Press.
- Jorgenson Dale W. y Griliches, Z. (1967). "The Explanation of Productivity Growth". *Review of Economic Studies*, núm. 34, pp. 249-283.
- Kendrick, J. W. (1961). *Productivity Trends in the United States*. Nueva York: NBER y Princeton: Princeton University Press.
- Kendrick, J. W. (1973). *Postwar Productivity Trends in the United States. 1948-1969*. Nueva York: NBR, Columbia University Press.
- Landes, D. S. (1999). *The Wealth and Poverty of Nations: Why Some are so Rich and Some so Poor*. Nueva York: Norton & Company, Inc.

- Nelson, R. (1996), *The Sources of Economic Growth*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- Nordhaus, W. D. (2001). “Alternative Methods for Measuring Productivity Growth” (documento de trabajo 8095). Cambridge, Mass., NBER.
- Reati, A. (1990). *Taux de profit et accumulation du capital dans l’onde longue de l’après-guerre. Le cas de l’industrie au Royaume-Uni, en France, en Italie et en Allemagne*. Bruselas, Editions de l’Universite de Bruxelles.
- Reati, A. (2001). “Total factor productivity, a misleading concept”. *BNL Quarterly Review*, núm. 218.
- Robinson, J. (1953). “The Production Function and the Theory of Capital”. *Review of Economic Studies*, 21.
- Roncaglia, A. (1973). “La riduzione di lavoro complesso a lavoro semplice”. *Note Economiche*, núm. 3, pp. 97-112.
- Scherer, F.M. (1999), *New Perspectives on Economic Growth and Technological Innovation*. Washington, D.C.: The Brookings Institution – BNAC.
- Shaikh, A. (1974). “Laws of Production and Laws of Algebra: The Humbug Production Function”. *Review of Economics and Statistics*, 56 (1), pp. 115-120.
- Smith, A. (1977) [1776]. *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. Chicago, Ill.: University of Chicago Press.
- Solow, R. M. (1957), “Technical change and the aggregate production function”. *The Review of Economics and Statistics*, vol. 39, núm. 3, pp. 312-320.
- Solow, R. M. (1970), *Growth Theory: An Exposition*. Oxford: Oxford University Press.
- Toynbee, A. (1884). *The Industrial Revolution*. Boston, Mass.: The Beacon Press.
- The Conference Board (marzo de 2018). Total Economy Database™ (base de datos). <https://www.conference-board.org/data/economydatabase/>
- “Total Factor Productivity does NOT measure what you think it does” (20 de enero de 2014). Naked Keynesianism. Hemlock for economic students (blog). <http://nakedkeynesianism.blogspot.com/2014/01/total-factor-productivity-does-not.html>