

PRODUCTIVIDAD E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA: UNA PERSPECTIVA MACROECONÓMICA

Herberth Solórzano

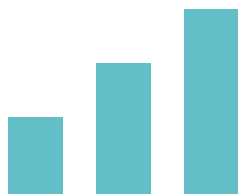
Doctor en Economía por Claremont Graduate University, Claremont, EE.UU. Profesor universitario y economista del Banco de Guatemala. Correo electrónico: hess@banguat.gob.gt

Juan Antonio Ibáñez

Magíster en Economía por University of Illinois, Urbana-Champaign, EE.UU. Profesor universitario y economista del Banco de Guatemala. Correo electrónico: jair@banguat.gob.gt

Fecha de recepción: 27/01/2016

Fecha de aceptación: 03/03/2016



Resumen

Entre 1956 y 1957 Robert Solow desarrolló un modelo económico y un método contable que relaciona la tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto -PIB- respecto al crecimiento del capital y del trabajo, asignando al componente no explicado (o residual), la categoría de crecimiento en la productividad total de los factores. La variación en la productividad estaría asociada a innovaciones tecnológicas, inversiones en capital humano y en investigación y desarrollo; y al cambio en el uso y administración de los recursos económicos, elementos que no estarían contenidos dentro del crecimiento del capital y del trabajo. El objetivo de este artículo es aplicar dicho modelo al caso de Guatemala para obtener una primera aproximación del comportamiento de dicha productividad en el país y, consecuentemente, de la innovación tecnológica, para un período de sesenta y cinco años.

Palabras claves: producto, crecimiento, productividad total de factores, innovación.

Abstract

Between 1956 and 1957 Robert Solow developed an economic model and an accounting method that relates the output growth to the rates of growth of capital and labor, assigning to the unexplained component (or residual) the name of total factor productivity. The variation in this productivity was associated with technological innovations, investments in human capital and research and development; and, changes in the use and management of economic resources, those that would not be contained within the growth rates of capital and labor. The aim of this paper is to apply this model to the case of Guatemala, using a sixty five years long data, as first approximation of the behavior of such productivity in the country and, consequently, of technological innovation.

Keywords: output, growth, total factor productivity, innovation

Introducción

Los economistas utilizan el concepto de Productividad Total de los Factores -PTF- para medir la eficacia conjunta de todos los factores que intervienen en la producción. Las variaciones de la PTF, que son independientes de las variaciones de los factores, representan el efecto conjunto de todas las innovaciones tecnológicas que aumentan la eficiencia de dichos factores. Cabe indicar, que para calcular la PTF de un país, es necesario conocer las fuentes del crecimiento económico del mismo, es decir, se debe estimar la contribución de los principales factores de la producción al crecimiento de la economía. Este método contable, desarrollado por Robert Solow (1956 y 1957), relaciona la tasa de crecimiento del PIB respecto al crecimiento del capital y del trabajo, asignando al componente no explicado (o residual), la categoría de crecimiento en la productividad total de los factores. La variación en la productividad estaría asociada a innovaciones tecnológicas, inversiones en capital humano y en investigación y desarrollo; y al cambio en el uso y administración de los recursos económicos, elementos que no estarían contenidos dentro del crecimiento del capital y del trabajo.

Para analizar lo anterior en el contexto guatemalteco, este artículo se organiza de la siguiente forma: en el primer capítulo se hace una breve revisión de la literatura con el propósito de familiarizar al lector con algunos conceptos y definiciones. En el segundo se describen las características básicas y los factores que han incidido en los cambios que ha registrado el crecimiento económico de Guatemala en los últimos sesenta y cinco años. En el tercero se desarrolla el enfoque metodológico que sirve de base para realizar un ejercicio de contabilidad del crecimiento económico con base en el modelo de Solow. Por último, se presentan algunas conclusiones.

1. Revisión de la literatura

Los economistas llevan muchos años midiendo la contribución de los factores productivos al crecimiento de la producción, para lo cual se ha desarrollado una metodología, llamada "contabilidad del crecimiento". Solow (1956 y 1957) hizo la primera aportación importante. La contabilidad del crecimiento se basa principalmente en la idea de que el crecimiento de la producción puede descomponerse o desagregarse en componentes que se identifican con el crecimiento de los factores y una tasa de crecimiento residual que no se atribuye al crecimiento de los factores. Por tanto, la contribución de todos los factores en su conjunto, es igual a una media ponderada de sus tasas de crecimiento, en la que la ponderación de cada factor es igual a su participación en el Producto Interno Bruto (PIB).

De acuerdo a Helpman (2004) y Easterly (2001), existen pruebas convincentes de que la productividad total de los factores (PTF) desempeña un importante papel en la explicación de las diferencias internacionales observadas entre los niveles de renta por trabajador y entre las pautas de crecimiento económico. Estos datos han llevado a los economistas a concluir que para comprender el crecimiento de los países, es necesario entender mejor las fuerzas que determinan la productividad total de los factores.

Al respecto, los economistas coinciden en que las innovaciones tecnológicas son un importante determinante de la PTF. Eso es lo que mantenía Solow y es también lo que pensaban tanto sus discípulos como sus críticos (Helpman, 2001). Destacan entre ellos Landes (1969), Rosenberg (1982) y Mokyr (1990). Ciertamente, el estudio de Solow de 1956 dio origen a un torrente de investigaciones durante la década de 1960, que extendieron y ampliaron su enfoque básico. Pero esta oleada se detuvo a principios de los años setenta. Y a pesar de algunas excepciones notables -como el modelo de Arrow, de aprendizaje por medio de la experiencia (1962); el modelo de Uzawa (1965), de las mejoras de la productividad impulsadas por el capital humano y; el modelo de Shell (1967), de la actividad dedicada a la invención- la teoría del crecimiento continuó siendo predominantemente una teoría del cambio tecnológico exógeno (Helpman, 2001).

Tras años de abandono, aparecieron con toda su fuerza en la década de 1980, dos artículos clave de Romer (1986) y Lucas (1988). Esta segunda oleada de la "nueva" teoría del crecimiento, ha puesto el énfasis en la innovación como fuente inmediata de crecimiento de la productividad. Romer formalizó un mecanismo que recoge estos efectos. De acuerdo a Helpman (2001), una novedad importante es su modelo de la relación entre la productividad de los recursos dedicados a la investigación y desarrollo y la inversión acumulada en ella. El modelo de Romer, a diferencia del modelo de Solow, predice una relación entre la asignación de los recursos y el crecimiento de la productividad.

2. La experiencia del crecimiento económico en Guatemala

En los años cincuenta, el crecimiento económico promedio en Guatemala se ubicó en alrededor de 3.8 %. Desde entonces y hasta la década de los setenta, la economía creció más rápido (entre 5. % y 5.8 % anual), pero con importantes fluctuaciones que reflejaron, principalmente, la crisis del petróleo de los años setenta. En la década de los ochenta el crecimiento del PIB cayó drásticamente y se ubicó en promedio en 0.7% anual, reflejo del efecto sobre la capacidad productiva del país, derivado de la crisis de deuda externa y del conflicto armado interno. Luego se inició un período de crecimiento acelerado, que se prolongó hasta finales de los años noventa, con una tasa de crecimiento del PIB, en promedio de 3.7 %. Posteriormente, en el período 2000-2011 se observó un crecimiento del PIB promedio de 3.3 %. A continuación, se detallan las tasas de crecimiento del PIB, PIB per cápita y de la población durante los períodos seleccionados:

Cuadro 1
Crecimiento Económico en Guatemala
Variaciones porcentuales promedio
1950-2015

Periodos	PIB (precios de 2001)	Población	PIB per cápita ¹ Δ real
1951-1959	3.8	2.8	1.0
1960-1969	5.0	2.7	2.3
1970-1979	5.8	2.6	3.2
1980-1989	0.7	2.4	-1.7
1990-1999	3.7	2.3	1.4
2000-2009	3.3	2.5	0.8
2010-2015	3.7	2.4	1.3
1951-2015	3.7	2.6	1.2
2001-2015	3.5	2.5	1.1

¹ Calculado como la relación entre el PIB a precios constantes en Quetzales y la población total.

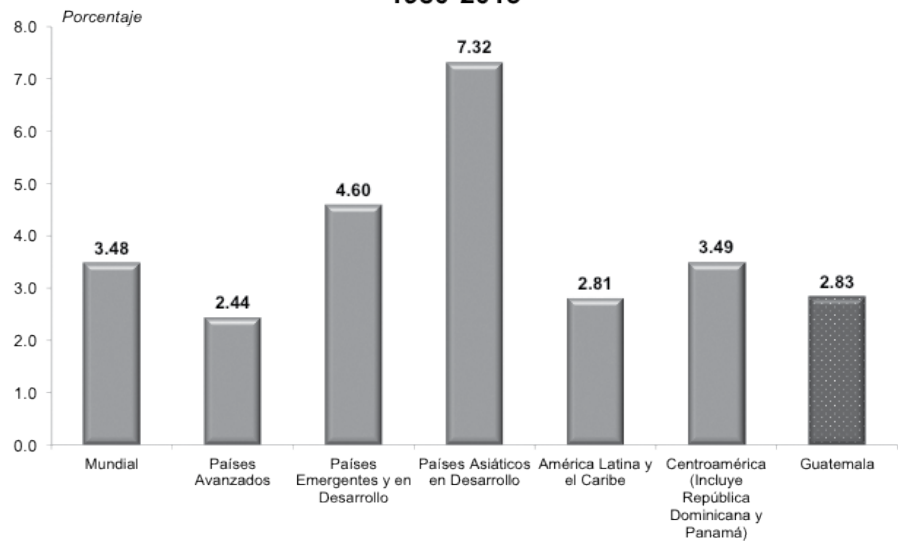
Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de Guatemala, Instituto Nacional de Estadística (INE) y del Fondo Monetario Internacional (FMI).

Una forma de resumir la tendencia en el crecimiento desde 1951 hasta la actualidad, es que la tasa de crecimiento del PIB en Guatemala se ha mantenido relativamente baja y constante (3.7 % en promedio). Asimismo, una de las características del PIB per cápita real de Guatemala, es que este registró una variación promedio de 1.1 % durante los últimos sesenta años, la cual es modesta y se explica fundamentalmente por los bajos niveles de crecimiento económico que se han observado, dado que la tasa de crecimiento de la población, aunque ha sido relativamente alta, se ha mantenido en promedio en 2.5 % durante las últimas décadas.

Ahora bien, ¿cómo interpretar una tasa de crecimiento económico de esa magnitud? Una forma de responder a esta pregunta es comparar la evolución que

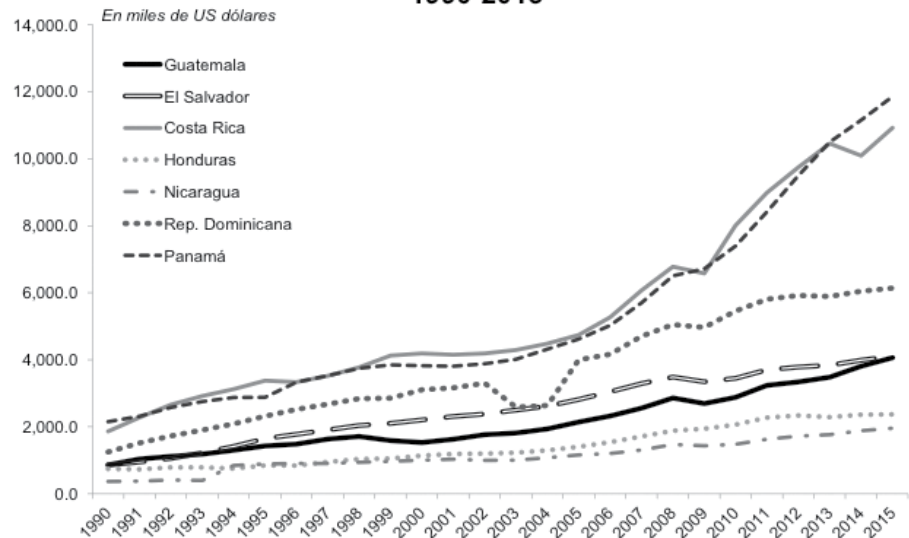
ha registrado el crecimiento del PIB y el PIB per cápita en Guatemala respecto de otros países. Por ejemplo, el PIB de Guatemala creció, en promedio, durante el período 1980-2015, por debajo de la media de otras regiones, particularmente de América Latina, de países de economías emergentes y en desarrollo y de países de Centroamérica. Como resultado del relativo bajo crecimiento económico de Guatemala, su nivel de producto per cápita se ha mantenido entre los más bajos de la región centroamericana.

GRÁFICA 1
TASA DE CRECIMIENTO DEL PIB POR REGIONES
1980-2015



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de Guatemala y del Fondo Monetario Internacional.

GRÁFICA 2
PAÍSES DE CENTROAMÉRICA: PIB PER CÁPITA
1990-2015



Fuente: Elaboración propia con datos del Fondo Monetario Internacional.

3. Las fuentes de crecimiento en Guatemala

3.1. Definición de la función de producción tipo Cobb-Douglas

En la literatura empírica sobre la estimación de funciones de producción se parte de una forma funcional de largo plazo del tipo "Cobb-Douglas" con retornos constantes a escala:

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

en donde: Y es el producto real, los coeficientes α y $(1-\alpha)$ representan la participación del capital K y del trabajo L en la generación del producto, y A la productividad total de los factores (PTF). Transformando las variables en logaritmos, en ambos lados de la ecuación, el modelo es linealizado y si se supone competencia perfecta, el coeficiente α y también representan las elasticidades del producto respecto a los insumos.

Debido a que la (PTF), es decir, el nivel de tecnología o productividad de la economía no puede ser obtenida directamente, Solow (1957) demostró que al utilizar los valores de la contribución de los factores sí es posible obtener estimaciones de la (PTF); este concepto es conocido como el "residuo de Solow".

En lo que respecta a los datos de los factores de la producción, la serie anual de la fuerza laboral está determinada por el 25 % de la población guatemalteca (con información obtenida del Instituto Nacional de Estadísticas -INE-), la cual está en línea con la metodología sugerida por Loening (2003). Es decir, la población crece de acuerdo a su propia inercia y parte de dicha población se incorpora al mercado de trabajo.

Para estimar la serie del stock de capital de Guatemala, se toma como base la serie anual de la formación bruta de capital fijo estimada por el Banco de Guatemala. Consecuentemente, el stock de capital se construyó asumiendo inventarios perpetuos, por tanto:

$$K_t = (1-\delta)K_{t-1} + I_t$$

en donde: el *stock* de capital de cada periodo K_t es estimado por el *stock* del período anterior (K_{t-1}) neto de depreciación, más los flujos de la nueva inversión (I_t). Similar al valor utilizado en estudios previos, como Bailén (2001) y Loening (2003), a la tasa de depreciación (δ) se le asigna un valor de 0.08.

Para estimar el capital inicial de la serie, se tomó en consideración la formación bruta de capital y a partir de la ecuación de inventarios perpetuos, se deriva:

$$\frac{K_{t+1}}{Y_{t+1}} = \frac{(1-\delta)}{(1+g_t)} \frac{K_t}{Y_t} + \frac{I_t}{(1+g_t)Y_t}$$

en donde: Y es el producto y g su tasa de crecimiento. Suponiendo que la relación de inversión-producto se mantiene constante por un período suficientemente largo, se obtiene la siguiente expresión:

$$\frac{K}{Y} = \left[\frac{1}{(\delta+g)} \right] \frac{I}{Y}$$

Definiendo el año 1950 como el año cero, se calculó la razón promedio ($\overline{I/Y}$) de para el período 1950-2015:

$$K_o = Y_o \left[\frac{1}{(\delta+g)} \right] (\overline{I/Y})$$

Con el propósito de obtener los coeficientes α y $(1-\alpha)$ consignados en (1), se estimó la siguiente regresión:

$$\ln PIB_t = \beta_o + \alpha \ln k_t + (1 - \alpha) \ln L_t$$

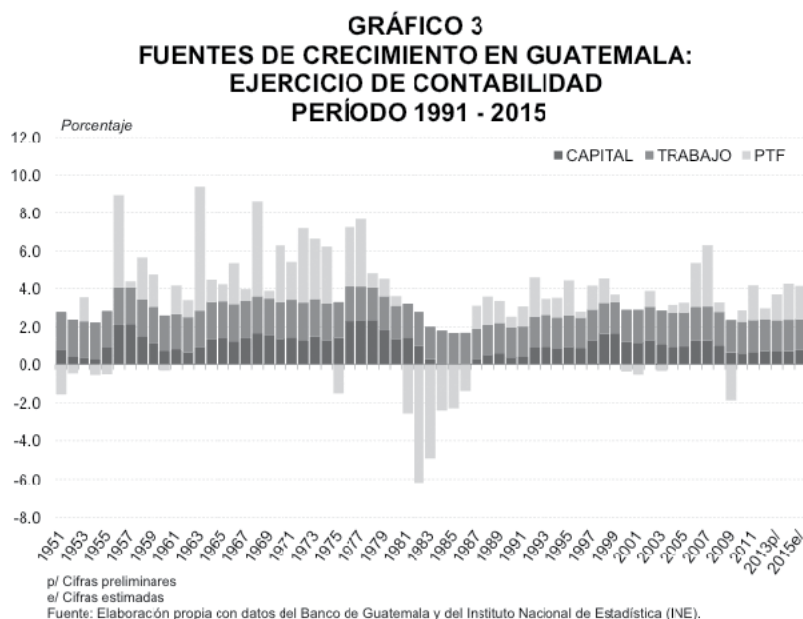
En línea con Bailén (2001), el coeficiente del capital es de $\alpha = 0.30$ y del trabajo es de $(1 - \alpha) = 0.70$, lo cual indica que la función de producción agregada del país es intensiva en trabajo. El modelo es linealizado realizando una transformación logarítmica de las variables en ambos lados de la ecuación y aplicando los coeficientes que representan las elasticidades del producto con respecto a los insumos.

Luego de construir las series anuales de los factores de capital y trabajo, se procedió a calcular la PTF a partir del residuo de Solow, es decir como la parte del producto no explicada por los factores K y L . Debido a que la productividad de los factores no puede ser obtenida directamente (Solow, 1957), se procedió a utilizar los valores de la contribución de los factores trabajo y capital para obtener las estimaciones de la PTF, mediante la diferencia entre el logaritmo del PIB y la suma de los logaritmos de los factores, ponderados por los respectivos coeficientes:

$$\ln PTF_t = \ln PIB_t - (0.7 \ln L_t + 0.3 \ln k_t)$$

3.2 Evidencia histórica de la contabilidad del crecimiento económico

Como puede observarse en la Gráfica 3, la tasa de crecimiento del factor trabajo se ha mantenido relativamente estable en un rango entre 2.3 % y 2.8 %; sin embargo, el factor capital ha registrado variaciones importantes durante el período analizado, destacando la fuerte disminución que tuvo durante la década de los ochenta. Posteriormente, luego de una recuperación en la década de los noventa, la variación del capital observó una tendencia negativa que duró hasta el período de la reciente crisis económica global (2008-2009).



Es evidente que la PTF ha registrado fluctuaciones importantes durante los últimos sesenta y cinco años. Cabe destacar que, al igual que el factor capital, la PTF disminuyó considerablemente durante la primera mitad de la década de los ochenta, influenciada, como se indicó, por la crisis de la deuda externa y el conflicto armado interno. Adicionalmente, sobresale la variación negativa que este factor registró en 2009 y que estuvo asociada a la reciente crisis financiera global. A partir de ese año, la PTF ha mostrado una leve recuperación, aunque no ha recuperado los niveles observados previos a la crisis.

Por su parte, el Cuadro 2 muestra la contribución de cada uno de los factores de la producción al crecimiento económico de Guatemala. La descomposición de Solow aplicada al crecimiento de los últimos sesenta y cinco años en Guatemala indica que el trabajo es el principal factor que ha contribuido al crecimiento del PIB de Guatemala y, en menor medida, el capital y la PTF. De acuerdo a lo anterior, la fuerza laboral es el factor que, fundamentalmente, explica el crecimiento económico en Guatemala; sin embargo, las variaciones del residuo de Solow han sido determinantes para explicar aquellos episodios en los cuales el crecimiento

económico ha sido superior al promedio (como en las décadas de los sesenta y setenta); en tanto que, la contribución del capital se ha mantenido relativamente baja. Como es evidente, el capital físico en Guatemala no ha jugado un papel importante en el proceso de crecimiento económico, lo cual es resultado del bajo nivel de inversión que, en promedio, es inferior a la de la mayoría de países de América Latina.

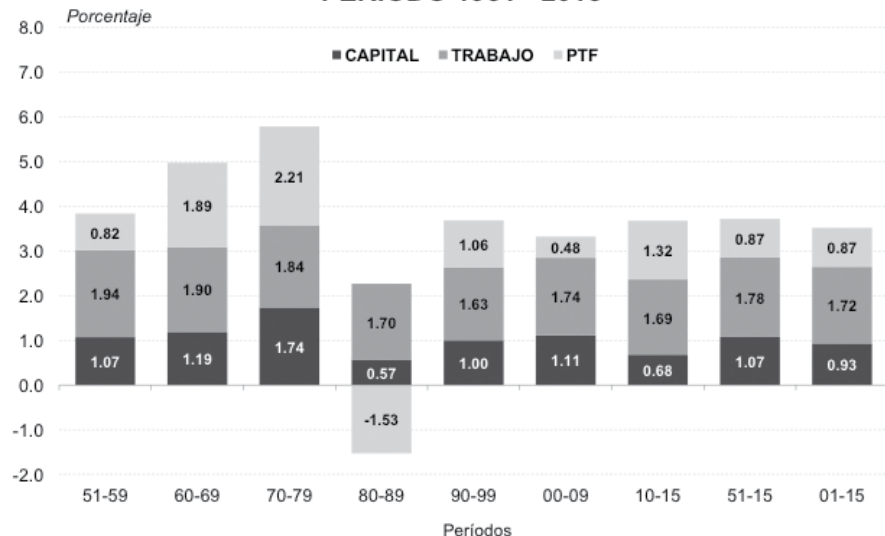
Cuadro 2
La contabilidad del crecimiento económico en Guatemala
Variaciones porcentuales promedio
1950-2015

Periodos	Δ PIB (1) = (2) + (3) + (4)	$\alpha \Delta$ Capital (2)	$(1-\alpha) \Delta$ Trabajo (3)	Δ PTF (4)
1951-1959	3.84	1.07	1.94	0.82
1960-1969	4.98	1.19	1.90	1.89
1970-1979	5.79	1.74	1.84	2.21
1980-1989	0.73	0.57	1.70	-1.53
1990-1999	3.69	1.00	1.63	1.06
2000-2009	3.32	1.11	1.74	0.48
2010-2015	3.68	0.68	1.69	1.32
1951-2015	3.72	1.07	1.78	0.87
2001-2015	3.52	0.93	1.72	0.87

Nota: Se asume que el PIB es una función Cobb-Douglas del capital y del trabajo (con las propiedades neoclásicas convencionales) y que la elasticidad del producto al capital α es 0.30.

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de Guatemala e Instituto Nacional de Estadística (INE).

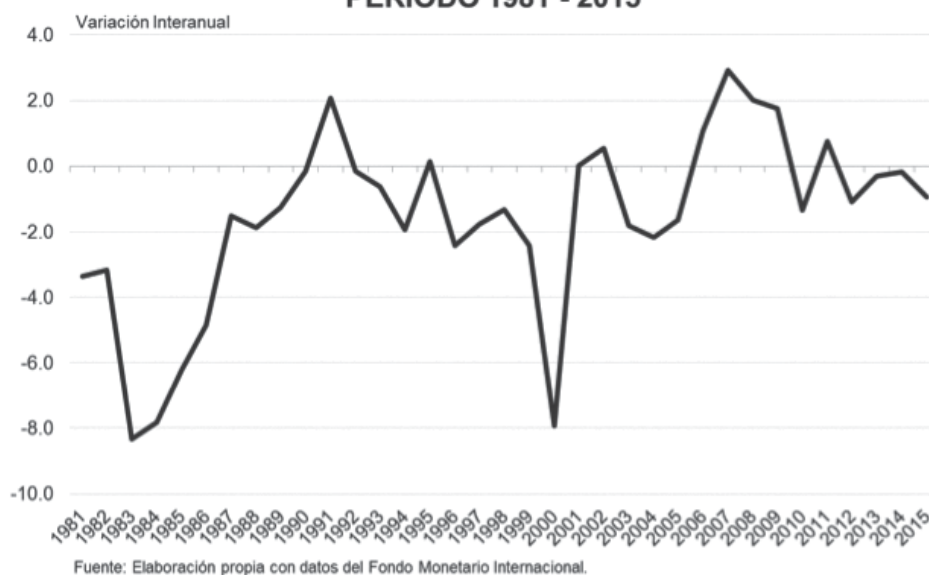
GRÁFICO 4
GUATEMALA: EJERCICIO DE CONTABILIDAD DEL CRECIMIENTO
PERÍODO 1951 - 2015



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de Guatemala y del Instituto Nacional de Estadística (INE).

Como un ejercicio de robustez, se construyó un indicador de productividad generalmente aceptado en la literatura económica (variable aproximativa). Dicho indicador se obtiene por medio de la razón del PIB per cápita de Guatemala y el PIB per cápita de los Estados Unidos de América. Los resultados obtenidos con este indicador son similares a los obtenidos por medio del ejercicio de contabilidad del crecimiento. Ciertamente, este indicador también muestra una fuerte caída a principios de la década de los ochenta y a comienzos de la década de los dos mil. Posteriormente, muestra una moderada recuperación, aunque con una recaída durante la crisis económica y financiera global de 2008-2009.

GRÁFICO 5
PRODUCTIVIDAD: PIB PER CÁPITA REAL DE GUATEMALA
RESPECTO AL DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA
PERÍODO 1981 - 2015



Considerando lo anterior, y en línea con Larraín (2004), existen dos posibles factores que pudieran explicar el comportamiento de la productividad en Guatemala: a) un factor ligado a la eficiencia en el uso de los factores de producción; es decir, factores estructurales tales como distorsiones comerciales e impositivas, además de ciclos asociados a los términos de intercambio y a flujos de capitales que impiden la utilización eficiente de los factores y; b) otro factor que estaría ligado a la innovación, es decir, a la adopción y creación de nuevas tecnologías para nuevas formas de producción. Para el caso de Guatemala, que es un país con bajo grado de desarrollo tecnológico, podría pensarse que la baja productividad se asocia más al grado de innovación de nuevas tecnologías.

Conclusiones

La descomposición de Solow aplicada al crecimiento de los últimos sesenta y cinco años en Guatemala indica que el trabajo es el principal factor que ha contribuido al crecimiento del PIB de Guatemala y, en menor medida, el capital y la PTF. En efecto, la tasa de crecimiento del PIB en el período 1951-2015 fue 3.7 % en promedio, siendo la contribución del factor trabajo 2.04 %, de la productividad total de factores 0.93 % y del factor capital 0.74 %.

Dichos resultados obedecen a que la tasa de crecimiento del factor trabajo se ha mantenido relativamente estable en el período analizado (entre 2.3 % y 2.8 %); en tanto que, en dicho período el factor capital ha registrado variaciones importantes, destacando la fuerte disminución que tuvo durante la década de los ochenta. Por su parte, al igual que el factor capital, la PTF disminuyó considerablemente durante la primera mitad de la década de los ochenta, influenciada, como se indicó, por la crisis de la deuda externa y el conflicto armado interno; adicionalmente, sobresale la variación negativa que este factor registró en 2009 y que estuvo asociada a la reciente crisis financiera global; a partir de ese año, la PTF ha mostrado una leve recuperación, aunque no ha alcanzado los niveles observados previos a la crisis.

Si bien no existen datos explícitos para Guatemala que permitan modelar la innovación directamente, los resultados de la PTF obtenidos en este estudio ofrecen una primera aproximación de su comportamiento durante los últimos años. Claramente, Guatemala registra una tasa de productividad baja, reflejo de una débil inversión en innovaciones tecnológicas, investigación y desarrollo, entre otros factores.

Al respecto, es importante recordar lo que señalaba Kuznets (1955): independientemente de cuál sea la procedencia de las innovaciones tecnológicas y sociales, es evidente que el crecimiento económico de Guatemala dependerá de que estas se adopten. Este acervo de conocimientos y de innovaciones tiene un carácter urgente y el crecimiento económico moderno del país depende de él.

Referencias

- Arrow, K. (1962). The economic implications of learning by doing. En *Review of Economic Studies*. vol. 29. pp. 155-173.
- Bailén, J. (2001). *Economic growth in Guatemala. Apéndice I de revisión del artículo IV para Guatemala*. Fondo Monetario Internacional.
- Cobb, Ch. y Douglas, P. (1928). A theory of production. En *American Economic Review*. vol. 18. pp. 139-165.
- Easterly, W. (2001). *En busca del crecimiento económico*. Barcelona: Antoni Bosch Editor.
- Helpman, E. (2004). *El misterio del crecimiento económico*. Barcelona: Antoni Bosch Editor.
- Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. En *American Economic Review*. vol.45. pp.1-28.
- Landes, D. (1969). *The unbound prometheus*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Larraín, F. (2004). *Guatemala: Los desafíos del crecimiento. Serie de estudios económicos y sectoriales*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Loening, L. (2003). *Human capital, productivity and economic growth in Guatemala*. Ibero-America Institute for Economic Research, University of Goettingen, Mimeo. (Preliminary draft).
- Lucas, R. (Jr.). (1988). On the mechanics of economic development. En *Journal of Monetary Economics*. vol. 22. pp.3-42.
- Mokyr, J. (1990). *The lever of riches*. Nueva York: Oxford University Press.
- Romer, P. (1986). Increasing returns and long-run growth. En *Journal of Political Economy*. vol. 94. pp.1.002-1.037.
- Rosenberg, N. (1982). *Inside the black box*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Shell, Karl. (1967). A model of inventive activity and capital accumulation. En Karl Shell: *Essays on the theory of optimal economic growth*. Cambridge: MIT Press.
- Solow, R. (1957) Technological change and the aggregate production function. En *The Review of Economics and Statistics*. vol. 39.
- _____. (1956) A contribution of the theory of economic growth. En *Quarterly Journal of Economics*. vol. 70.
- Uzawa, H. (1965). Optimum technical change in an aggregative model of economic growth. En *International Economic Review*. vol. 6. pp. 18-31.