



## **EFFECTO DE LA INNOVACIÓN SOBRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO DE MÉXICO: ANÁLISIS EMPÍRICO CON EL MODELO DE CRECIMIENTO ENDÓGENO DE ROMER**

## **EFFECT OF INNOVATION ON MEXICO'S ECONOMIC GROWTH: EMPIRICAL ANALYSIS WITH ROMER'S ENDOGENOUS GROWTH MODEL**

**María Francisca Peñaloza Talavera<sup>✉1</sup> y Jaime Apolinar  
Martínez Arroyo<sup>1</sup>.**

---

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo<sup>1</sup>

---

México

Recibido el de 31 de Marzo 2020; Aceptado el 26 de Mayo de 2020; Disponible en Internet el 15 de Junio de 2020.

E-mail de Correspondencia: [mfpنالozat@gmail.com](mailto:mfpنالozat@gmail.com)  
© Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (México)  
Vol. 5, N° 9. Pág. 1-11. ISSN: 2448-6051

Av. Gral. Francisco J. Múgica S/N  
Edificio AII C.P. 58030  
Ciudad Universitaria  
Morelia, Michoacán, México.  
Tel. y Fax (443) 3-16-74-11  
Email: [rfcca@umich.mx](mailto:rfcca@umich.mx)  
Web: <http://rfcca.umich.mx>

## Resumen

Este trabajo analiza el papel que tiene la innovación en la dinámica del crecimiento económico en México durante el periodo 1994 – 2017. Para tal propósito, se utiliza el modelo de crecimiento endógeno de Romer (1990), el cual plantea que la innovación (A), resultado del cambio técnico, es una variable que incide en el crecimiento del Producto Interno Bruto (Y[PIB]) de un país. Además de la innovación (stock de conocimiento), medida a través de las patentes (pat) y las exportaciones de productos tecnológicos (tech[XBAT]), el modelo considera a la inversión fija, medida por la Formación Bruta de Capital Fijo (K[FBKF]) y al Capital Humano (H) otras dos variables importantes para el crecimiento del producto. Para el análisis de las variables se emplean series de tiempo a través de la técnica Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS). El resultado de las estimaciones indica que existe una relación positiva y significativa entre la innovación y el crecimiento económico de México.

**Palabras Clave:** PIB, Innovación, Capital humano, FBKF.

## Abstract

This paper analyzes the role that innovation plays in the dynamics of economic growth in Mexico during the period 1994 - 2017. For this purpose, Romer's endogenous growth model (1990) is used, which postulates that innovation (A), result of technical change, is a variable that affects the growth of the Gross Domestic Product (Y[GDP]) of a country. In addition to innovation (knowledge stock), measured through patents (pat) and high technology exports (tech[HTX]), the model considers investment, measured by Gross Fixed Capital Formation (K[GFCF]) and Human Capital (H) other important variables for product growth. For the analysis of variables time series is used with OLS technique. The result of estimates shows a positive and significant relationship between innovation and economic growth in Mexico.

**Keywords:** GDP, Innovation, Human capital, GFCF.

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico es la base del desarrollo económico y social de las naciones. Su importancia radica no sólo en la riqueza macroeconómica que representa para un país, sino también en el hecho de que es el fundamento a partir del cual se pueden generar procesos para mejorar la calidad y condiciones de vida de la población (Boisier, 2010; Vázquez Barquero, 2005). Pese a su importancia, esta variable, medida a través del Producto Interno Bruto (PIB), se ha estancado en México, presentando incrementos anuales alrededor del 2% y perspectivas a futuro no alentadoras. De acuerdo con analistas del Banco de México (Banxico) y otras instituciones financieras, las expectativas de crecimiento de la economía mexicana no superan el 2% para el año 2019 y 2020 (García, 2019; INEGI).

El lento crecimiento del PIB en México se constituye un problema debido a que no ha sido suficiente para impulsar al país hacia el desarrollo y alcanzar un nivel que posibilite una mejor distribución de la riqueza en la sociedad. La reducida creación de riqueza nacional tiene un marcado efecto negativo en los niveles de bienestar social, ya que al ser la base del desarrollo, reduce la capacidad del Estado para promover más y mejores condiciones de vida en la población (Vázquez Barquero, 2005; Velázquez & Salgado, 2016). Un factor clave para acelerar el crecimiento económico, y por ende, impulsar el desarrollo social es la innovación. Sus efectos potencializan las capacidades humanas y de trabajo entre diversos agentes, acelerando el crecimiento y desarrollo de los países.

A nivel macroeconómico, la importancia de la innovación se ha hecho patente en las transformaciones de las economías y las sociedades, ya que es factor que no sólo acelera el crecimiento económico, sino también la competitividad internacional, la sustentabilidad ambiental y las mejoras en el bienestar de una nación (Nelson & Winter, 1982; Schumpeter, 1934). A nivel microeconómico, la innovación también se considera la base del crecimiento de las organizaciones, ya que es fundamental para el crecimiento y mejora de una amplia variedad de inventos, cambios en las organizaciones, derramas tecnológicas, difusión del conocimiento y generación de capacidades empresariales, elementos que impactan de forma positiva y continua en la competitividad y el bienestar social (Avendaño & William, 2012; Giraldo & Otero, 2017).

Para que las innovaciones se desarrollen, es necesario que exista un stock de conocimientos originados y reproducidos en el sector de la Investigación y Desarrollo (I&D), a partir del cual se producen cambios técnicos que pueden ser aplicados en los sectores productivos de bienes finales e intermedios. Por ese motivo se puede decir que la suma de conocimientos en una nación es un factor que produce transformaciones profundas en las sociedades y economías del mundo (Alegre, 2004; Nelson & Winter, 1982).

Las economías que han desarrollado capacidades para producir y utilizar el conocimiento existente, cuentan con muchas ventajas tecnológicas e industriales para crear diseños, fabricar nuevas herramientas y dispositivos, comercializar bienes, prestar servicios y, en general, producir cambios técnicos que incidan positivamente en el crecimiento económico y desarrollo social de la nación. Por otro lado, las economías que no desarrollan, adoptan y utilizan los conocimientos que emergen del sector de I&D, tienen una fuerte dependencia del exterior, como consecuencia presentan altos costos en la transferencia e importación de bienes y servicios tecnológicos y una incorporación tardía al avance de los cambios mundiales que la globalización plantea (Guadarrama, 2018).

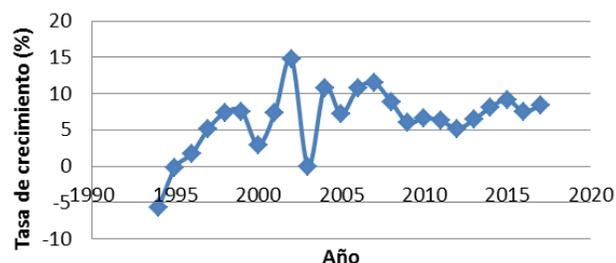
En el caso de México, la innovación (cambio técnico) no ha adquirido la importancia que merece como elemento que impulsa el crecimiento económico. Evidencia de ello es el gasto en I&D que se realiza en el país. De acuerdo con datos del Banco Mundial, durante los últimos 20 años el país ha invertido anualmente alrededor del 0.5% del PIB en ciencia y tecnología, en otras palabras, ha destinado en promedio 50 centavos de dólar por cada 100 a actividades de Investigación y Desarrollo cada año (World Bank Group). Con estas cifras, México es comparable a países como Qatar, Tanzania, Botswana, Tailandia y Senegal, todos ellos caracterizados por el subdesarrollo, bajos ingresos, pobreza y tasas de crecimiento bajas e inestables (UNESCO). Entonces la importancia de la innovación en el crecimiento económico es innegable.

El estudio de la innovación como palanca económica de un país se puede abordar desde diversos modelos y perspectivas teóricas. En este trabajo se utiliza la teoría del crecimiento endógeno de Romer (1990) para estudiar la incidencia que tiene la innovación en el desempeño económico de México. Cabe señalar que, el modelo de Romer, considera a la innovación una variable clave para la producción nacional pero también incluye dentro de sus variables a la inversión

y el capital humano, por su relación con la actividad innovadora y su efecto en el crecimiento. Sobre esta base, a continuación se analiza la situación en la que se encuentran las variables señaladas en México y el indicador a través del cual se ha de medir.

**Inversión.** El indicador empleado para medir esta variable es la formación bruta de capital fijo (FBKF), misma que, de acuerdo con el Banco Mundial, presenta tasas de crecimiento positivas e incluye los mejoramientos de terrenos, las adquisiciones de planta, maquinaria y equipo, y la construcción de carreteras, ferrocarriles y obras afines, incluidas las escuelas, oficinas, hospitales, viviendas residenciales privadas, y los edificios comerciales e industriales (World Bank Group). El efecto de la FBKF en el PIB, ya ha sido ampliamente estudiado en la literatura, sin embargo, se considera en este trabajo, dada su importancia en el modelo de Romer (1990).

**Gráfica 1. Tasa de Crecimiento Anual de Integrantes del SNI, 1994-2017**



Fuente: Elaboración propia con datos de CONACYT

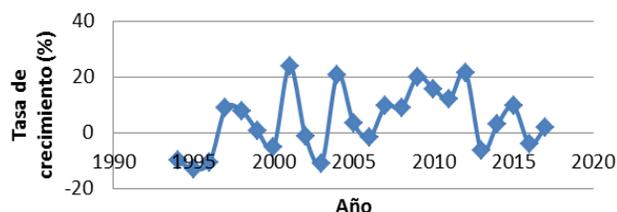
**Capital humano.** Esta variable se define como el número de profesionales que se dedican al diseño o a la producción de nuevos conocimientos, productos, procesos, métodos o sistemas y a la gestión de los proyectos correspondientes respecto al total de la población (World Bank Group). En esta investigación, el indicador empleado para medir esta variable es el número de investigadores adscritos al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) (CONACYT). La tasa de crecimiento en este indicador durante el periodo 1994 – 2017 se muestra en el Gráfico 1, en donde se puede percibir que el crecimiento en el número de investigadores SNI no ha superado el 10% anual.

**Innovación.** Esta variable se define como la introducción de un nuevo o mejorado producto, proceso, método de comercialización u organizativo al mercado (OECD/European Communities, 2005).

Para medir esta variable, se emplean dos indicadores, las patentes y las exportaciones de productos tecnológicos (XBAT).

Primeramente, las patentes se emplean como indicador de la innovación dado que son resultado del uso y producción de conocimiento, motivo por el cual Porter y Stern (2000) señalan que a través de las patentes que se generan en una región, es posible estimar su grado de innovación. Dado que la información sobre patentes es gratuita y pública, estas han sido empleadas como indicadores de innovación en diversos estudios empíricos naciones (Solow R. , 1957; Romer, 1990; Grossman & Helpman, 1991; Abramovitz, 1956). La situación de este indicador en México no es alentadora, como se puede observar en el Gráfico 2, su tasa de crecimiento durante el periodo 1994 – 2017 muestra un evidente rezago dada la mínima cantidad de actividades de innovación (World Bank Group; World Bank Group).

**Gráfica 2. Tasa de Crecimiento Anual en la Cantidad de Patentes Solicitadas por Residentes Mexicanos**



Fuente: Elaboración propia con datos del World Bank Group

El segundo indicador empleado para medir la innovación son las XBAT, definidas como productos altamente intensivos en investigación y desarrollo, tal es el caso de los bienes de la industria aeroespacial, informática, farmacéutica, de instrumentos científicos y de maquinaria eléctrica. Al ser productos intensivos en I&D, las XBAT son un indicador clave para medir la innovación en el país (Porter & Stern, 2000). La situación de este indicador en México no es favorable, ya que presenta una tendencia a la baja, lo que evidencia la falta de esfuerzos en I&D para la producción de bienes con alto contenido tecnológico (World Bank Group).

Las tres variables señaladas son vitales para el estudio del crecimiento económico desde una perspectiva endógena. Sin embargo, como ya se señaló, dentro del modelo de crecimiento endógeno de Romer (1990) se puede destacar el papel superior que juega la

innovación dentro de la dinámica de crecimiento de un país, motivo por el cual, esta investigación se plantea la siguiente pregunta central: ¿En qué medida incide la innovación en el crecimiento económico de México? A partir de la pregunta señalada, este trabajo tiene como objetivo general explicar la medida en que la innovación incide en el crecimiento económico del país.

A partir de la pregunta y el objetivo general, este trabajo se plantea la siguiente hipótesis de investigación: la innovación tiene un efecto positivo y significativo sobre el crecimiento económico de México. A fin de comprobar la hipótesis, este trabajo se compone por cinco apartados, siendo esta introducción el primero de ellos. En la segunda sección del trabajo, se esboza, de forma breve, el marco teórico que sustenta este estudio, abordando la teoría del crecimiento económico en términos generales para aterrizar al desarrollo matemático del modelo que se emplea en la investigación. Posteriormente, en el tercer apartado, se presenta la metodología que se sigue para llevar a la práctica este estudio. Los resultados del trabajo se exponen en la cuarta sección, en donde se muestran las estimaciones de la ecuación tradicional y de las ecuaciones modificadas. Y, finalmente, se desarrollan las conclusiones del estudio.

## MARCO TEÓRICO

El crecimiento económico como disciplina académica ha permanecido en el corazón de la ciencia económica desde sus inicios. Encontrar la respuesta a preguntas como por qué crecen las naciones, por qué tienen considerables diferencias en sus tasas de crecimiento económico anuales y cuáles son los factores que fomentan dicho crecimiento, ha sido una labor apremiante para gran parte de los economistas a lo largo de la historia. Como ejemplo principal de ello se puede citar el notable interés de Adam Smith, padre de la economía, en este tema, ya que preguntas como las señaladas motivaron a este economista clásico a indagar, investigar y escribir su investigación sobre la naturaleza y causa de la riqueza de las naciones en 1776 (Smith, 2011).

A partir de la investigación de Smith sobre el origen y los factores productivos que intervienen en la formación de la riqueza de las naciones, se generaron una amplia cantidad de estudios sobre el tema, sin embargo fue hasta mediados del siglo XX cuando finalmente se desarrollan los primeros modelos formales de crecimiento económico. Ejemplos de ello

son los trabajos de F. Harrod (1939), E. Domar (1946), y, principalmente de Robert Solow (1956) con su modelo neoclásico de crecimiento económico. En general, los modelos neoclásicos de crecimiento se basan en supuestos similares y presentan resultados muy semejantes como lo es la conclusión de que en el largo plazo el crecimiento del producto tiende a caer en un estado estacionario, asimismo, señalan que la tecnología es un factor de crecimiento importante pero se considera una variable exógena a los modelos.

Los resultados a los que arribaron los modelos neoclásicos demostraron sus limitaciones explicativas a la economía real. Por ese motivo, emergieron teorías alternativas de crecimiento económico, una de ellas es la nueva teoría del crecimiento económico (EGT por sus siglas en inglés), más conocida como teoría del crecimiento endógeno. La nueva teoría del crecimiento endógeno está representada principalmente por los trabajos de Paul Romer (1986 y 1990), Robert Lucas (1988), Robert Barro (1990) y Sergio Rebelo (1991), economistas que retomaron los planteamientos de diversos autores esbozados entre las décadas de los cuarenta y setenta, tal es el caso de los trabajos de “Kaldor (1944, 1966), Nelson y Winter (1959), Salter (1960), Arrow (1962), Schmookler (1962), Uzawa (1965), Shell (1966), Mirrlees (1967) y Sheshinski (1967)” (Jiménez, 2010).

La EGT emerge a partir del abandono de algunos supuestos fundamentales del modelo neoclásico y se sustenta principalmente en la endogeneidad, es decir, en el crecimiento económico desde dentro del sistema. Esta nueva teoría estudia otros factores adicionales a los clásicos (tierra, capital y trabajo) como estimulantes del crecimiento económico, tal es el caso del progreso técnico, la acumulación de capital humano, de conocimiento y de aprendizaje, la Investigación y Desarrollo (I&D), las instituciones y la política económica. Dichos factores son la base de los nuevos modelos de la corriente de crecimiento endógeno, entre los que destacan los siguientes: modelo lineal de crecimiento endógeno (modelo AK) de Rebelo (1991), modelo de Barro (1990), modelo de Marvin Frankel (1962) y modelo de crecimiento endógeno de Romer (1990), este último es la base del estudio empírico en esta investigación.

El modelo de crecimiento económico planteado por Paul Romer en su trabajo titulado *Endogenous technical change*, publicado en 1990, considera que el cambio técnico es el principal determinante del crecimiento y es resultado directo de las decisiones de inversión de los agentes maximizadores de beneficios. El modelo de Romer (1990), se fundamenta en tres premisas. La primera de ellas es que el cambio técnico,

definido como las instrucciones para combinar los insumos en la producción, es la base del crecimiento económico en las naciones.

En la segunda premisa se plantea que el cambio tecnológico surge como resultado de la acción intencional tomada por agentes económicos como respuesta directa a los incentivos de mercado; en ese sentido, el cambio tecnológico resulta ser una variable endógena en el sistema económico del país. Y, la tercera premisa señala que la tecnología, entendida como las instrucciones para trabajar con los factores productivos, es un bien sustancialmente distinto a cualquier otro; la diferencia principal es que su producción requiere de un costo fijo, y una vez creada, el costo de usarla continuamente para crear otros bienes es nulo.

De acuerdo con lo anterior, el modelo considera que el crecimiento es resultado de la acumulación de un factor no rival, la tecnología, producto de la inversión en procesos de cambio técnico que realizan los agentes maximizadores de beneficios, lo que la convierte en un bien excluible. Además, el modelo se desenvuelve en un contexto de competencia monopolística, en donde el crecimiento en el tamaño del mercado, estimula la investigación y origina un crecimiento mucho más rápido del mercado, el cual tiene incidencia directa sobre el nivel de ingresos, el bienestar y, principalmente, la tasa de crecimiento económico. Adicionalmente, el modelo de Romer (1990) supone que en la economía existen tres sectores. El sector de Investigación y Desarrollo (I&D), en donde se emplea el stock de conocimiento existente para producir nuevo conocimiento, que es expresado en la elaboración de nuevos diseños de bienes de capital. El sector de bienes intermedios, en donde se utilizan los conocimientos generados en el sector de I&D para la producción de bienes de capital físico (bienes duraderos). Y, el sector de bienes finales, en el cual se usa el trabajo, el capital humano y los bienes de capital físico producidos en el sector de bienes intermedios para la producción de bienes finales.

Con base en las premisas del modelo y los sectores existentes, y si se parte además del supuesto de que el capital acumulado se considera un consumo sacrificado en la medida en que es asignado del sector final al sector de bienes de capital para la producción de nuevos diseños, el modelo formal de la producción final se representa a través de una función de producción Cobb – Douglas de la siguiente forma:

$$Y(H_Y, L, x) = H_Y^\alpha L^\beta \sum_{i=1}^A (x_i^{1-\alpha-\beta}) \quad (1)$$

Donde  $H_Y$  representa el monto de capital humano dedicado a la producción de  $Y$ ,  $L$  es el stock de trabajo ordinario, y  $x$  es el conjunto de los bienes de capital duraderos utilizados (o un índice de nivel de la tecnología). De acuerdo con la ecuación 1, los factores que inciden en el nivel de producción final son el capital humano, el stock de trabajo ordinario y los bienes de capital duraderos, estos últimos producidos en el sector de bienes intermedios, a partir de  $\eta$  unidades de insumo y el conocimiento o nuevo diseño del bien producido en el sector de I&D.

Con base en lo anterior, se puede afirmar que el sector de I&D, en donde se produce conocimiento y se generan diseños de los bienes de capital futuros, es una pieza clave para el cambio técnico endógeno y, por ende, para el crecimiento económico de las naciones. A partir del stock de conocimiento existente, el sector de I&D produce nuevo conocimiento que es expresado en nuevos diseños de bienes de capital y el número de estos nuevos diseños producidos en un periodo específico, se representa por la letra  $A$ . La producción de  $A$ , dentro del sector de I&D, es resultado de la combinación de dos factores: el capital humano ( $H_A$ ) y el stock de conocimientos previos ( $A$ ).

De acuerdo con lo señalado anteriormente,  $A$  es un bien no rival de la tecnología, entonces, al no existir rivalidad en el conocimiento como insumo, se puede concluir que  $A$  hace alusión al stock de conocimiento de libre acceso, es decir, al stock de conocimiento que no pertenece a ninguna persona en particular y al cual todos los investigadores pueden acceder al mismo tiempo y obtener ventajas al utilizarlo. Por lo tanto, el producto de cada investigador es:  $A_j = \delta H_j A$  (2)

Donde  $\delta$  indica la productividad de los investigadores, misma que, para simplificar el modelo, se supone constante en el tiempo e igual para todos los investigadores que pertenecen al sector de I&D. Con base en la ecuación 2, el producto de todos los  $J$  investigadores en el sector es igual a la suma del producto de todas las personas ocupadas en la investigación:  $A_j = \sum \delta H_j A = \delta A \sum H_j = \delta A H_A$  (3)

De acuerdo con la ecuación 3, si se suman todas las personas que están ocupadas en la investigación, la variación en el stock de conocimiento general, o elaboración de diseños nuevos, se expresa mediante la ecuación del cambio técnico:  $\dot{A} = \delta A H_A$  (4)

Donde  $\dot{A}$ , que representa la variación en el stock de conocimiento, o lo que es lo mismo, la variación en el flujo de innovación, está en función de dos variables independientes:  $H_A$  que representa el capital humano empleado en el sector de I&D y  $A$  que representa el stock de conocimientos. La ecuación del cambio

técnico tiene dos implicaciones. La primera es que muestra que existe una relación lineal, directa y positiva entre la innovación y el capital humano dedicado a la investigación, en ese sentido, mientras mayor capital humano se dedique a la investigación, se tendrá una mayor tasa de producción de nuevos diseños innovadores. La segunda es que, mientras mayor sea el stock de conocimientos previos, mayor será entonces la productividad de los investigadores del sector de I&D.

Una vez que el sector de I&D ha generado conocimiento y lo ha expresado en un nuevo diseño, este es introducido en el sistema para cumplir su función en la producción de una economía y lo hace de dos formas. Primero, al ser vendido a las empresas del sector de producción de bienes intermedios, permite la producción de un nuevo bien duradero que, posteriormente, es usado para la producción de un bien final. Y, segundo, el conocimiento generado incrementa el stock total de conocimientos y, por ende, tiene un efecto positivo en la productividad del capital humano en el sector de I&D. Con base en lo anterior, la medición del capital total entendido como producto sacrificado acumulado evoluciona de acuerdo a la siguiente ecuación:  $\dot{K}_t = \gamma_t - C_t$  (5)

Donde,  $C_t$  representa el consumo agregado en el tiempo  $t$ ,  $\gamma_t$  se utiliza para expresar al producto y  $K_t$  indica la variación del capital. Dado que se requieren  $\eta$  unidades de consumo sacrificado (capital) para producir una unidad de un bien duradero, esta medida de contabilidad  $K$  se relaciona con los bienes durables que se emplean en la producción final por la siguiente regla:  $K = \eta \sum_{i=1}^n x_i = \eta \sum_{i=1}^A x_i$  (6)

Dado que el conjunto de bienes duraderos se consideran una variable continua, es posible sustituir la sumatoria de la ecuación 1 por una integral. De ese modo, la función de producción 1 queda expresada como:  $Y(H_Y, L, x) = H_Y^\alpha L^\beta \int_0^\infty x(i)^{1-\alpha-\beta} di$  (7)

Otro punto importante del modelo es que, debido a su simetría, plantea que todos los bienes durables que están disponibles son suministrados en el mismo nivel y representados por  $\bar{x}$ . Dado que  $A$  es la variable que determina el rango de los bienes duraderos que es posible producir, entonces la suma de todos los bienes duraderos disponibles se expresa como  $A\bar{x}$ . Y puesto que se necesitan  $\eta$  unidades de capital para la producción de cada unidad de bienes duraderos, entonces:  $K = \eta A\bar{x}$ . Resolviendo para  $\bar{x}$ :  $\bar{x} = \frac{K}{\eta A}$ . Sustituyendo  $\bar{x}$ , la ecuación 7 se puede reescribir como:

$$Y(H_A, L, x) = H_Y^\alpha L^\beta A \bar{x}^{1-\alpha-\beta}$$

$$Y(H_A, L, x) = H_Y^\alpha L^\beta A \left( \frac{K}{\eta A} \right)^{1-\alpha-\beta}$$

$$Y(H_A, L, x) = (H_Y A)^\alpha (L A)^\beta (K)^{1-\alpha-\beta} \eta^{\alpha+\beta-1} \quad (8)$$

Se arriba de ese modo a la ecuación teórica del modelo de Romer (1990). En la cual Y representa el crecimiento del producto total, A el stock de conocimientos de la economía, H denota el capital humano, L indica el trabajo y K incluye la inversión física y un indicador de la tecnología. En suma, el modelo de Romer postula que dedicar mayores esfuerzos hacia el sector de I&D, tiene un efecto positivo y directo en el progreso técnico y, esto a su vez, incide de forma positiva en el crecimiento económico de una nación.

### METODOLOGÍA

Para estimar la función de producción del modelo de Romer (1990) en México se parte de la ecuación 8, considerada la base del modelo:

$$Y(H_A, L, x) = (H_Y A)^\alpha (L A)^\beta (K)^{1-\alpha-\beta} \eta^{\alpha+\beta-1}$$

La ecuación de regresión 8 del modelo indica una función de producción caracterizada por presentar rendimientos constantes a escala en los factores de producción L, H y K. Esta situación se justifica debido a que A entra en la función de producción a través de las patentes y de los efectos secundarios del sector de I&D. Para convertir la ecuación 8 en una ecuación log lineal, debe ser primeramente expresada en términos per cápita. De modo que, se deriva la ecuación de regresión del modelo y las variables se normalizan por la variable trabajo (L). A partir de dicho procedimiento, el modelo de regresión se expresa con la siguiente ecuación:

$$\ln y_t = \beta_0 + \beta_1 \ln h_t + \beta_2 \ln a_t + \beta_3 \ln k_t + \varepsilon_t \quad (9)$$

En la cual  $y_t$  indica el crecimiento económico,  $a_t$  representa el stock de conocimientos de la economía,  $k_t$  hace referencia a la inversión física y  $h_t$  hace referencia al capital humano dedicado a la investigación en el sector de I&D. Para medir las variables se emplean datos agregados a nivel nacional del periodo 1994 – 2017. El valor de  $y_t$ , crecimiento del producto, se mide a través del PIB. La inversión,  $k_t$ , es medida por la formación bruta de capital fijo. La variable capital humano,  $h_t$ , representa el personal

dedicado a las actividades de investigación en el país, en ese sentido se mide a través del número de miembros del SNI. El stock de conocimiento o nivel de innovación,  $a_t$ , es medido a través de las patentes solicitadas por residentes y por un índice de tecnología, en este caso definido por las exportaciones de productos tecnológicos.

Con base en lo anterior y considerando los indicadores ya señalados, el modelo a estimar puede ser re escrito del siguiente modo:

$$\ln y_t = \beta_0 + \beta_1 \ln h_t + \beta_2 \ln pat + \beta_3 \ln tech_t + \beta_4 \ln k_t + \varepsilon_t \quad (10)$$

Dado que el efecto de las patentes sobre el crecimiento económico no es inmediato, sino retardado (Pyndick & Rubinfeld, 2001), este indicador es rezagado cuatro años. Con lo cual, la ecuación a estimar se modifica quedando de la siguiente forma:

$$\ln y_t = \beta_0 + \beta_1 \ln h_t + \beta_2 \ln pat_{t-4} + \beta_3 \ln tech_t + \beta_4 \ln k_t + \varepsilon_t \quad (11)$$

Para evidenciar la necesidad de considerar dos indicadores para medir la innovación, en este trabajo también se presentan los resultados de las regresiones de la ecuación 9, considerando por separado a las patentes y a las XBAT. De ese modo, las ecuaciones adicionales a estimar son:

$$\ln y_t = \beta_0 + \beta_1 \ln h_t + \beta_2 \ln pat_{t-4} + \beta_3 \ln k_t + \varepsilon_t \quad (12)$$

$$\ln y_t = \beta_0 + \beta_1 \ln h_t + \beta_2 \ln tech_t + \beta_3 \ln k_t + \varepsilon_t \quad (13)$$

Para estimar la incidencia de la innovación en el crecimiento económico, se pueden emplear diversas técnicas econométricas como los datos panel, OLS, FMOLS, por mencionar algunas (Marroquín & Ríos, 2012; Ríos & Marroquín, 2013; Guastella & Timpano, 2016; Ríos & Ocegueda, 2017; Ríos & Castillo, 2015; Frantzen, 2000; Savvides & Zachariadis, 2003). En este trabajo se emplea el método econométrico de Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS) con series de tiempo, dado que es el que mejor se ajusta para la estimación de un modelo múltiple con datos de una serie de tiempo.

### RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados de las estimaciones de la ecuación 11, 12 y 13 todas ellas destinadas a analizar el efecto de la innovación en el crecimiento económico de México.

Los valores estimados para los parámetros  $\beta$  de cada ecuación, así como los principales indicadores de

fiabilidad de cada modelo, se presentan de forma resumida en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

**Tabla 1. Resultado de las Estimaciones Econométricas**

Variable	Ecuación 11	Ecuación 12	Ecuación 13
Constante	15.766 (0.000)	19.564 (0.000)	18.956 (0.000)
H	0.153 (0.0004)	0.146 (0.0015)	0.244 (0.000)
PAT <sub>(t-4)</sub>	0.078 (0.0080)	0.060 (0.0095)	-
TECH	0.205 (0.027)	-	0.160 (0.0001)
K	0.357 (0.0008)	0.241 (0.0464)	0.226 (0.0001)
R <sup>2</sup>	0.985	0.979	0.986
R <sup>2</sup> ajustado	0.981	0.975	0.984
D-W Test	1.531	0.867	0.909
F st	0.000	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia.

Al comparar el resultado de los modelos estimados con logaritmos, se puede concluir que, el modelo que incluye dos estimadores para medir la innovación resultó ser el que mejor explica el papel de esta variable en el crecimiento económico. Para sustentar la afirmación anterior, a continuación se hace un análisis de los valores estimados en cada una de las ecuaciones.

El modelo OLS en logaritmos que incorpora únicamente a la variable patentes, con un rezago de cuatro años, como indicador de innovación (ecuación 12) arroja parámetros  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  y  $\beta_3$  aceptables con el 5% de significancia. Al mismo nivel de significancia, el valor F de la regresión indica que el modelo es adecuado para el conjunto de datos, en otras palabras, muestra la existencia de una relación significativa entre la variable dependiente y el conjunto de variables independientes consideradas en el modelo. El coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) para este modelo tiene un valor de 97%, lo que evidencia una alta bondad de ajuste a los datos. Con base en dichos indicadores y en los parámetros estimados, ante un incremento del 1% en la variable patentes se produce un aumento de 0.06% en el PIB. Pese a que el incremento es mínimo, dada la baja inversión que se realiza en el sector de I&D a nivel nacional, la relación positiva entre la innovación y el crecimiento económico es evidente.

Si bien, este primer modelo estimado con logaritmos arroja resultados aceptables, los mismos pierden valor al analizar el valor que arroja el test Durbin – Watson,

ya que su resultado deja ver la presencia de autocorrelación en la estimación. El modelo tiene un valor D – W de 0.867, valor inferior a los puntos críticos de este estadístico para 20 observaciones (después del ajuste) y tres regresoras (0.998 y 1.676). En ese sentido, se acepta la presencia de autocorrelación en el modelo OLS logarítmico con patentes como indicador de innovación.

En el caso del modelo OLS que incorpora las XBAT como único indicador de la innovación (ecuación 13), se pueden observar parámetros  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  y  $\beta_3$  significativos al 5%, además muestra la existencia de una relación positiva entre la regresada y las regresoras y también indica una bondad de ajuste del modelo a los datos del 98%. Los valores estimados para las variables del modelo indican que por cada incremento de 1% en XBAT, el PIB responde con un aumento del 0.16%, confirmando así la relación directa entre estas dos variables.

Pese a las bondades del modelo OLS con logaritmos y XBAT como indicador de innovación para explicar la relación estudiada, no pudo ser aceptado como explicativo dado que presenta autocorrelación. El estadístico Durbin Watson muestra un valor inferior a los valores críticos aceptables para este estadístico con 24 observaciones y 3 regresoras (1.101 y 1.656). De modo que, el modelo de la ecuación 13, es inadecuado para corroborar la relación positiva entre innovación y crecimiento económico.

Finalmente, el modelo de la ecuación 11, en donde se incluye tanto a las patentes como a las XBAT dentro de la misma regresión como indicadores de innovación, presenta resultados aceptables para confirmar la hipótesis del trabajo. El modelo OLS logarítmico de la ecuación 11, elimina por completo el problema de autocorrelación en el modelo estimado. El valor del estadístico Durbin Watson para la regresión estimada asciende a 1.53, valor considerado dentro de los niveles críticos inferior y superior para este test con 20 observaciones (después del ajuste) y tres regresoras (0.894 1.828), al nivel de significancia del 5%. Con base en lo anterior, es posible inferir que la presencia de autocorrelación en los modelos anteriores está asociada a la falta de variables explicativas de la innovación.

El modelo en cuestión (ecuación 11), no sólo no presenta autocorrelación, sino que también arroja resultados favorables respecto a los parámetros  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$  y  $\beta_4$ . De acuerdo con el p – value de t, estos parámetros asociados a la constante, el capital humano, las patentes, las XBAT y la inversión, deben ser aceptados con el 5% de significancia, ya que sus valores son inferiores al 0.05. Al mismo nivel de significancia, el valor F confirma la existencia de una relación entre la variable dependiente y las variables independientes, relación que confirma ser directa y positiva al analizar los signos de cada uno de los coeficientes estimados, signos que son positivos tal y como señala el modelo de Romer (1990). Aunado a lo anterior, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) reafirma la validez del modelo, al mostrar una aceptable bondad de ajuste del modelo a los datos del 98%, lo que es señal de la buena capacidad explicativa del modelo.

Con base en los resultados estimados por el modelo, se corrobora la existencia de una relación positiva entre la innovación y el crecimiento económico en México durante el periodo 1994 – 2017. De acuerdo con los valores estimados para los parámetros estudiados, un incremento en 1% en la variable K, genera una respuesta positiva en el PIB, al aumentar en 0.35%. Asimismo, un aumento en la variable capital humano en 1%, produce un incremento en 0.15% en el PIB. Esta relación entre FBKF o inversión y capital humano con el PIB históricamente se ha demostrado, ya que son elementos vitales dentro de la ecuación tradicional del crecimiento del producto.

En el caso de la variable central de este estudio, la innovación, se comprobó que esta incide positivamente en el PIB del país a través de las variables patentes y XBAT. De acuerdo con el resultado del modelo, un incremento en 1% en la variable patentes, tiene como resultado un crecimiento

económico del 0.07% en el país después de cuatro años. La razón del rezago de esta variable es que las patentes no producen resultados en el periodo inmediato, sino que pueden tardar hasta cuatro años en hacer tangible su beneficio. Para el caso de la variable XBAT, se comprueba con el modelo que un incremento en 1% en esta variable, conduce a un crecimiento económico de 0.2%. Con base en estos resultados, se confirma la hipótesis general del trabajo y se acepta que la innovación genera un efecto positivo sobre el crecimiento económico de México, naturalmente, la magnitud de dicho efecto está condicionada a los valores que adopten las variables esenciales (A, K y H).

## CONCLUSIONES

La teoría del crecimiento endógeno se sustenta en el supuesto de que el crecimiento económico es resultado directo de factores endógenos y no de fuerzas externas como señala la teoría neoclásica tradicional. A partir del modelo de Romer ha sido posible corroborar el argumento de la teoría señalada. Se pudo comprobar que efectivamente, parte del crecimiento económico está influenciado por fuerzas endógenas a la nación. Específicamente, se corroboró el efecto positivo que tienen variables endógenas como el capital humano, la innovación y la inversión fija en el PIB.

Al estimar la ecuación 11 con el método OLS en logaritmos, fue posible verificar que la innovación, medida a través de las patentes y las exportaciones de productos tecnológicos, tiene un efecto positivo y significativo sobre el crecimiento económico de México. La magnitud de dicho efecto, está directamente relacionada con las actividad y, en esencia, con el gasto que se realiza dentro del sector de I&D, sector en el cual surgen las innovaciones a través de un proceso de uso y producción de conocimiento por personal calificado. Con base en lo anterior, se acepta la hipótesis del trabajo y se concluye que la innovación es efectivamente una palanca de crecimiento económico en México, sin embargo su papel como motor para mejorar el desempeño del país no ha adquirido la importancia debida, lo cual se hace evidente al observar la deficiente aplicación de la política de innovación en la nación.

## REFERENCIAS

- Abramovitz, M. (1956). Resource and Output Trends in the United States Since 1870. *American Economic Review, Papers and Proceedings*.
- Alegre, J. (2004). *La gestión del conocimiento como motor de la innovación: lecciones de la industria de alta tecnología para la empresa*. España: Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions.
- Avendaño, C., & William, R. (2012). Innovación: un proceso necesario para las pequeñas y medianas empresas del municipio de San José de Cúcuta, norte de Santander (Colombia). *Semestre Económico*, 15(31), 187-207.
- Barro, R. (1990). Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth. *Journal of Political Economy*, 98(5), 103 - 125.
- Boisier, S. (2010). Descodificando el desarrollo del siglo XXI: subjetividad, complejidad, sinapsis, sinergia, recursividad, liderazgo y anclaje territorial. *Semestre Económico*, 13(27), 11 - 37.
- CONACYT. (s.f.). *Sistema Nacional de Investigadores*. Recuperado el 08 de julio de 2019, de <https://datos.gob.mx/busca/dataset/sistema-nacional-de-investigadores/resource/3ecd4bae-63a2-43c5-82e0-8619175e29a2>
- Diessler, G. (2010). Las patentes como fuente de información para la innovación en entornos competitivos. *Información, Cultura y Sociedad*, 22.
- Domar, E. (1946). Capital Expansion, Rate of Growth, and Employment. *Econometrica*, 14(2), 137 - 147.
- Frantzen, D. (2000). R&D, Human Capital and International Technology Spillovers: A Cross country analysis. *Scandinavian Journal of Economics*, 102(1), 57-75.
- García, A. (2019, 30 de enero). PIB de México crece 2% en 2018; la expansión más modesta desde 2013. *El economista*. Recuperado el 18 de junio de 2019, de <https://www.economista.com.mx/economia/PIB-de-Mexico-crece-2-en-2018-la-expansion-mas-modesta-desde-2013-20190130-0056.html>
- Giraldo, W., & Otero, M. (2017). La importancia de la innovación en el producto para generar posicionamiento en los jóvenes. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, 25(2), 179-192.
- Griliches, Z. (1990). Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey. *Journal of Economic Literature*, 28.
- Grossman, G., & Helpman, E. (1991). *Innovation and Growth in the Global Economy*. Massachusetts: MIT Press Cambridge.
- Guadarrama, V. (2018). Inversión para Ciencia, Tecnología e Innovación en México. *INCyTU* (11), 1 - 6.
- Guastella, G., & Timpano, F. (2016). Knowledge, Innovation, Agglomeration and Regional Convergence in the EU: motivating Place-based Regional Intervention. *Review of Regional Research*, 36 (2).
- Harrod, F. (1939). An Essay in Dynamic Theory. *The Economic Journal*, 49(193), 14 - 33.
- INEGI. (s.f.). *PIB y cuentas nacionales*. Recuperado el 05 de agosto de 2019, de <https://www.inegi.org.mx/temas/pib/>
- Jiménez, F. (2010). *Crecimiento económico: enfoques y modelos. Capítulo 5: Teoría del crecimiento endógeno*. Documento de trabajo, Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Economía.
- Maddala, G. (1996). *Introducción a la econometría*. México: Prentice Hall Hispanoamericana, S. A.
- Marroquín, A., & Ríos, H. (2012). Inversión en investigación y crecimiento económico: un análisis empírico desde la perspectiva de los modelos de I+D. *Investigación Económica*, 71(282).
- Marvin, F. (1962). The Production Function in Allocation and Growth: A Synthesis. *The American Economic Review*, 52(5), 996 - 1022.
- Nelson, R., & Winter, S. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. United States of America: The Belknap Press of Harvard University Press.
- OECD/European Communities. (2005). *Oslo Manual: guidelines for collecting and interpreting innovation data*. Grupo Tragsa.

OMC. (2016). *Estadísticas del Comercio Internacional*. Organización Mundial del Comercio.

Porter, M., & Stern, S. (2000). Measuring the 'Ideas' Production Function: Evidence from international patent output. *NBER, Working Paper no. 7891*.

Pyndick, R., & Rubinfeld, D. (2001). *Econometría, modelos y pronósticos*. México: McGraw-Hill.

Rebelo, S. (1991). Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth. *The Journal of Political Economy*, 99(3), 500 - 521.

Ríos, H., & Marroquín, A. (2013). Innovación tecnológica como mecanismo para impulsar el crecimiento económico: Evidencia regional para México. *Contaduría y Administración*, 58(3).

Ríos, J., & Castillo, M. (2015). Efectos de la capacidad innovadora en el crecimiento económico. Análisis comparativo entre países desarrollados y en desarrollo. *Región y Sociedad*, 27(64).

Ríos, J., & Ocegueda, J. (2017). Capacidad innovadora y crecimiento regional en México: un enfoque especial. *Economía, Sociedad y Territorio*, 17 (55).

Romer, P. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98 (5).

Savvides, A., & Zachariadis, M. (2003). *International Technology Diffusion and TFP Growth*. Oklahoma: Oklahoma State University.

Schumpeter, J. (1934). *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle*. Cambridge: Harvard University Press.

Smith, A. (2011). *La riqueza de las naciones*. Ediciones Brontes.

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

Solow, R. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *The Review of Economics and Statistics*, 39 (3).

UNESCO. (s.f.). *Research and development spending*. Recuperado el 18 de junio de 2019, de [http://uis.unesco.org/sites/all/modules/custom/uis\\_ap](http://uis.unesco.org/sites/all/modules/custom/uis_ap)

[plications/apps/visualisations/research-and-development-spending/](http://uis.unesco.org/sites/all/modules/custom/uis_ap)

Vázquez Barquero, A. (2005). *Las nuevas fuerzas del desarrollo*. Barcelona: Antoni Bosch Editor.

Velázquez, G., & Salgado, J. (2016). Innovación tecnológica: un análisis del crecimiento económico en México (2002-2012: proyección a 2018). *Análisis Económico*, 31(78), 145-170.

World Bank Group. (s.f.). Recuperado el 08 de julio de 2019, de <https://datos.bancomundial.org/indicador/NE.GDI.FT.OT.KD>

World Bank Group. (s.f.). *Exportaciones de productos de alta tecnología (% de las exportaciones de productos manufacturados)*. Recuperado el 18 de junio de 2019, de <https://datos.bancomundial.org/indicador/TX.VAL.TECH.MF.ZS?locations=MX-JP-KR-US&view=chart>

World Bank Group. (s.f.). *Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB)*. Recuperado el 18 de junio de 2019, de <https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?view=chart>

World Bank Group. (s.f.). *Investigadores dedicados a investigación y desarrollo (por cada millón de personas)*. Recuperado el 18 de junio de 2019, de <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.SC.IE.RD.P6>

World Bank Group. (s.f.). *Solicitudes de patentes, residentes*. Recuperado el 05 de agosto de 2019, de <https://datos.bancomundial.org/indicador/IP.PAT.RESD>