

EL EFECTO DE LA INNOVACIÓN EN EL DESARROLLO Y CRECIMIENTO DE MÉXICO: UNA APROXIMACIÓN USANDO LAS PATENTES

Luis Felipe Beltrán-Morales, Marco Antonio Almendarez-Hernández
y David J. Jefferson¹

Fecha de recepción: 21 de diciembre de 2017. Fecha de aceptación: 20 de mayo de 2018.

<http://dx.doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2018.195.63191>

RESUMEN. En este artículo se presenta un modelo empírico basado en datos generados a lo largo de una década de análisis, y cuyo propósito es explicar el impacto de la propiedad intelectual utilizando los registros de patentes como un indicador. El modelo correlaciona aún más la actividad de patentar con el desarrollo económico y el crecimiento en México. Se presenta un patrón de actividad positiva entre una mayor inversión de recursos en investigación y desarrollo (I+D) por un lado, y el desarrollo económico y el crecimiento por el otro, observado a través de aumentos en el volumen de solicitudes de patentes nacionales. La creación e implementación de políticas públicas orientadas a aumentar el capital intelectual y la innovación podrían beneficiar a una economía emergente como la de México de innumerables maneras.

Palabras clave: patentes; desarrollo económico; cambio tecnológico; I+D; análisis de regresión lineal.

Clasificación JEL: C35, O32, O33, O38.

THE EFFECT OF INNOVATION ON DEVELOPMENT AND GROWTH IN MEXICO: AN APPROACH USING PATENTS

ABSTRACT. This paper introduces an empirical model drawing on data generated over a decade of analysis, aiming to explain the impact of intellectual property by using patent records as an indicator. The model moreover correlates patenting with economic development and growth in Mexico. The pattern that emerges is a positive tie between greater investment in research and development (R+D) on the one hand, and economic development and growth on the other, manifest in the rising volume of national patent applications. The development and implementation of public policies designed to augment intellectual capital and innovation could benefit an emerging economy like that of Mexico in countless ways.

Key Words: Patents; economic development; technological change; I+D; linear regression analysis.

¹ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, México y Universidad de California, Davis, Estados Unidos. Correos electrónicos: lbeltran04@cibnor.mx, malmendarez@cibnor.mx y djjefferson@ucdavis.edu, respectivamente.

1. INTRODUCCIÓN

La relación entre patentes y el crecimiento económico en las economías nacionales es un tema que se ha estudiado por décadas, sugiriendo que la literatura divide los estudios previos en dos categorías: 1) los que encuentran un efecto directo entre las patentes y el crecimiento económico, y 2) los que determinan que la relación entre estas variables es indirecta (Campo, 2012). Grossman y Helpman (1991), señalan que hay una tendencia en la economía global donde las innovaciones tecnológicas se han convertido en el factor decisivo del crecimiento económico y bienestar, que en las economías abiertas e interdependientes la rápida comunicación proporcionada por las nuevas tecnologías y el estrecho contacto entre empresas innovadoras facilitan el proceso de invención para la diseminación de conocimiento, dando como resultado el incremento de la inversión en investigación y desarrollo (I+D) de los países.

A través de los tiempos se han venido dando procesos evolutivos del pensamiento donde los procesos de producción fueron fundamentales para el desarrollo económico mediante las innovaciones en sus épocas correspondientes, con el tiempo se le ha llamado economía del conocimiento. En los últimos años la innovación y el cambio tecnológico han sido temas de mayor interés en el análisis económico y en la toma de decisiones políticas de países desarrollados, Schumpeter (2009) consideraba que la innovación tecnológica era el motor fundamental para el desarrollo económico.

Existen diversos factores que llevan a una economía al crecimiento y desarrollo económico, si bien la economía de la innovación no es un concepto por sí solo, se puede decir que es una rama de la economía cuyo propósito es la exploración y el entendimiento de las diferentes dimensiones del fenómeno de la innovación desde una perspectiva multidisciplinaria (Corona, 2011). Las innovaciones tecnológicas son elemento clave en el aumento de la productividad de los factores en las economías de hoy en día que han alcanzado mayores grados de desarrollo e industrialización.

En este sentido, la naturaleza de la innovación es originada por la creatividad humana. Es por medio de la innovación que es posible crear nuevos patrones y sistemas de mercado, así como la generación de nuevo conocimiento dando una estrecha relación entre crecimiento e innovación de manera que el desarrollo de los distintos países depende en gran parte de la capacidad de producir e incorporar estas tecnologías a la transformación productiva.

Las innovaciones están dotadas de capital intelectual humano, que puede entenderse como el valor intangible asociado a la combinación de recursos humanos y activos intangibles latentes (Pulido San Román, 2008).

La economía de la innovación es de carácter multidisciplinario, ya que está determinada por la naturaleza de la innovación, es decir, es tan compleja que exige el curso de disciplinas tan variadas como: ingeniería, sociología, psicología social e individual, teoría del aprendizaje, administración, estudios territoriales, bioeconomía, biotecnología y dentro de la ciencia económica: historia económica, economía evolutiva, nueva microeconomía, economía cognitiva, economía institucional y psicología económica.

El objetivo de este trabajo es demostrar si existe una relación entre innovación y desarrollo económico en el periodo comprendido entre 1998 y 2008, tomando como indicador el nivel de patentamiento, así como describir el panorama general del comportamiento de las patentes en México.

Se pretende mostrar evidencia empírica de que el progreso tecnológico, tomando como indicador de actividad inventiva las patentes, es un factor relevante que impacta en el crecimiento económico y el desarrollo económico. Por ello, es necesario una política económica que genere los suficientes incentivos para que el sector privado y en combinación con las agencias gubernamentales inviertan en el sector de I+D.

2. ANTECEDENTES

Como se indicó anteriormente, las innovaciones están dotadas de capital intelectual humano. Estos “activos intangibles” tienen un valor económico y no económico y, como tales, están frecuentemente protegidos por diversos regímenes jurídicos que otorgan derechos de propiedad intelectual. Las patentes son los medios más comunes para obtener derechos sobre nuevas invenciones que resultan de la investigación científica. Los derechos otorgados a los inventores a través de la protección de patentes se transfieren regularmente de las instituciones de investigación al sector productivo mediante la concesión de licencias o la venta.

Esta actividad de “transferencia de tecnología” puede generar innumerables beneficios económicos. Por ejemplo, el titular correcto de una invención patentada puede producir bienes que tienen un mayor valor comercial que los productos de la competencia, así como lograr una posición más enviable en el mercado. Por lo tanto, las políticas que invierten en investigación y promueven la transferencia de tecnología juegan un papel fundamental en el crecimiento económico (Sánchez y Ríos, 2011). Como nación, México está dotado de un capital humano sustancial, pero en el pasado los activos intangibles que los investigadores mexicanos generaron no se transfirieron

efectivamente al sector productivo. La transformación de estos inventos en innovaciones podría tener una importante influencia en el futuro crecimiento y desarrollo económico del país.

Es importante mencionar que se entiende por innovación, de acuerdo al Manual de Oslo (OCDE y EUROSTAT, 2006, p. 56): “la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores”. La innovación puede tener uno o más componentes y en función de ellos tipificarse, y son: tecnológicos, investigación aplicada, mejoras sociales, mejora en un proceso administrativo, entre otros, generando que existan diferentes formas de proteger la innovación mediante vías jurídicas. De acuerdo con el Manual de Oslo la innovación que se genera en las organizaciones se clasifica en cuatro modalidades: 1) innovación en producto; 2) innovación en proceso; 3) innovación en mercadotecnia; 4) innovación en organización.

Existen varias razones que justifican el uso de las patentes como indicador de inventiva. Griliches (1990), argumenta que una “patente representa una mínima cantidad de invención que ha pasado tanto por el escrutinio de la oficina de patentes como novedad y la prueba de esfuerzos en inversión y recursos por el inventor y su organización en el desarrollo de un producto o proceso particular, lo que indica la presencia de una expectativa no despreciable en cuanto a su última utilidad y la comerciabilidad”. Los economistas contemporáneos continúan usando las patentes como un indicador de actividad de inventiva. Además de su relevancia teórica, las patentes ofrecen varias ventajas para el análisis económico. Por ejemplo, contienen información técnica detallada sobre invenciones nuevas y útiles. La información sobre patentes se encuentra disponible de forma gratuita y pública.

También existen algunas limitaciones que rodean el uso de patentes como indicadores económicos. Por ejemplo, no todas las mejoras tecnológicas están patentadas, y es particularmente difícil localizar información sobre prácticas comerciales. Además, otros problemas incluyen el hecho de que la revisión de los documentos de patente se complica por la dificultad de comparar una presentación con otra, y que el lenguaje de la patente no suele ser claro para el lector no especializado (Diessler, 2010). Algunas desventajas finales del uso de patentes como indicadores incluyen los cambios frecuentes que ocurren en las leyes de propiedad intelectual y las prácticas comerciales, así como la incapacidad de distinguir fácilmente entre patentes “fuertes” y “débiles” (Sánchez *et al.*, 2018).

A pesar de estas limitaciones, las solicitudes de patentes proporcionan una gran cantidad de información que sirve como insumos útiles para los análisis económicos. Por ejemplo, el alcance de los reclamos de una patente individual es por naturaleza único, tanto en la riqueza de la información contenida en ella como en la amplitud de la cobertura de la reclamación.

Con respecto a la conexión entre innovación y desarrollo económico, numerosos estudios han concluido que el cambio tecnológico es un factor clave en el crecimiento económico (por ejemplo, Solow, 1957; Romer, 1987, 1990; Grossman y Helpman, 1991; Aghion y Howitt, 1992). Las investigaciones de Abramovitz (1956) y Solow (1957) constituyen los cimientos de la relación entre innovación y crecimiento económico. En el segundo trabajo el autor, señaló que el cambio técnico –denominado como el “residuo de Solow”– es un factor que impacta en la tasa de crecimiento de largo plazo. En esta fase de desarrollo de la teoría, el cambio técnico era considerado como un determinante exógeno del modelo, una gran limitante que no se atribuía a las decisiones de los agentes económicos.

Dicha limitante fue objeto de críticas y motivó a otros investigadores como Romer (1986), Lucas (1988), Barro (1990) y Rebelo (1991) a dar la explicación que vincula la tasa de crecimiento de largo plazo con variables endógenas que pertenecen al sector de investigación y desarrollo como la acumulación de conocimiento, el capital humano y el gasto público para formular ecuaciones que implican el cambio técnico. Esta oleada de trabajos occasionaría el surgimiento de la teoría de crecimiento endógeno y es conocida como los modelos de primera generación de esta corriente del pensamiento económico. Posteriormente, esta primera generación influyó en el desarrollo de los modelos de segunda generación de Romer (1987 y 1990), Grossman y Helpman (1991) y Aghion y Howitt (1992).

La novedad de estos modelos fue la inclusión del análisis de la relación entre crecimiento económico e investigación bajo un escenario de competencia imperfecta (monopolio). La rigidez del cambio técnico como factor exógeno se relaja y es conceptualizado como aquel que crea nuevos diseños con la intención de mejorar la competitividad de los procesos productivos, provocando a su vez que el impacto en el crecimiento económico sea dinámico y continuo con el supuesto de rendimientos constantes a escala.

Una crítica realizada por Solow (1994) a la nueva teoría del crecimiento económico es que sólo relaja los supuestos del modelo neoclásico que se asocian al cambio técnico. Una importante limitante de los modelos endógenos señalada por Dutt (2003), es que no toman en cuenta las características inherentes a la tecnología y a los factores (institucionales, culturales y a nivel

de firma) relacionados al cambio técnico. En un trabajo más reciente, Jones y Romer (2010) argumentan que la teoría de crecimiento económico moderna requiere de la interacción de las ideas, la población, las instituciones y del capital humano, variables que son claves para explicar las diferencias de ingreso entre los países y el crecimiento acelerado y que son puntos que no han sido estilizados en los modelos dinámicos.

A nivel internacional, existen estudios que usan las patentes como indicador de innovación que impactan positivamente en el crecimiento económico de las naciones con estructura de datos en sección cruzada, series de tiempo y datos de panel. Las técnicas econométricas empleadas van desde mínimos cuadrados ordinarios (OLS) hasta estimadores más sofisticados como series de tiempo, efectos fijos (FE), efectos aleatorios (RE), *semi-parametric generalised additive model* (GAM), *regression ridge*, Método de Momentos Generalizado de Arellano-Bond (GMM) y GMM de Blundell-Bond (Maskus y McDaniel, 1999; Bilbao-Osorio y Rodríguez-Pose, 2004; Ulku, 2004; Torun y Cicekci, 2007; Blind y Jungmittag, 2008; Hasan y Tucci, 2010; Sattar *et al.*, 2013; Pece *et al.*, 2015; Guastella y Timpano, 2016).

Para el caso de México, los trabajos han encontrado una relación positiva entre las patentes y el crecimiento económico, usando datos de panel con los tratamientos econométricos de efectos aleatorios, GMM de Arellano-Bond y enfoques con econometría espacial (Marroquín y Ríos, 2012; Ríos y Marroquín, 2013; Torres-Preciado *et al.*, 2014; Ríos y Castillo, 2015; Ríos-Flores y Ocegueda, 2017). Sin embargo, es preciso señalar que aunque se han realizado investigaciones sobre el nexo entre crecimiento económico y las patentes en México y la región de América Latina y el Caribe, el nivel de patentamiento de la región es bajo debido a que el gasto en investigación y desarrollo es menor comparado a economías desarrolladas (Naciones Unidas-Cepal, 2016). Por su parte Cimoli (2005), menciona que los países de América Latina y el Caribe han basado su crecimiento y desarrollo a partir de la generación de rentas que se derivan de sectores que cuentan con factores abundantes, mientras que las economías industrializadas provienen de los sectores que son intensivos en la generación del conocimiento, causadas por las asimetrías tecnológicas y la heterogeneidad estructural entre ambas clasificaciones de países. Por ello, el impacto de las patentes sobre el crecimiento económico es más bajo en países en desarrollo que en economías desarrolladas y así lo ha manifestado la evidencia empírica internacional.

Por otra parte, Lanjouw *et al.* (1996) menciona que las medidas del alcance de las patentes de innovación son únicas, tanto por la riqueza de la información que contienen como la amplitud de su cobertura. Los documentos de

patente contienen detalles sobre las características de las innovaciones individuales (por ejemplo, su área tecnológica o su cita a las innovaciones relacionadas) y sus inventores (tanto el inventor *per se* y el propietario o el cesionario de la patente) no disponible en otros lugares. A diferencia de la información de gasto I+D, la cual está más disponible para un subconjunto de empresas grandes, los datos de patentes son accesibles para todas las empresas y personas en un periodo de tiempo largo. Estas características hacen posible utilizar los datos de patentes para estudiar la eficacia de las políticas adaptadas a determinadas áreas tecnológicas o tipos específicos de empresas, el campo a través de los flujos de beneficios del sistema de patentes, las externalidades en el proceso de generación de conocimiento, y muchos fenómenos relacionados.

Existe evidencia empírica de diversos autores que señalan que la protección en la propiedad industrial y un cambio en las políticas de una región económica pueden propiciar el crecimiento económico a largo plazo y el desarrollo económico. Gould y Gruben (1996) estudiaron el papel que los derechos de propiedad intelectual han desempeñado en el crecimiento económico de los países, utilizando datos de sección cruzada para protección de patentes. Posteriormente, Park y Ginarte (1997) demostraron que las patentes pueden tener un impacto positivo en la acumulación de capital, y que los aumentos en el capital fijo están relacionados con un crecimiento económico positivo.

La propiedad intelectual expresada en patentes es la forma de protección como medida de innovación más utilizada, debido a que es un mecanismo que incentiva la investigación, genera la apropiación del ingreso e impacta positivamente en el crecimiento y el desarrollo económico de un país.

3. METODOLOGÍA

Siguiendo a Romer (1990), el análisis empírico se fundamenta en un modelo de crecimiento económico donde su principal determinante es resultado de las decisiones de inversión de los agentes maximizadores de beneficios. El modelo se basa en tres premisas:

- 1) El cambio tecnológico, entendido como el mejoramiento en los procesos (conocimientos) para combinar insumos en la producción, se encuentra en la base del crecimiento económico.
- 2) El cambio tecnológico surge como resultado de acciones intencionales que toman las personas que responden a los incentivos de mercado. Por ello, el cambio tecnológico es endógeno y no exógeno en el sistema económico.

- 3) La tecnología entendida como los métodos para trabajar con las materias primas son esencialmente diferentes de otros bienes económicos. Los diseños industriales son equivalentes a incurrir en un costo fijo dado que son considerados como insumos no rivales, ya que una vez creados, el costo de usarlos continuamente es nulo para la fabricación de nuevos bienes.

De acuerdo con lo anterior, el equilibrio resultante del modelo no puede fundamentarse con una estructura de mercado con comportamiento de tomadores de precios, sino en un contexto de competencia monopolística. Por consiguiente, el incremento del tamaño del mercado no sólo tiene efectos sobre el nivel de ingreso y el bienestar sino sobre la tasa de crecimiento económico. Esto es que a medida que crece el tamaño del mercado, se estimula la investigación y origina un crecimiento más rápido.

El modelo tiene tres sectores:

- 1) El sector de investigación y desarrollo (I+D) y el *stock* existente de conocimiento para producir nuevo conocimiento.
- 2) El sector de bienes intermedios que usa los conocimientos del sector de la investigación junto con la producción sacrificada de los grandes productores de bienes durables que están disponibles para su uso en la producción de bienes finales en cualquier momento.
- 3) El sector de bienes finales que usa trabajo, capital humano, y el conjunto de productores de bienes duraderos que están disponibles para producir el producto final.

Si se parte del supuesto de que el capital acumulado es considerado como consumo sacrificado, ya que es asignado del sector consumo al sector de bienes de capital para producción de nuevos diseños, bajo una estructura de monopolio el modelo formal del producto se formula por la función producción Cobb-Douglas siguiente:

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

Donde x es el conjunto de insumos usados (bienes duraderos o un índice del nivel de la tecnología) por la empresa para producir el producto final, H es el capital humano y L es el trabajo. El trabajo se contabiliza en número de

personas, el capital físico es el conjunto de bienes intermedios y es medido en unidades consumidas para un bien dado en el sector de bienes finales, el capital humano se refiere a los años de educación o entrenamiento de una persona en particular.

En este planteamiento supone los diferentes tipos de bienes de capital son los sustitutos de los demás, es decir, expresión donde el producto es una función aditiva separable de todos los distintos tipos de bienes de capital, y no como sugiere la ecuación convencional de perfectos sustitutos para todos los bienes de capital.

Un aspecto fundamental del planteamiento explicado es que el conocimiento plasmado en un nuevo producto cumple su función en la producción de una economía en dos formas: 1) permite la producción de un nuevo bien intermedio que puede ser usado para producir la producción; 2) incrementa el *stock* total de conocimientos e incrementa la productividad del capital humano en el sector de investigación. En este sentido, la medición del capital total como producto sacrificado acumulado evoluciona con la función siguiente:

$$\dot{K}(t) = Y(t) - C(t) \quad (2)$$

Debido a que toman η unidades de consumo sacrificado (unidades de capital) para crear una unidad de algún tipo de bien duradero, esta medida de contabilidad K está relacionada a bienes duraderos que son realmente usados en la producción por la regla siguiente:

$$K = \eta \sum_{i=1}^{\infty} x_i = \eta \sum_{i=1}^A x_i \quad (3)$$

Si la sumatoria de la ecuación (1) es sustituida por una integral, ya que el conjunto de bienes duraderos son tratados como variable continua, la función se formula como:

$$Y(H_Y, L, x) = H_Y^\alpha L^\beta \int_0^{\infty} x(i)^{1-\alpha-\beta} di \quad (4)$$

Otro postulado importante es que al no existir rivalidad en el conocimiento como insumo, la investigación tiene libre acceso al *stock* de conocimiento y los investigadores pueden aprovechar sus ventajas. En este sentido, el *stock*

agregado de creación nuevos diseños resultante de los esfuerzos del personal que trabaja en el sector de I+D evoluciona de acuerdo con la siguiente función:

$$\dot{A} = \delta H_A A \quad (5)$$

Donde H_A es el capital humano empleado en el sector I+D y donde A es el *stock* de conocimientos, considerado como el componente no rival de la tecnología. Además, un supuesto trascendental inherente al modelo de crecimiento económico usado es que la generación de nuevos productos es lineal en el capital humano empleado en el sector I+D y el *stock* de conocimientos. En este enfoque, se desprenden dos suposiciones de la ecuación (5): 1) dedicar más capital humano para la investigación conduce a una mayor tasa de producción de donde \dot{A} ; 2) cuanto mayor es A , mayor será la productividad de un científico que trabaja en el sector de investigación.

Adicionalmente, debido a la simetría del modelo, todos los bienes durables que están disponibles son suministrados en el mismo nivel y son denotados como \bar{x} . Dado que A determina el rango de bienes duraderos que se pueden producir, y η unidades de capital (producto) se requieren por unidad de bienes duraderos, la ecuación $K = \eta Ax$ se despeja x y se sustituye $x = K / \eta A$ en la ecuación (4), la función producción del modelo de Romer se expresa como:

$$y(H_A, L, x) = (H_Y A)^\alpha (LA)^\beta (K)^{1-\alpha-\beta} \eta^{\alpha+\beta-1} \quad (6)$$

En resumen, el modelo de Romer describe que dedicar mayores esfuerzos hacia el sector I+D y la inversión en capital humano son elementos centrales para impulsar el progreso tecnológico y alcanzar mayores niveles de crecimiento económico. La investigación sobre un nuevo diseño, proceso o producto se desarrolla al interior de una empresa o en un conjunto de empresas.

En caso de que resulte en una invención y sea sujeta a un proceso de evaluación para verificar que sea susceptible de protección, en la forma de propiedad intelectual como las patentes, la empresa propietaria de la patente puede conceder los derechos de explotación o vender el activo a cambio de obtener beneficios económicos a otra empresa que usará la patente para producir el bien.

4. ESPECIFICACIÓN ECONOMÉTRICA

El enfoque econométrico se basa en un modelo de regresión lineal estimado con mínimos cuadrados ordinarios (OLS) con transformación de razón (Gujarati, 2004). Este tipo de transformación es usada por que la función de producción tradicional genera multicolinealidad el cual es un problema serio en una estructura de datos de corte transversal.

La presencia de multicolinealidad viola uno de los supuestos del modelo de regresión lineal clásico (MRLC) y a pesar de que los estimadores OLS son insesgados, no dice nada sobre las propiedades de los estimadores de una muestra dada. Además, aunque los estimadores OLS son eficientes (tienen mínima varianza), no significa que la varianza del estimador será pequeña en relación con el valor del estimador en cualquier muestra dada y; la multicolinealidad es un fenómeno de regresión muestral, es decir, si las variables independientes no están linealmente relacionadas en la población, pueden estarlo en la muestra.

El modelo original usado es una función producción bilogarítmica o doble-log:

$$\ln(Y_i) = \beta_1 \ln K_i + \beta_2 \ln L_i + \beta_3 \ln Pat_i + u_i$$

Donde $\ln(Y_i)$ es el logaritmo del PIB y PIB per cápita (indicador de desarrollo económico) de la entidad federativa i -ésima, $\ln(K_i)$ es el Logaritmo de la formación bruta de capital fijo,² $\ln(L_i)$ es el logaritmo de la fuerza laboral medida por el personal ocupado³ y los sueldos y salarios,⁴ $\ln(Pat_i)$

² De acuerdo a INEGI la Formación Bruta de Capital fijo está integrada por el valor total de las adquisiciones menos disposiciones de activos fijos, más las adiciones al valor de los activos no producidos. Los activos fijos, que pueden ser tangibles e intangibles, se obtienen como resultado de procesos de producción y se utilizan repetida o continuamente en otros procesos de producción, durante más de un año.

³ El personal ocupado para INEGI comprende a los trabajadores empleados y obreros, eventuales o de planta, que en el mes de referencia trabajaron bajo control o dirección de la empresa en la entidad federativa o fuera de ésta (es decir en el estado donde se ubica la empresa o en cualquier estado de la República mexicana) con una remuneración fija o determinada, cubriendo como mínimo una tercera parte de la jornada laboral. Incluye al personal con licencia por enfermedad, vacaciones, huelgas y licencias temporales con o sin goce de sueldo. Excluye al personal con licencia ilimitada, pensionado con base en honorarios, igualas o comisiones.

⁴ Las remuneraciones para INEGI son todos los pagos y las aportaciones en dinero y especie antes de cualquier deducción, destinados a retribuir el trabajo del personal dependiente de la razón social, tanto en forma de sueldos y prestaciones sociales, como en utilidades distribuidas al personal,

es el logaritmo de las patentes solicitadas,⁵ variable usada como *proxy* de innovación para medir el efecto del aprendizaje producto de la acumulación de conocimientos en el crecimiento económico y u el término de error.

La forma de corregir el problema de multicolinealidad se resolvió al expresarlo en una base per cápita, dividiendo la ecuación entre las solicitudes de patentes.

$$\ln\left(\frac{Y_i}{Pat_i}\right) = \beta_1 + \beta_2 \ln\left(\frac{K_i}{Pat_i}\right) + \beta_3 \ln\left(\frac{L_i}{Pat_i}\right) + u_i$$

La otra forma que fue dividir la función entre sueldos y salarios para obtener un coeficiente de innovación.

$$\ln\left(\frac{Y_i}{L_i}\right) = \beta_1 + \beta_2 \ln\left(\frac{K_i}{L_i}\right) + \beta_3 \ln\left(\frac{Pat_i}{L_i}\right) + u_i$$

Una patente es aquel derecho exclusivo el cual es concedió por el Estado para la protección de una innovación, la cual proporciona derechos exclusivos que permitirán utilizar y explotar su invención e impedir que otras instituciones, empresas, industrias la utilicen sin su consentimiento y sin pagar los derechos que se reserva. Se puede optar por la obtención de beneficios de una patente mediante su implementación o venta de derechos a otra empresa para que se comercialice ya sea un producto nuevo o un nuevo procedimiento, (IMPI, 2016).

Las patentes tienen como finalidad un derecho exclusivo de explotación industrial y comercial, son instrumentos muy útiles para el crecimiento de una empresa y pueden impactar en el crecimiento económico de un país y, por lo tanto, la empresa institución o el país pueden ser altamente competitivos.

Adicionalmente en el modelo fue incluida la variable capital humano y está medida por el número de los miembros del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt). Su

ya sea que se calculen sobre la base de una jornada de trabajo o por la cantidad de trabajo desarrollado (destajo). Para la investigación sólo se incluyeron sueldos y salarios.

⁵ Esta variable está constituida por el número de patentes solicitadas. Información proporcionada por el IMPI.

incorporación se debe a que los afiliados al Sistema, son el gremio que pertenece al sector de I+D y la evidencia empírica internacional y nacional han encontrado que existe una relación positiva con el crecimiento económico (Torun y Cicekci, 2007; Bayarcelik y Tasel, 2012; Marroquín y Ríos, 2012; Maradana *et al.*, 2017). Sin embargo, se excluye del modelo las patentes porque están correlacionadas con el SNI y así lo han demostrado los trabajos en México (Furman *et al.*, 2002; Malva y Carree, 2013; Calderón-Martínez, 2014; Cozza y Schettino, 2015; Almendarez-Hernández, 2018). Por ello, el modelo se expresa de la forma siguiente:

$$\ln\left(\frac{Y_i}{L_i}\right) = \beta_1 + \beta_2 \ln\left(\frac{K_i}{L_i}\right) + \beta_3 \ln\left(\frac{\text{SNI}}{L_i}\right) + u_i$$

5. RESULTADOS

El periodo de estudio y análisis de la base de datos fue de una década (1998-2008), con datos agregados para todo el país y que fueron los que se pudieron obtener de diferentes agencias e instituciones de México. Para llegar a la selección de las variables que se utilizaron en el análisis, se realizó una búsqueda exhaustiva de diversas fuentes por entidad federativa, la información correspondiente a la formación bruta de capital fijo, la población ocupada, los sueldos y salarios fueron obtenidos de los censos económicos de INEGI para los años 1999, 2004 y 2009. El número de patentes solicitadas fue obtenido del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI, 2017). Para poder comparar los valores entre los tres años, fueron deflactados utilizando el Índice de Precios Implícito base 1993 para los datos de INEGI.

En el cuadro 1 se presentan medidas de tendencia central como la media aritmética y medidas de dispersión como la desviación estándar de las variables usadas en los modelos estimados; así como sus valores mínimos y máximos. Siguiendo el orden del cuadro la media de la formación bruta de capital fijo es de 1 152 millones de pesos, el personal ocupado de 341 125, las patentes de 5, el PIB de 30 mil millones de pesos, el PIB per cápita de 14 222 pesos y sueldos y salarios de 2 107 millones de pesos.

Cuadro 1. Análisis descriptivo de los datos

<i>Variables</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Valor Máximo</i>	<i>Valor Mínimo</i>
FBKF	1 152 116	2 948 127	20 476 235	149 328.3
Personal ocupado total	341 125	533 286.4	3 131 480	71 375
Patentes	5	33.97615	219	0
PIB	3.05E+10	6.145E+10	3.415E+11	7.62E+09
PIB per cápita	14 222.64	16 645.58	163 039	6 019.58
Población	2 431 015	2 716 913	14 638 436	409 025
Remuneraciones	2 621 240	9 495 026	55 861 982	562 764
Sueldos y salarios	2 107 288	7 215 834	43 050 962	419 521.9
SNI	333	860	6175	2

Fuente: elaboración propia con base de datos construida.

La función producción original fue estimada para verificar la existencia de multicolinealidad. Los resultados muestran que el problema está presente. En la variable ocupación el signo es contrario a lo que postula la teoría de crecimiento económico y en el coeficiente de las patentes los errores estándar son demasiado altos provocando que no sea estadísticamente significativo a los niveles convencionales de significancia (véase cuadro 2).

Cuadro 2. Estimaciones del Modelo OLS Original

Variable dependiente PIB per cápita

<i>Variables</i>	<i>Coeficiente</i>	<i>Error estándar</i>	<i>t-estadístico</i>	<i>Probabilidad</i>
Constante	7.2159	0.8639	8.35	0.0000
FBKF	0.4086	0.0875	4.67	0.0000
Ocupado	-0.2684	0.1058	-2.54	0.0131
Patentes	0.0261	0.0439	0.60	0.5529
R ²	0.2787			
F-estadístico	10.3048			

Fuente: elaboración propia con base de datos construida.

Se realizaron regresiones por separado y cada variable resultó estadísticamente significativa con signos positivos. El problema de multicolinealidad se corrigió usando las series de patentes, sueldos y salarios para normalizar los datos. En el modelo con especificación funcional de desarrollo económico se rechazó la hipótesis nula de que los coeficientes de pendientes parciales son iguales a cero a los niveles convencionales de significancia (véase cuadro 3).

La prueba F a los niveles usuales de significancia rechaza la hipótesis nula que establece que los verdaderos coeficientes parciales de pendiente sean simultáneamente iguales a cero al 1% de significancia. Además el valor de la prueba F resultó más alta que la del modelo original.

Una forma de medir la bondad de ajuste de la regresión fue a través del coeficiente de determinación R^2 e indica que la proporción o el 60% de la variación total en la razón PIB per cápita/patentes es explicada por el conjunto de variables independientes objeto de estudio. Se probaron estimaciones considerando sueldos y salarios. Sin embargo, los resultados no fueron significativos para la razón sueldos-patentes. El modelo estimado que está expresado en términos lineales en los parámetros y lineal en los logaritmos de las variables, sus coeficientes obtenidos miden elasticidades y presentan los signos correctos (positivos) de acuerdo con la teoría del crecimiento endógeno.

En el coeficiente de la razón formación bruta de capital fijo-patentes muestra que ante un incremento de 1% en esta variable, el PIB per cápita aumenta en 0.41%. La variable razón personal ocupado-patentes, muestra que por cada aumento de 1% en este regresor, el PIB per cápita crece en 0.49%.

Cuadro 3. Estimaciones del Modelo OLS de transformación de razón con enfoque al desarrollo económico

Variable dependiente PIB per cápita

Variables	Coeficiente	Error estándar	t-estadístico	Probabilidad
Constante	-2.7944	0.9045	-3.09	0.0027
FBKF/patentes	0.4148	0.2385	1.74	0.0858
Personal ocupado/patentes	0.4934	0.2505	1.97	0.0523
R^2	0.6052			
F-estadístico	62.0955			

Nota: los errores estándar están corregidos por el método de la matriz de covarianza de White.

Fuente: elaboración propia con base de datos construida.

Con respecto al modelo de crecimiento económico, los coeficientes resultaron estadísticamente diferentes de cero y la Prueba de significancia general de la regresión es estadísticamente significativa al 1%. La variable formación bruta de capital fijo-sueldos y salarios es similar a la razón formación bruta de capital fijo-patentes. Las patentes como indicador de innovación, que es la variable de mayor interés objeto de estudio, revela que si aumenta en 1%, el PIB crece aproximadamente en 0.05% (véase cuadro 4).

Los resultados están dentro de los límites de los trabajos encontrados en relación con el crecimiento económico e innovación y son consistentes con los estudios internacionales de Ulku (2004), Torun y Cicekci (2007), Blind y Jungmittag (2008), Hasan y Tucci (2010), Kim *et al.* (2012), Pece *et al.* (2015), Guastella y Timpano (2016) y asimismo con los resultados de la evidencia empírica nacional de Marroquín y Ríos (2012), y Ríos y Marroquín (2013), Torres-Preciado *et al.* (2014), Ríos-Flores y Ocegueda (2017).

Cuadro 4. Estimaciones del Modelo OLS de transformación de razón con enfoque de crecimiento económico

Variable dependiente PIB

Variables	Coeficiente	Error estándar	t estadístico	Probabilidad
Constante	10.574	0.2876	36.76	0.0000
FBKF/Sueldos y salarios	0.416	0.1049	3.97	0.0002
Patentes/Sueldos y salarios	0.0498	0.0241	2.06	0.0426
Año 1998	-0.2618	0.0909	-2.88	0.0051
Año 2003	-0.2404	0.0704	-3.41	0.0010
R ²	0.6052			
F-estadístico	62.0955			

Nota: los errores estándar están corregidos por el método de la matriz de covarianza de White.

Fuente: elaboración propia con base de datos construida.

Adicionalmente, para contrastar diferencias entre los años del PIB, se utilizó como contraste 2009 a través de variables ficticias, mostrando que el valor de 1999 y 2004 es inferior al de 2009 en términos reales. Los dos modelos usados presentaron un buen ajuste, los coeficientes de determinación oscilan dentro del rango de los estudios de corte transversal de Gujarati (2004).

Se probaron estimaciones dividiendo entre el personal ocupado. Sin embargo, los resultados no fueron significativos para la razón patentes-ocupado. El coeficiente de la variable SNI indica que impacta positivamente en el crecimiento económico y los resultados son cotejados con los trabajos nacionales e internacionales que han abordado el vínculo entre el personal dedicado a la ciencia y tecnología con el ingreso (Torun y Cicekci, 2007; Bayarcelik y Tasel, 2012; Marroquín y Ríos, 2012; Maradana *et al.*, 2017) (véase cuadro 5).

La evidencia empírica mostrada es un indicativo de que la innovación es un determinante importante del crecimiento económico y del desarrollo económico. Una política económica que genere los suficientes incentivos para que los agentes económicos se sientan atraídos a invertir en el sector de I+D en combinación con las acciones del gobierno vía gasto público, puede impulsar un mayor progreso tecnológico y éste a su vez ser el motor de crecimiento económico largo plazo que requiere una economía emergente como México.

Para alcanzar mayores niveles de bienestar en la población es necesario ofrecer bienes donde esté incorporada la tecnología para darles un valor agregado y, por lo tanto, transarlos a un mayor valor comercial.

Cuadro 5. Estimaciones del Modelo OLS de transformación de razón con enfoque de crecimiento económico incluyendo el SNI

Variable dependiente PIB

Variables	Coeficiente	Error estándar	t-estadístico	Probabilidad
Constante	10.5390	0.3812	27.6504	0.0000
FBKF/Sueldos y salarios	0.4252	0.1197	3.5506	0.0006
SNI/Sueldos y salarios	0.0889	0.0332	2.6764	0.0090
R ²	0.3337			
F-estadístico	20.2837			

Nota: los errores estándar están corregidos por el método de la matriz de covarianza de White.

Fuente: elaboración propia con base de datos construida.

6. CONCLUSIONES

Tomando en cuenta las raíces de las bases de la economía y de los factores y sectores que se derivan de ésta, considerando su complejidad y su diversidad, se pueden formular algunas conclusiones. Con base en la investigación realizada se puede afirmar que existe una relación estrecha entre el desarrollo económico y las innovaciones a través de las patentes; así como con el crecimiento económico. Se observó que el incremento en I+D impacta de manera positiva en el impulso del crecimiento económico, y el resultado de este incremento a la investigación resultan las invenciones tomando como indicador las patentes.

Uno de los problemas que surgen al momento de realizar el análisis de regresión es la multicolinealidad, es decir, que las variables explicativas del modelo están estrechamente relacionadas entre sí y para tratar de corregirla se usó la trasformación de razón, es decir, se dividió cada variable entre las patentes y en sueldos y salarios. Se expresó un modelo en términos lineales en parámetros y logaritmos naturales en las variables. Bajo esta especificación los coeficientes obtenidos son interpretados directamente en elasticidades, presentando resultados positivos de acuerdo con la teoría del crecimiento endógeno.

Esta teoría sostiene que el crecimiento económico es el resultado de factores endógenos y no fuerzas externas como propone la teoría neoclásica convencional. Las inversiones federales hacia la I+D, resaltan que el capital humano, la innovación y el conocimiento contribuyen de manera significativa a potenciar el desarrollo económico y el crecimiento económico. La evidencia empírica muestra que las innovaciones tienen un papel determinante en el crecimiento económico para el periodo estudiado. Una buena redistribución de los ingresos y una buena utilidad de las políticas podrían generar el capital intelectual de calidad que se requiere para que las ventajas que conllevan impulsar este rubro generen beneficios sustanciales para una economía. De manera general se puede decir que las innovaciones afectan de manera positiva a las entidades económicas, por medio de la generación de las patentes. Una manera más clara para explicar el crecimiento de una entidad económica, es el grado de patentamiento en innovación que se tenga pero, lo importante es dirigir esas investigaciones e innovaciones a sectores productivos que reflejen el incremento económico, en economías emergente como la de México.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (Conacyt) por el apoyo financiero que facilitó esta investigación, así como al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste de México (CIBNOR), al *Public Intellectual Property Resource for Agriculture* (PIPRA) de la Universidad de California, Davis, y especialmente al licenciado Juan Carlos Leyva Poblano y al doctor Gerzaín Avilés Polanco por todo su apoyo en la organización de la información presentada en este artículo. Así como los comentarios proporcionados por los revisores anónimos por su apoyo en mejorar una versión anterior de este manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- Abramovitz, M. (1956), “Resource and Output Trends in the United States Since 1870”, *American Economic Review, Papers and Proceedings*.
- Aghion, P. y Howitt, P. (1992), “A Model of Growth through Creative Destruction”, *Econometrica*, vol. 60(2).
- Almendarez-Hernández, M. (2018), “Determinantes de las patentes y otras formas de propiedad intelectual de los estados mexicanos”, *Economía, Sociedad y Territorio*, XVIII(58).
- Barro, R. (1990), “Government spending in a Simple Model of Endogenous Growth”, *Journal of Political Economy*, vol. 98(5).
- Bayarcelik, E. y Tasel, F. (2012), “Research and Development: Source of Economic Growth”, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, vol. 58.
- Bilbao-Osorio, B. y Rodríguez-Pose, A. (2004), “From R&D to Innovation and Economic Growth in the EU”, *Growth and Change*, vol. 35(4).
- Blind, K. y Jungmittag, A. (2008), “The Impact of Patents and Standards on Macroeconomic Growth: a Panel Approach covering Four Countries and 12 Sectors”, *Journal of Productivity Analysis*, vol. 29(1).
- Calderón-Martínez, G. (2014), “Patentes en Instituciones de Educación Superior en México”, *Revista de la Educación Superior*, XLIII(2).
- Campo, J. (2012), “Impacto de las patentes sobre el crecimiento económico: un modelo panel cointegrado”, *Documentos de Trabajo* núm. 2, Industria y Comercio Superintendencia, Colombia.
- Cimoli, M. (ed.) (2005), *Heterogeneidad estructural, asimetrías tecnológicas y crecimiento en América Latina*, Santiago, Chile, Naciones Unidas.
- Corona, J. M. (2011), *Evolución Teórica de la Economía de la Innovación y la Tecnología*, UAM-x, Departamento de Producción Económica Posgrado

- en Economía y Gestión de la Innovación. Presentado en la Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Cozza, C. y Schettino, F. (2015), "Explaining the Patenting Propensity: A Regional Analysis Using EPO-OECD Data", en C. Mussida y F. Pastore (eds.), *Geographical Labor Market Imbalances: Recent Explanations and Cures*, New York, USA, Springer.
- Diessler, G. (2010), "Las patentes como fuente de información para la innovación en entornos competitivos", *Información, Cultura y Sociedad*, vol. 22.
- Dutt, A. (2003), "New Growth Theory, Effective Demand and Post-keynesian Dynamics", en N. Salvadori (ed.), *Old and New Growth Theories: An Assessment*, Cheltenham, England, Edward Elgar.
- Furman, J., Porter, P. y Scott, S. (2002), "The Determinants of National Innovative Capacity", *Research Policy*, vol. 31(6).
- Gould, D. M. y Gruben, W. C. (1996), "The Role of Intellectual Property Rights in Economic Growth", *Journal of Development Economics*, vol. 48(2).
- Griliches, Z. (1990), "Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey", *Journal of Economic Literature*, vol. 28.
- Grossman, G. M. y Helpman, E. (1991), *Innovation and Growth in the Global Economy*, Massachusetts, London, England, MIT Press Cambridge.
- Guastella, G. y Timpano, F. (2016), "Knowledge, Innovation, Agglomeration and Regional Convergence in the EU: motivating Place-based Regional Intervention", *Review of Regional Research*, vol. 36(2).
- Gujarati, D. N. (2004), *Econometría*, CDMX, México, McGraw-Hill.
- Hasan, I. y Tucci, C. (2010), "The Innovation-economic Growth Nexus: Global Evidence", *Research Policy*, vol. 39.
- Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) (2016), Servicios que ofrece el IMPI, patentes, Ciudad de México, México, IMPI. Recuperado de <<https://www.gob.mx/impi/acciones-y-programas/servicios-que-ofrece-el-impi-patentes?state=published>>
- _____ (2017), IMPI en Cifras 2017, Ciudad de México, México, IMPI.
- Jones, C. y Romer, R. (2010), "The New Kaldor Facts: Ideas, Institutions, Population, and Human Capital", *American Economic Journal: Macroeconomics*, vol. 2(1).
- Kim, Y. K., Lee, K., Park, W. G. y Choo, K. (2012), "Appropriate Intellectual Property Protection and Economic Growth in Countries at Different Levels of Development", *Research Policy*, vol. 41(2).
- Lanjouw, J. O., Pakes, A. y Putnam, J. (1996), "How to Count Patents and Value Intellectual Property: Uses of Patent Renewal and Application Data",

- NBER Working Paper núm. 5741, Cambridge, Massachusetts, USA, National Bureau of Economic Research.
- Lucas, R. (1988), “On the Mechanics of Economic Development”, *Journal of Monetary Economics*, vol. 22(1).
- Malva, A. y Carree, M. (2013), “The Spatial Distribution of Innovation: Evidence on the Role of Academic Quality for Seven European Countries”, *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 22(6).
- Maradana, R., Pradhan, R., Dash, S., Gaurav, K., Jayakumar, M. y Chatterjee, D. (2017), “Does Innovation Promote Economic Growth? Evidence from European Countries”, *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, vol. 6(1).
- Marroquín, A. J. y Ríos, H. (2012), “Inversión en investigación y crecimiento económico: un análisis empírico desde la perspectiva de los modelos de I+D”, *Investigación Económica*, LXXI(282).
- Maskus, K. y McDaniel, C. (1999), “Impacts of the Japanese Patent System on Productivity Growth”, *Japan and the World Economy*, vol. 11(4).
- Naciones Unidas-Cepal (2016), *Ciencia, tecnología e innovación en la economía digital: la situación de América Latina y el Caribe*, Naciones Unidas-Cepal, Santiago, Chile.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos y European Statistical System (OCDE/EUROSTAT) (2006), *Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*, traducción española, París, Francia, OCDE/EUROSTAT.
- Park, W. G. y Ginarte, J. C. (1997), “Intellectual Property Rights and Economic Growth”, *Contemporary Economic Policy*, vol. 15, núm. 3.
- Pece, A., Oros, O. y Salisteanu, F. (2015), “Innovation and Economic Growth: An Empirical Analysis for cee Countries”, *Procedia Economics and Finance*, vol. 26.
- Pulido San Román, A. (2008), “Una revisión de conjunto de la economía de los intangibles”, *Estudios de Economía Aplicada*, vol. 26(2).
- Rebelo, S. (1991), “Long-Run Policy Analysis and Long-run Growth”, *Journal of Political Economy*, vol. 99(3).
- Ríos, J. y Castillo, M. (2015), “Efectos de la capacidad innovadora en el crecimiento económico. Análisis comparativo entre países desarrollados y en desarrollo”, *Región y Sociedad*, XXVII(64).
- Ríos, H. y Marroquín, J. (2013), “Innovación tecnológica como mecanismo para impulsar el crecimiento económico: Evidencia regional para México”, *Contaduría y Administración*, 58(3).

- Ríos-Flores, J. y Ocegueda, J. M. (2017), “Capacidad innovadora y crecimiento regional en México: un enfoque especial”, *Economía, Sociedad y Territorio*, XVII(55).
- Romer, P. (1986), “Increasing Returns and Long-run Growth”, *Journal of Political Economy*, 94(5).
- _____. (1987), “Growth based on increasing Returns Due to Specialization”, *American Economic Review*, 77(2).
- _____. (1990), “Endogenous Technological Change”, *Journal of Political Economy*, 98(5).
- Sánchez, M., Cano, V. y Esparza, E. (2018), *Un análisis de las patentes como indicadores. Algunas consideraciones conceptuales*, Departamento de Economía Aplicada, Universidad de La Laguna, La Laguna (Islas Canarias). Recuperado de <<http://webs.ucm.es/info/ec/jec9/pdf/A11%20-%20S-E1nchez%20Padr%F3n,%20Miguel,%20Cano,%20Victor,%20Esparza,%20Encarnaci%F3n,%20Los%20Arcos,%20Enrique.pdf>>
- Sánchez, C. y Ríos, H. (2011), “La economía del conocimiento como base del crecimiento económico en México”, *Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 8(2).
- Sattar, A., Mehmood, T., Malik, W. y Subhan, Q. (2013), “Patenting, Licensing, Trade, Foreign Direct Investment and Economic Growth: A Panel Data Analysis of Middle and Low Income Countries”, *Journal of Intellectual Property Rights*, vol. 18(5).
- Schumpeter, J. A. (2009), *Essays: On Entrepreneurs, Innovations, Business Cycles, and the Evolution of Capitalism*, Edited by R. Clemence, New Brunswick, USA, Transaction Publishers.
- Solow, R. (1957), “Technical Change and the Aggregate Production Function”, *The Review of Economics and Statistics*, vol. 39(3).
- _____. (1994), “Perspectives on Growth Theory”, *The Journal of Economic Perspectives*, vol. 8(1).
- Torres-Preciado, V., Polanco, M. y Tinoco, M. (2014), “Technological Innovation and Regional Economic Growth in Mexico: a Spatial Perspective”, *Annals of Regional Science*, vol. 52(1).
- Torun, H. y Cicekci, C. (2007), *Innovation: Is the Engine for the Economic Growth*, Turquía, Ege University.
- Ulku, H. (2004), *R&D, Innovation, and Economic Growth: An Empirical Analysis*, Working Paper/04/185, Washington, USA, International Monetary Fund.