

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES SOCIOECONÓMICAS  
TESIS

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN ECONOMÍA REGIONAL  
2020

MAURO FRANCISCO SOTO RUBIO

**“Innovación y crecimiento económico en las entidades federativas de México y sus regiones: la importancia del financiamiento público y del tamaño de empresa”**

**Comité de Evaluador:**

Dr. Luis Gutiérrez Flores (Director)

Dr. Vicente Germán-Soto (Director)

Dr. Alejandro Brugués Rodríguez (Sinodal)

Dr. Eduardo Saucedo de la Fuente (Sinodal)

Dr. Jorge Omar Moreno Treviño (Sinodal)

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer profundamente a mi familia, muy especialmente a mis padres, gracias a ellos he sido, soy y seré una persona de valores y principios, al margen de los logros profesionales y académicos. A mi querida hermana por su apoyo incondicional de siempre. A mis sobrinitos Dominique y Emanuel por ser esa inyección de vida tan necesaria en algunos momentos.

También quiero agradecer a mis grandes amigos de toda la vida, los que siempre han estado para apoyarme de alguna forma en diferentes etapas y circunstancias. Ellos mejor que nadie conocen esas pequeñas historias que en ocasiones se vuelven retos de vida nada fáciles de superar. Aunque son muchos más, sí quiero mencionar a aquellos con quien tuve la oportunidad de compartir más de cerca este proceso: Ariel González, Miguel Guajardo, Noé Alvarado, Víctor Valdez y Socorro Durán.

Agradezco a mis directores de tesis, al Dr. Luis Gutiérrez Flores y, en particular, al Dr. Vicente Germán-Soto quien me acompañó durante toda mi estancia en el programa de doctorado y de quien he aprendido el rigor que implica la academia y la investigación. También me siento agradecido con el Dr. Gilberto Aboites quien siempre se mostró receptivo a mis planteamientos y necesidades académicas.

A la Dra. Hada Sáenz por su amistad. A mi compañero de generación y gran amigo David Franco Chichao por su enorme solidaridad y afecto sincero.

Quiero reconocer el apoyo del CONACYT, esa institución que no sólo me ha becado en un par de ocasiones, sino que también me brindó la oportunidad de servir en la administración pública federal.

No puedo dejar de expresar mi gratitud a todo el personal administrativo, siempre atento y dispuesto a apoyarnos.

La conclusión de una etapa sin duda se debe a una serie voluntades y colisiones de circunstancias aleatorias que desembocan en un final irrepetible. Ese momento ha llegado.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Introducción general	1
Referencias bibliográficas	7
<b>Primer artículo:</b> ” I+D, Innovación, Financiamiento Público y Crecimiento Económico: una aproximación teórica-descriptiva”	10
Introducción	11
1. Revisión Teórica	14
2. Evidencia empírica	26
2.1 Innovación y crecimiento económico	26
2.2. Financiamiento público y tamaño de empresa	29
3. I+D, innovación y crecimiento en México y el mundo	30
4. Políticas públicas de fomento a la innovación: el caso del PEI	39
5. Conclusiones: planteamiento del problema, objetivos e hipótesis de trabajo	49
Referencias bibliográficas	50
<b>Segundo artículo:</b> “Innovación, Financiamiento Público y Tamaño de Empresa en México y sus Entidades Federativas, 2009-2017”	63
Introducción	64
1. Revisión de literatura	66
2. Estudios empíricos	70
3. Datos	72
4. Metodología de estimación	75
5. Especificación de los modelos empíricos	77
6. Resultados	79
6.1 Resultados en la muestra absoluta	80
6.2. Muestra de 19 entidades	88
7. Conclusiones	94
Referencias bibliográficas	96

<b>Tercer artículo:</b> “Crecimiento e innovación regional en México: un análisis de datos de panel dinámico”	103
Introducción	104
1. Revisión de literatura	106
2. Descripción del modelo y ecuación de estimación	112
2.1. Modelo teórico	112
2.2. Metodología	114
2.3. Modelo empírico	117
3. Datos y análisis estadístico	118
4. Resultados	124
5. Conclusiones	131
Referencias bibliográficas	133
Conclusiones generales	139

## **Gráficas**

**Primer artículo:**” I+D, Innovación, Financiamiento Público y Crecimiento Económico: una aproximación teórica-descriptiva”

Gráfica 1. Solicitudes de patentes por cada 100 mil habitantes para muestra de la OCDE, 1996 y 2018.	31
Gráfica 2. Relación de los valores promedio del GIDE/PIB y las solicitudes de patentes por cada 100 mil habitantes para todo el periodo, muestra de países (1996-2017).	32
Gráfica 3. GIDE por país y promedio OCDE, 1996-2017.	33
Gráfica 4. Solicitudes de patentes por mil habitantes por país y promedio OCDE, 1996-2018.	34
Gráfica 5. Relación de los valores promedio de las solicitudes de patentes por cada 100 mil habitantes y el PIB <i>per cápita</i> países OCDE, 1996-2018 (USD dólares actuales).	34
Gráfica 6. PIB <i>per cápita</i> anual para la OCDE y otros países, 1996-2018 (USD dólares actuales).	35

Gráfica 7. Número de solicitudes de patentes de residentes a nivel nacional, 2009-2017.	36
Gráfica 8. Relación de los valores promedio del GIDE/PIB vs Solicitudes de patentes por mil habitantes en México, 1996-2017.	37
Gráfica 9. Relación solicitudes de patentes por cada 100 mil habitantes y el PIB per cápita en México, 1996-2018 (USD dólares actuales).	38
Gráfica 10. Solicitudes de patentes por 100 mil habitantes por entidad federativa, 1994 y 2017.	38
Gráfica 11. Solicitudes de patentes por cada 100 mil habitantes vs PIB per cápita, por entidad federativa, 2017.	39
Gráfica 12. Recursos anuales dentro del PEI, 2009-2017 (millones de pesos).	42
Gráfica 13. Gasto en innovación dentro del PEI y solicitudes de patentes por entidad federativa, 2009-2017 (millones de pesos).	42
Gráfica 14. Solicitudes de patentes por entidad federativa, con y sin PEI, 2000-2017.	43
Gráfica 15. Gasto en innovación dentro del PEI por entidad federativas, 2009-2017 (millones de pesos).	45
Gráfica 16. Gasto ejercido dentro del PEI por tamaño de empresa y por año, 2009-2017 (millones de pesos).	46
Gráfica 17. Gasto total en innovación dentro del PEI por tamaño de empresa, 2009-2017 (en millones de pesos).	47
Gráfica 18. Monto de promedio proyecto por tamaño de empresa, 2009-2017 (en millones de pesos).	48
Gráfica 19. Gasto promedio en proyectos de innovación de las empresas grandes dentro del PEI por entidad federativa, 2009-2017 (millones de pesos).	48

**Tercer artículo:** “Crecimiento e innovación regional en México: un análisis de datos de panel dinámico”

Gráfica 1. Distribución de la variable solicitudes de patentes	119
Gráfica 2. Relación entre solicitudes de patentes por cada 100 mil habitantes y PIB per cápita, 2017 (miles de pesos).	120

Gráfica 3. Regionalización geográfica.	122
Gráfica 4. Regionalización por nivel de ingreso.	122
Gráfica 5. Regionalización por nivel de recursos ejercidos dentro del PEI.	123
Gráfica 6. Regionalización por tamaño relativo sector terciario.	123

## **Cuadros**

### **Primer artículo:**” I+D, Innovación, Financiamiento Público y Crecimiento Económico: una aproximación teórica-descriptiva”

Cuadro 1. Gasto en innovación dentro del PEI y el reportado en la ESIDET.	44
Cuadro 2. Número y porcentaje relativo por tamaño de empresa en México, 2017.	44

### **Segundo artículo:** Innovación, Financiamiento Público y Tamaño de Empresa en México y sus Entidades Federativas, 2009-2017

Cuadro 1. Clasificación de las entidades federativas de acuerdo con su participación en el PEI	80
Cuadro 2. Gasto total en innovación (Modelo 1)	81
Cuadro 3. Gasto público en innovación (Modelo 2)	83
Cuadro 4. Gasto privado en innovación (Modelo 3)	84
Cuadro 5. Gasto en innovación de las pequeñas empresas (Modelo 4)	85
Cuadro 6. Gasto en innovación de las empresas medianas y grandes (Modelo 5)	86
Cuadro 7. Gasto en innovación de las empresas grandes (Modelo 6)	87
Cuadro 8. Gasto total en innovación (Modelo 1 para la muestra de 19 entidades)	89
Cuadro 9. Gasto público en innovación (Modelo 2, muestra de 19 entidades)	90
Cuadro 10. Gasto privado en innovación (Modelo 3, muestra de 19 entidades)	91
Cuadro 11. Gasto en innovación de las pequeñas empresas (Modelo 4)	92
Cuadro 12. Gasto en innovación de las empresas medianas y grandes (Modelo 5)	93

### **Tercer artículo:** “Crecimiento e innovación regional en México: un análisis de datos de panel dinámico”

Cuadro 1. Estadística descriptiva de las variables del modelo.	121
--	-----

Cuadro 2. Efecto de la innovación sobre el PIB <i>per cápita</i> de las entidades federativas del país.	125
Cuadro 3. Efecto de la innovación sobre el PIB per cápita por regiones de ingreso, PEI y geográfica.	127
Cuadro 4. Efecto de la innovación sobre el PIB per cápita por sectores económicos.	129
Cuadro 5. Pruebas de estacionariedad (valores de las variables en logaritmos).	131

## Introducción General

En las últimas décadas el crecimiento de México ha estado muy por debajo de las tasas requeridas para acercarse a los niveles de ingreso per cápita de los países desarrollados. Más aún, comparado con los países miembros de la OCDE esta distancia se ha incrementado en términos reales durante el periodo de análisis 1994-2017 en cerca de 9 mil dólares<sup>1</sup>. Asimismo, la inversión en investigación y desarrollo (I+D) y los niveles de innovación son de los más bajos de la OCDE. En el primer caso, el promedio del GIDE/PIB nacional durante los últimos 20 años ha sido de 0.41, mientras que el promedio de todos los países miembros de la OCDE ha sido de 1.98 por ciento.<sup>2</sup>

Los factores que explican el crecimiento de una economía son varios, sin embargo, desde finales de la década de los ochenta se ha puesto el acento en una serie de modelos teóricos y estudios empíricos que muestran evidencia en la que los países que más han invertido en I+D son los que han experimentado las mayores tasas de crecimiento (Ulku, 2004; Rodríguez-Pose y Crescenzi, 2008; OCDE, 2015). Además, existe un consenso generalizado entre los modelos teóricos más destacados en materia de crecimiento económico acerca de cómo una mayor intensidad en las actividades en I+D lleva a incrementar el nivel de innovación, lo que permite un crecimiento sostenido (Romer, 1990; Grossman y Helpman, 1991; Aghion y Howitt, 1992 y 1998; Coe y Helpman, 1995; Jones, 1998; Sala-i-Martin, 2000; Aghion, Akcigit y Howitt, 2015).

Esto ha despertado el interés por construir una agenda de investigación relativamente nueva en México sobre el efecto de la innovación en el crecimiento económico del país y sus regiones. En este sentido cabe destacar que la innovación es importante en la medida que permita mejorar las condiciones de vida de una sociedad, por lo que el crecimiento económico ha sido considerado como una condición *sine qua non* para el desarrollo de las sociedades. Si bien se requiere la presencia de otros elementos institucionales y políticos que permitan que el crecimiento económico se traduzca en la construcción de sociedades más prósperas, si no se genera suficiente riqueza en una economía no existirán los recursos necesarios para ello.

---

<sup>1</sup> Cálculos propios con base en información del Banco Mundial (Dólares de 2010).

<sup>2</sup> Estimaciones propias con base en datos del Banco Mundial. <https://datos.bancomundial.org/indicador>

Los estudios que abordan la relación entre la innovación y el crecimiento económico en México se encuentran en un marco abigarrado de metodologías y variables *proxy*. Algunos trabajos toman al país como unidad de estudio y a partir de técnicas de cointegración estiman la relación entre innovación y crecimiento (Guzmán y Gómez, 2010; Guzmán, López-Herrera y Venegas Martínez, 2012). También se han desarrollado investigaciones a nivel de entidad federativa (Mendoza, Torres y Polanco, 2008; Villarreal, 2012). Otras investigaciones han buscado la construcción de un índice de innovación para el país (Mungaray, Ríos, Aguilar y Ramírez; 2015), así como para las entidades federativas (Ríos-Flores y Ocegueda, 2017 y 2018).

No obstante, existen dos elementos fundamentales en la relación entre innovación y crecimiento que prácticamente no han sido explorados en la literatura para el país: el financiamiento público y el papel del tamaño de empresa. Sobre el primer elemento los pocos estudios realizados para el país han sido para periodos de tiempo muy cortos o bien de alcance territorial limitado. En cuanto a la relevancia que puede tener el tamaño de empresa en el proceso de innovación, las investigaciones para el país se han realizado sobre alguna industria en particular o a nivel de estudios de caso para alguna entidad en particular.

Por otro lado, la investigación a nivel regional entre innovación y crecimiento económico en México es más reciente y menos abundante. Actualmente se cuenta con una mayor cantidad de datos y nuevas fuentes de información que permiten ampliar el periodo de estudio entre la innovación y el crecimiento, pero, sobre todo, explorar nuevos criterios de regionalización que arrojen luz sobre algunas de las principales particularidades de un país tan heterogéneo como México.

Por lo anterior, el objetivo central de esta investigación es analizar la relación de largo plazo entre el nivel de innovación y el crecimiento económico en el país y sus regiones, así como el efecto del financiamiento público y el papel que juegan los distintos tamaños de empresa en el proceso de innovación.

La pregunta central de esta investigación es: ¿cuál ha sido el efecto del financiamiento público y de los diferentes tamaños de empresa en el nivel de innovación y de esta última sobre el crecimiento económico del país y sus regiones?

Debido a que la investigación está estructurada en tres artículos independientes, aunque claramente vinculados temáticamente, cada uno de ellos se desarrolló empleando

metodologías y bases de datos distintas, además de plantear de manera más puntual las preguntas y los objetivos de investigación. Asimismo, cada artículo cuenta con su propia numeración de cuadros y gráficas, así como de su listado de referencias bibliográficas.

El primer artículo es de tipo exploratorio y descriptivo. Aquí se presenta un estado del arte actualizado de la teoría que propone a la innovación como el principal motor del crecimiento. Asimismo, se realiza una amplia revisión de estudios que desde distintos enfoques metodológicos estudian el efecto a la innovación sobre el crecimiento económico, tanto a nivel internacional como para el país. Además, se hizo una síntesis de la literatura que muestra la importancia de los esquemas de financiamiento público como un mecanismo que puede resolver algunas de las fallas del mercado de la innovación, así como de aquellos estudios que presentan evidencia del liderazgo que tienen las grandes empresas en el proceso de innovación.

Esta revisión de literatura es inédita en el país, lo que constituye en sí misma una aportación a línea de investigación que estudia el efecto de la innovación sobre el crecimiento económico, pues incluye dos elementos clave en el proceso de innovación no abordados en un mismo artículo, a saber, el financiamiento público y el tamaño de empresa. Asimismo, la exploración de la base de datos del PEI permite contar con información de las aportaciones públicas y privadas para los proyectos de innovación por tamaño de empresa a nivel de entidad federativa.

La estructura del artículo es la siguiente. En la primera sección se presenta una amplia revisión sobre las aportaciones teóricas que, desde diferentes enfoques, proponen a la innovación como el principal factor que explica el crecimiento económico. Asimismo, se hace una exploración de los fundamentos teóricos que explican la relevancia del tamaño de empresa y del financiamiento en público en el proceso de innovación. En el segundo apartado se hace una revisión de algunos de los principales estudios empíricos, internacionales y para México, que exploran el efecto de la innovación sobre el crecimiento económico, así como de aquellos que muestran la importancia del financiamiento público y de las grandes empresas en el nivel de innovación. La tercera sección muestra un análisis descriptivo de algunos datos sobre I+D, innovación y el ingreso per cápita para otras regiones del mundo, así como para el país y sus entidades. En la cuarta sección se hace una breve descripción del PEI y se presentan los datos más relevantes de acuerdo al objetivo central de la investigación.

Finalmente, se muestran los objetivos y las hipótesis de trabajo a desarrollar en los siguientes dos artículos, los cuales se desprenden de la revisión de literatura y del análisis descriptivo de los datos.

El segundo artículo explora en primer lugar el papel del financiamiento público en México y se fundamenta en una serie de estudios que muestran evidencia sobre el efecto positivo del éste en los niveles de inversión en I+D, así como el número de innovaciones (Torun y Çiçekçi, 2007; Brozinini y Piselli, 2009; Lazonick y Mazzucato, 2013; Becker, 2015; Dimos y Pugh, 2016; Mazzucato y Semieniuk, 2017). Por otro lado, también se investiga la contribución de las empresas a la innovación del país de acuerdo a su tamaño y su fundamentación teórica sostiene que las grandes empresas están en el centro del proceso de innovación debido a los costos y el riesgo asociados a los proyectos de I+D+i, cuyos desarrollos tienen su origen en los trabajos fundacionales de Galbraith (1952) y Arrow (1963). Asimismo, debido a que un proyecto de I+D+i de gran magnitud requiere un mínimo de escala empresarial para su desarrollo (Knott y Vieregger, 2020). En este sentido, la dispersión de los costos de inversión en I+D (Cohen y Klepper, 1996) y la diversidad técnica incrementan la probabilidad de éxito de un proyecto de I+D+i (Nelson, 1959; Nelson y Winter, 1982; Knott y Vieregger, 2020).

En este segundo artículo se plantean las siguientes preguntas de investigación: ¿en qué medida influye el financiamiento público (PEI) en el grado de innovación de las empresas en las entidades federativa del país?, ¿cómo es la relación entre el gasto en proyectos de innovación de los distintos tamaños de empresa y el nivel de innovación que generan por entidad federativa?

La primera hipótesis propuesta es que el financiamiento público, medido a través de los recursos ejercidos dentro del PEI, tiene un efecto positivo en el grado de innovación de las empresas en las entidades federativas del país. La segunda hipótesis del artículo sostiene que son las empresas grandes las que más invierten en investigación y desarrollo (I+D), así como las que más innovaciones producen.

Es artículo intenta llenar un hueco en la literatura académica de la innovación en el país al incorporar al análisis dos elementos muy importantes: el financiamiento público y el tamaño de empresa. Para ello se utilizó la base de datos del PEI de 2009 a 2017 y se estimó un panel

de datos a partir de la metodología de Poisson y Binomial Negativo, ya que la variable dependiente (solicitudes de patente) se considera en la teoría de la probabilidad y en la econometría como una variable de conteo. La heterogeneidad propia de los datos de corte transversal que acompañan a un panel de datos produce un efecto de sobredispersión, por lo que las estimaciones que se tomaron como válidas, una vez realizadas las pruebas pertinentes, fueron las obtenidas por la metodología Binomial Negativo.

La primera contribución de la investigación realizada en el segundo artículo surge desde los mismos datos empleados, pues se construyen a partir del gasto real y comprobable de las empresas en proyectos de innovación. Es importante señalar que la gran mayoría de los estudios abordan el tema de la innovación utilizando como aproximación el gasto en I+D que reportan las propias empresas en encuestas diseñadas para este propósito.

Otra contribución de este artículo consiste en el nivel de desagregación de la información sobre el gasto en innovación, ya que se presenta por el tamaño de empresa de cada entidad federativa, cuestión que hasta nuestro conocimiento no se había realizado previamente para todas las entidades del país ni para un periodo de nueve años. La información contenida en la base de datos del PEI permite estudiar cuáles son las empresas que de acuerdo a su tamaño contribuyen a la innovación en las entidades país y en qué medida lo hacen.

Lo anterior cobra mayor relevancia cuando se tiene presente que en una economía son las empresas las que en gran medida impulsan el cambio tecnológico y lo hacen, además, en una región determinada.

La estructura del segundo artículo es la siguiente. En primer lugar, se muestra una síntesis de los principales fundamentos teóricos que establecen una relación positiva entre el financiamiento público y la escala de las empresas con el nivel de innovación. En un segundo apartado se presentan los resultados y aportaciones de algunos estudios empíricos sobre la relación positiva entre estos tres elementos. En la tercera sección se describen los datos y las variables que se utilizan en este artículo. En el siguiente apartado se describe la metodología utilizada para las estimaciones econométricas. En un quinto apartado se presentan los modelos econométricos empíricos a estimar. En seguida se muestra la sección de los resultados de modelos econométricos y, finalmente, se presentan una serie de conclusiones.

El tercer artículo explora la relación empírica de largo plazo entre la innovación y el crecimiento económico para el país y sus regiones. La base teórica de este artículo se encuentra principalmente en los modelos desarrollados por Romer, 1990; Grossman y Helpman 1991; Aghion y Howit, 1992. Además, la gran mayoría de los estudios empíricos internacional aportan evidencia del efecto positivo de la innovación en el crecimiento económico (Ulku, 2004 y 2007; Pece, Oras y Salisteanu, 2015; Pradhan, Arvin, Hall y Nair, 2016; Kacprzyk y Doryń, 2017;; Avila-Lopez, Chaofeng y Lopez-Leyva, 2019; Maradana, Zaki, Pradhan, Gaurav, Dash, Jayakumar y Sarangi, 2019).

Asimismo, existen estudios a nivel nacional que también encuentran una relación positiva entre el grado de innovación y el nivel de ingreso (Guzmán, López-Herrera y Venegas Martínez, 2012; Villarreal, 2012; Mungaray, Ríos, Aguilar y Ramírez, 2015; Almendarez-Hernández y Jefferson, 2018; Ríos-Flores y Ocegueda, 2017 y 2018).

Este artículo se orienta por las siguientes interrogantes: ¿cuál es el efecto de la innovación en el nivel de ingreso *per cápita* de las entidades federativas?, ¿cuáles son algunas características regionales y de política pública de fomento a la innovación que pueden explicar las diferencias en el efecto de la innovación sobre el nivel de ingreso de las entidades federativas?, y, ¿en qué sectores económicos la innovación presenta un mayor efecto sobre el ingreso *per cápita*?

La hipótesis de este tercer artículo sostiene que la innovación, vista a través de la acumulación de patentes, incide positivamente en el nivel de ingreso *per cápita* de las entidades federativas de México. Asimismo, se plantea la hipótesis según la cual existen factores regionales de estructura económica y de políticas públicas que explican parcialmente los distintos grados del efecto de la innovación sobre el ingreso *per cápita* en las entidades. En este artículo se emplea la solución de Koyck (1954) y se estima un panel de datos dinámico utilizando la metodología propuesta por Arellano y Bond (1991) para el periodo 1994-2017. La cantidad de observaciones de la base de datos permite que el método Arellano-Bond sea una buena opción para estimar los modelos econométricos, debido a que permite construir una matriz de instrumentos que resuelve eficazmente el problema de endogeneidad. Esta investigación contribuye a la línea de investigación al emplear criterios de regionalización no utilizados previamente, como la intensidad con que se participó en la política pública de fomento a la innovación empresarial más importante del país en los

últimos años (PEI). La regionalización a partir del tamaño relativo de los sectores económicos de cada una de las entidades permite realizar un acercamiento hacia el tipo de actividades económicas en los que la innovación tiene un mayor efecto sobre el ingreso per cápita, lo cual no se había visto en el país en este tipo de modelos econométricos dinámicos. Asimismo, se aporta a línea de investigación explorando el poder explicativo que tiene el tamaño relativo de la economía de cada entidad en el crecimiento económico. Finalmente se presentan una serie de conclusiones y reflexiones finales sobre los tres artículos.

## Referencias

- Aghion, P. y Howitt, P. (1992). "A Model of Growth Through Creative Destruction." *Econometrica*, Vol. 60(2), pp. 323-351.
- Aghion, P. Howitt, P. (1998). *Endogenous Growth Theory*. Cambridge, MA, MIT Press.
- Aghion, P. Akcigit, U. y Howitt, P. (2015). "The Schumpeterian Growth Paradigm". *Annual Review of Economics*, Vol. 7, pp. 557-575.
- Arellano, M. y Bond, S. (1991). "Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations". *Review of Economic Studies*, Vol. 58(2), pp. 277-297.
- Avila-Lopez, L. Chaofeng L. y Lopez-Leyva S. (2019). "Innovation and growth: evidence from Latin American countries", *Journal of Applied Economics*, Vol. 22(1), 287-303.
- Beltrán-Morales, L. Almendarez-Hernández, M. y Jefferson, D. (2018). "El efecto de la innovación en el desarrollo y crecimiento de México: una aproximación usando las patentes", *Revista Problemas del Desarrollo*, Vol. 195 (49), pp. 55-76.
- Coe, D. y Helpman, E. (1995). "Internacional R&D spillovers". *European Economic Review*, Vol. 39, pp. 859-887.
- Grossman, G. y Helpman, E. (1991). *Innovation and Growth in the Global Economy*. Cambridge MA: The MIT Press.
- Guzmán, A. y Gómez, H. (2010). Brechas tecnológicas y procesos de convergencia entre países emergentes e industrializados en la industria bio-farmacéutica, 1980-2005. En: J. Guillén (Coord.), *Una década de estudios sobre economía social*, México: Juan Pablos, pp. 38-65.

- Guzmán, A. López-Herrera, F. y Venegas-Martínez, F. (2012). “Un análisis de cointegración entre patentes y crecimiento económico en México, 1980-2008”. *Investigación Económica*, Vol. 71, (281), pp. 83-115.
- Jones, Ch. (1998). *Introduction to Economic Growth*. USA. Norton & Company, Inc.
- Kacprzyk, A. y Doryń, W. (2017). “Innovation and economic growth in old and new member states of the European Union”, *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, Vol. 30 (1), pp. 1724-1742.
- Koyck, L. (1954). *Distributed Lags and Investment Analysis*. North-Holland, Amsterdam.
- Maradana, R. Zaki, D. Pradhan, R. Gaurav, K. Dash, S. Jayakumar, M. y Sarangi, A. (2019). “Innovation and economic growth in European Economic Area countries: The Granger causality approach”, *IIMB Management Review* Vol. 31, pp. 268–282.
- Mendoza, J. Torres, V. y Polanco, M. (2008). “Desigualdad del crecimiento económico regional e innovación tecnológica en México”. *Comercio Exterior*, 58(7), 507-521.
- Mungaray, A. Ríos, J. Aguilar, J. y Ramírez, M. (2015). “La capacidad innovadora de la economía mexicana”. *Economía: Teoría y Práctica*, (43), pp. 11-36.
- OCDE (2015). *Estudios económicos de la OCDE México*. París, OCDE.
- Pece, A. Oros, O. y Salisteanu, F. (2015). “Innovation and economic growth: An empirical analysis for CEE countries”. *Procedia Economics and Finance*, Vol. 26, pp. 461–467.
- Pradhan, R. Arvin, M. Hall, J. y Nair, M. (2016). “Innovation, financial development and economic growth in eurozone countries”. *Applied Economics Letters*, Vol. 23(16), pp. 1141–1144.
- Ríos-Flores, J. y Ocegueda, J. (2017). “Capacidad innovadora y crecimiento regional en México: un enfoque espacial”. *Economía, sociedad y territorio*, Vol.17 (55), pp. 743-775.
- Ríos-Flores, J. y Ocegueda, J. (2018). “Efectos de la capacidad innovadora en el crecimiento económico de las entidades federativas en México 2018”. *Estudios fronterizos*, Vol. 19(13).

- Rodríguez-Pose, A. y Crescenzi, R. (2008). “Research and development, spillovers, innovation systems, and the genesis of regional growth in Europe”. *Regional studies*, 42 (1), pp. 51-67.
- Romer, P. (1990). “Endogenous Technological Change”. *The Journal of Political Economy*, Vol. 98(5), pp. s71-s102.
- Sala-i-Martin, X. (2000). *Apuntes de Crecimiento Económico*. Segunda Edición. Barcelona. Antoni Bosh.
- Ulku, H. (2004). “R&D, Innovation, and Economic Growth: An Empirical Analysis”, International Monetary Fund Working Papers, pp. 2-35.
- Ulku, H. (2007). “R&D, innovation, and growth: evidence from four manufacturing sectors in OECD countries”, *Oxford Economic Papers*, Vol. 59(3), pp. 513–535.
- Villareal, E. (2012). “Innovación y crecimiento regional en México 2000-2010”. XXXVIII Reunión de Estudios Regionales. En Congreso de la Asociación Española de Ciencia Regional, xxxviii Reunión de Estudios Regionales.
- Consultado en <http://old.aecr.org/web/congresos/2012/Bilbao2012/htdocs/pdf/p596.pdf>

---

## **PRIMER ARTÍCULO**

**I+D, INNOVACIÓN, FINANCIAMIENTO PÚBLICO Y  
CRECIMIENTO ECONÓMICO:  
UNA APROXIMACIÓN TEÓRICA-DESCRIPTIVA**

## **Introducción**

Existe un consenso generalizado entre los diferentes desarrollos teóricos de los académicos más destacados en materia de crecimiento económico acerca del efecto positivo de las actividades en I+D sobre el nivel de innovación y de esta última sobre el crecimiento económico (Romer, 1990; Grossman y Helpman, 1991; Aghion y Howitt, 1992 y 1998; Coe y Helpman, 1995; Jones, 1998; Sala-i-Martin, 2000; Aghion, Akcigit y Howitt, 2015). Además, existen diversos estudios empíricos a nivel internacional que han encontrado que aquellos países que han destinado una mayor cantidad de recursos a la investigación y desarrollo (I+D) también son los países con mayores niveles de innovaciones y tasas de crecimiento en los últimos lustros (Ulku, 2004; OCDE, 2015).

Asimismo, la gran mayoría de la evidencia a nivel internacional, desde distintas metodologías y con diferentes variables en sus modelos empíricos, muestra una relación positiva entre la innovación y el crecimiento económico en una importante cantidad de países de ingreso medio y alto (Gould y Gruben, 1995; Ulku, 2004 y 2007; Bilbao-Osorio y Rodríguez-Pose, 2004; Rodríguez-Pose y Crescenzi, 2008; Hasan y Tucci, 2010; Ríos y Castillo, 2015; Agénor y Neanides, 2015; Pece, Oras y Salisteanu, 2015; Feki y Mnif, 2016; Pradhan, Arvin, Hall y Nair, 2016; Kacprzyk y Doryń, 2017; Maradana, Pradhan, Dash, Gaurav, Jayakumar y Chatterjee, 2017; Avila-Lopez, Chaofeng y Lopez-Leyv, 2019; y Maradana, Zaki, Pradhan, Gaurav, Dash, Jayakumar y Sarangi, 2019; Christensen, Ojomo, y Dillon, 2019).

De forma más reciente se han realizado una serie de estudios para México que han encontrado una relación positiva entre la innovación y el crecimiento económico de México (Guzmán y Gómez, 2010; Guzmán, López-Herrera y Venegas-Martínez, 2012; Mungaray, Ríos, Aguilar y Ramírez, 2015; Beltrán-Morales, Almendarez-Hernández y Jefferson, 2018) y sus entidades o regiones (Mendoza, Torres y Polanco, 2008; Villarreal, 2012; Rodríguez-Pose y Villarreal, 2015; Ríos-Flores y Ocegueda, 2017 y 2018).

La innovación es producto de las ideas ya que presentan características particulares como un tipo de bien: son no rivales y parcialmente excluyentes (Romer, 1986; Romer, 1990; Jones, 1998). Debido a lo anterior es que la innovación es difícil de contener, las utilidades producto de la inversión en actividades de innovación son inciertas y los retornos sociales tienden a ser más elevados que los privados. Esto puede llevar a un escenario de subinversión de las empresas en actividades de innovación, por lo que existe un consenso generalizado en el

sentido que las políticas públicas deben jugar un papel central en la solución de estos problemas (Romo, 2006). Dentro de los instrumentos de política pública diseñados para resolver los desafíos asociados a la inversión en I+D se encuentra el financiamiento público. La importancia del financiamiento público ha sido documentada por diversos estudios a nivel internacional que confirman la contribución de los apoyos públicos directos a la I+D en la solución de las fallas de mercado, incrementando tanto la inversión privada en I+D, como el número de innovaciones (David, Hall, y Toole, 2000; Klette, Moen, y Griliches, 2000; Torun y Çiçekçi, 2007; Brozinini y Piselli, 2009; Lazonick y Mazzucato, 2013; Becker, 2015; Aboal, y Garda, 2015; Dimos y Pugh, 2016; Semieniuk y Mazzucato, 2017). Asimismo, la mayoría de los estudios empíricos rechazan el desplazamiento de la inversión privada en I+D o el efecto de *crowding-out* (Segerstrom, 1991; Arvanitis, Donze y Sydow, 2010; Klette y Møen, 2012; Aboal, y Garda, 2015; Dimos y Pugh, 2016; Beck, Lopes-Bento y Schenker-Wicki, 2016).

En México las políticas de financiamiento público a la innovación tecnológica en el país son recientes y limitadas. Apenas iniciado el siglo XXI, de 2001 a 2008, se implementó el Programa de Estímulo Fiscal a la Investigación y el Desarrollo de Tecnología (EFIDT)<sup>3</sup>, el cual fue sustituido en 2009 por el Programa de Estímulos a la Innovación (PEI), como un mecanismo de apoyos complementarios a los proyectos de innovación de las empresas. Además, la relación entre el financiamiento público y los efectos de adicionalidad en I+D+i ha sido muy poco estudiada en el país. No obstante, los estudios realizados para México muestran un efecto positivo en alguno de los tipos de adicionalidad del apoyo público (Lopez-Acevedo y Tan, 2010; Calderón-Madrid, 2011; Vergara y Hejis, 2013; Mungaray, López y Moctezuma 2013; Pastor, Rodríguez y Ramos 2017; Chávez, 2019).

La importancia de estudiar la eficacia de este tipo de mecanismos de apoyo a la I+D se hace más notoria cuando se observa que el gasto promedio en I+D como porcentaje del PIB (GIDE/PIB) en México durante los últimos 20 años ha sido de 0.41, muy alejado del promedio de los países miembros de la OCDE (1.98 por ciento)<sup>4</sup>. Además, la inversión

---

<sup>3</sup> En el año 2017 se ha relanzado la primera convocatoria de incentivos fiscales bajo un nuevo esquema de operación.

<sup>4</sup> Estimaciones propias con base en los indicadores de desarrollo publicados por el Banco Mundial. <https://datos.bancomundial.org/indicador>

privada en I+D representa alrededor del 19 por ciento de este gasto<sup>5</sup>, mientras que el promedio de la inversión privada en la OCDE es de 40 por ciento<sup>6</sup>.

Referente al papel del tamaño de las empresas en el proceso de innovación existen varios estudios realizados en distintas regiones del mundo que, a partir de diferentes metodologías y fuentes de información, que comparten la conclusión según la cual las empresas de mayor tamaño son las que en términos absolutos innovan más (Scherer, 1965; Acs y Audretsch, 1988 y 1990; Cohen y Klepper, 1996; Raffo, Lhuilleryb y Miotti, 2008; Vaona y Pianta, 2008, Crespi y Zuniga, 2012; Alsharkas, 2014; Knott y Vieregger, 2020).

En México, la relación entre el tamaño de empresa y el nivel de innovación apenas si ha sido abordada. No obstante, Ollivier y Thompson (2008) y Guzmán, Brown y Mendoza (2016) encuentran consistencia entre sus resultados y la hipótesis schumpeteriana respecto a la escala de la empresa y el nivel de innovación.

El objetivo de esta investigación es definir líneas de investigación y establecer hipótesis de trabajo a partir de una revisión de la literatura más relevante que aborda la relación entre innovación y crecimiento económico, tanto a nivel teórico como empírico, tomando en cuenta el papel que juegan en esta relación el financiamiento público y el tamaño de empresa. Asimismo, se busca explorar algunas fuentes de información que hoy permiten observar estas relaciones en un horizonte de tiempo más amplio y a un mayor nivel de desagregación.

La estructura del documento es la siguiente. En la primera sección se presenta una revisión sobre las principales aportaciones teóricas que identifican a la innovación como el principal factor que explica el crecimiento económico. En este mismo apartado se presentan de manera sucinta algunas aportaciones teóricas que explican la relevancia del tamaño de empresa y del financiamiento en público en el proceso de innovación. En el segundo apartado se hace una revisión de algunos de los principales estudios empíricos, internacionales y para México, que exploran el efecto de la innovación sobre el crecimiento económico, así como de aquellos que exploran la importancia del financiamiento público y del tamaño de las empresas en el nivel de innovación. La tercera sección muestra un análisis descriptivo de algunos datos para otras regiones del mundo y para el país. En la cuarta sección se hace una breve descripción

---

<sup>5</sup> Ver Informe General del Estado General de la Ciencia y la Tecnología, ediciones 2009-2016.

<sup>6</sup> Datos descargados de la página <https://data.oecd.org/rd/gross-domestic-spending-on-r-d.htm>. 02/junio/2019.

del PEI y se presentan los datos más relevantes de acuerdo a los objetivos planteados. Finalmente, se presentan las hipótesis de trabajo y los objetivos desarrollar en dos artículos.

## **1. Revisión teórica**

Los enfoques de la economía evolucionista y la nueva teoría del crecimiento son los dos marcos teóricos en la literatura académica actual que permiten estudiar los determinantes de la innovación y su importancia en el crecimiento de una economía (Antonelli, 2017). El enfoque evolucionista se inicia como un cuerpo teórico con las aportaciones de Joseph Schumpeter a principios del siglo XX. Schumpeter (1942) señala que las ganancias por encima del promedio alimentan el proceso de innovación. El incentivo del beneficio monopólico coloca al empresario en el centro de este proceso creativo, por lo que la innovación resulta un proceso endógeno. También consolida el concepto de “destrucción creativa”, que hace referencia a las mejoras en los productos o procesos productivos que permiten el nacimiento de otros nuevos que desplazan a los existentes.

El cambio constante en la economía es inherente a la dinámica del sistema capitalista impulsado por las innovaciones que transforman las estructuras económicas, lo que constituye la lógica evolutiva en las economías (Schumpeter, 1912). En este sentido, la innovación como fuente de crecimiento económico sostenido, también ayuda a explicar las diferencias en los niveles de desarrollo entre países y regiones.

Los desarrollos teóricos que siguieron a las aportaciones de Schumpeter se agrupan dentro del enfoque de la Teoría de la Economía Evolucionista. Desde este mirador teórico, el cambio tecnológico se entiende como un factor dinámico en el tiempo y que está influenciado por mecanismos sistémicos, así como por elementos aleatorios que producen alguna variación de los factores que inciden en el cambio tecnológico (Dosi y Nelson, 1994).

Los modelos evolucionistas de crecimiento exploran, además de los elementos macroeconómicos como los factores de producción, otros aspectos microeconómicos que influyen en el proceso de crecimiento tales como el comportamiento maximizador del empresario, la entrada y salida de las empresas, así como el tamaño de éstas (Aghion, Akcigit y Howitt, 2015).

El enfoque evolucionista también relaciona positivamente la calidad de las instituciones y de las políticas con el crecimiento económico de cada región, y señala que éstas no

necesariamente deben ser las mismas para un país desarrollado que para uno en desarrollo. (Aghion, Akcigit y Howitt, 2015). En este sentido, las estrategias o políticas que funcionan para una empresa, sector, industria, país o región, pueden no resultar acertadas para otros.

La calidad de las instituciones, es decir, las reglas formales e informales de una sociedad (North, 1995), así como las políticas públicas son elementos que pueden o no propiciar un ambiente favorable para la innovación y el crecimiento económico, por lo que sociedad y Estado son elementos fundamentales en este enfoque.

La economía evolucionista se consolida con las aportaciones de Nelson y Winter (1982) respecto a la importancia del cambio tecnológico en el crecimiento económico, así como la relevancia del comportamiento de los agentes económicos y de las instituciones. Dentro de este enfoque existen otros trabajos que también abordan la relevancia de la innovación en una economía: Dosi, Freeman, Nelson, Silverberg y Soete (1988); Nelson (1995); Freeman (1990); Hamilton (1991); Verspagen (1993 y 2001); Dosi y Nelson (1994); Silverberg y Verspagen (1995), Mokyr (1998 y 2000); Ziman, (2000); North (2005).

Dentro de la economía evolucionista algunos autores utilizan analogías y metáforas de la selección natural biológica (Witt, 2008). Entre los aspectos relevantes de este enfoque destaca la relajación o incluso contradicción de algunos de los supuestos de la economía neoclásica, empezando por establecer que los individuos o agentes económicos tienen una racionalidad limitada<sup>7</sup> y por lo tanto no son capaces de elegir de manera óptima.

No obstante, se considera que existen ciertas rutinas organizacionales (March y Simon, 1958; Cyert y March, 1963) o instituciones que orientan en cierta medida el comportamiento de los individuos (North, 1995 y 2005), aunque ambas pueden cambiar con el tiempo.

A pesar de la diversidad dentro de la economía evolucionista, Verspagen (2001) encuentra al menos cuatro conclusiones comunes:

- 1) El crecimiento económico es un proceso que transforma por lo que o tiende a la convergencia. La economía interactúa con otros dominios como la ciencia y la tecnología, así como con las instituciones, lo que hace que el crecimiento sea un proceso difícil de predecir y, en general, no convergente.

---

<sup>7</sup> El concepto de racionalidad limitada se basa en el trabajo realizado por Hebert Simon publicado en 1947, "Administrative Behavior: A Study of Decision-Making Processes in Administrative Organization".

- 2) El cambio tecnológico es determinante en el crecimiento económico. Hay una distinción entre innovaciones radicales e incrementales. Las primeras rompen con lo previo y crean las condiciones para un crecimiento sostenido en el largo plazo. Las innovaciones incrementales se asocian con la difusión de las radicales en el resto de la economía y su efecto depende fundamentalmente del contexto histórico e institucional (Rosenberg, 1994). Por otro lado, la imitación es una estrategia que puede producir ciertos niveles de convergencia, dependiendo del entorno institucional.
- 3) La innovación radical a menudo suele crear nuevas industrias y/o transformar a profundidad las existentes, por lo que se encuentra en el centro del proceso evolutivo de una economía.
- 4) En la economía evolucionista se considera que existe un proceso de selección dinámico, por lo que el reacomodo de las cuotas de mercado entre los países o regiones es un elemento fundamental y “evolutivo” del crecimiento económico.

Desde sus inicios la economía evolucionista ha venido introduciendo una buena “dosis de realismo” a partir de sus modelos y desarrollos teóricos. Estas aportaciones resultan enriquecedoras en el proceso de entendimiento del porqué y dónde son más intensas y productivas las actividades en I+D+i, así como su efecto en el crecimiento de una economía. No obstante, el tipo y cantidad de información requeridos por los distintos matices dentro de este enfoque en ocasiones dificulta la estimación de modelos empíricos.

Dentro de un sector de la economía evolucionista se desarrollaron las relaciones teóricas conocidas como “hipótesis schumpeterianas”, según las cuales: a) las grandes empresas tienen más probabilidades que las pequeñas de participar en actividades de I+D e introducir innovaciones; b) las empresas que participan en mercados poco competitivos tienden a introducir más innovaciones que las empresas situadas en mercados caracterizados por una competencia intensa (Acs y Audretsch, 1988; Cohen y Klepper, 1996; Alsharkas, 2014; Knott y Vieregger, 2020).

El razonamiento detrás de la primera hipótesis se encuentra en las ventajas que ofrecen las economías de escala en la realización de actividades de I+D. Una escala más grande permite distribuir el costo fijo por innovación entre un mayor número de unidades. Asimismo, el riesgo que conlleva la inversión en I+D puede absorberse mejor por las grandes empresas ya

que pueden agruparlo en una cartera más amplia de proyectos, lo cual es producto de las economías de alcance. Una cartera de proyectos más amplia confiere también la ventaja de la diversidad técnica que, en términos generales, se espera que más proyectos conlleven también una mayor aprendizaje y conocimientos asociados (Nelson, 1959; Nelson y Winter, 1982; Knott y Vieregger, 2020).

En lo que se refiere a la mayor posibilidad de innovar dentro de una estructura de mercado poco competitiva o un mercado concentrado, el argumento subyacente consiste en que las empresas tienen más incentivos para innovar debido a que los beneficios son potencialmente mayores, además de que pueden ser apropiables más fácilmente debido al mismo poder de mercado con el que cuentan las empresas. Asimismo, los mercados concentrados tienden a ser más rentables, por lo que es más probable que las empresas que participan en estos mercados tengan mayores incentivos para obtener beneficios monopólicos de la innovación, así como una mayor capacidad para financiar las actividades I+D con sus propios recursos o a través de otros tipos de financiamiento.

Debido a que el desarrollo es costoso en términos de tiempo y de riesgo (Galbraith, 1952) y que las empresas pequeñas son adversas al riesgo (Arrow, 1963), lo producen aquellas empresas que tienen los recursos suficientes, que comúnmente son las grandes empresas (Cohen y Klepper, 1996; Alsharkas, 2014; Knott y Vieregger, 2020).

Además, un proyecto de I+D+i de gran envergadura requiere que la empresa cuente con cierta escala para su desarrollo (Knott y Vieregger, 2020). Asimismo, Dosi, Freeman, y Fabiani (1994) señalan que los empresarios esperan que el riesgo asumido sea compensado a través del incremento de sus beneficios y su poder de mercado.

La inversión, el riesgo, el tiempo y los beneficios esperados también estarán en función del tipo de innovación que se pretenda realizar. Una innovación radical requiere un gran stock de conocimientos, recursos financieros suficientes y la asunción de un riesgo mayor, en tanto una mejora incremental (o incluso una imitación) se puede realizar con niveles significativamente menores en estos rubros. También en función del tipo de innovación estará el tamaño de empresa que con mayor probabilidad pueda realizarla.

El monto de recursos disponibles y el riesgo que implica realizar un proyecto de I+D+i se conecta de forma natural con el financiamiento, el cual puede provenir de diversas fuentes: recursos propios, banca privada, organismos internacionales, sector gubernamental, etc. El

financiamiento público puede “distribuir” el riesgo asociado a estos proyectos, además de incrementar el monto de recursos disponibles para el desarrollo del proyecto. Por otro lado, si bien es cierto que se reduce el riesgo de la inversión en I+D+i, también lo es que permanece la incertidumbre en cuanto a los resultados de estos proyectos.

La solicitud de financiamiento público por parte de las empresas dependerá de que la expectativa de los beneficios futuros sea mayor que el costo asociado a la propia solicitud (Aschhoff, 2009). En este sentido, es importante recordar que el mercado la innovación y la tecnología comunmente experimenta fallas de mercado: es difícil de contener; las utilidades producto de la inversión tecnológica son inciertas; la coordinación de los agentes involucrados en proyectos importantes resulta costosa y es difícil apropiarse de los beneficios de la difusión de las innovaciones (Romo, 2006).

Lo anterior se suma a que los mercados de capitales usualmente son imperfectos (Aschhoff, 2009), abonando a una posible subinversión de las empresas en actividades de I+D+i. Por estas razones, existe un consenso generalizado en el sentido que el gobierno debe jugar un papel activo en el apoyo de las actividades de I+D+i (Romo, 2006). El financiamiento público es uno de los instrumentos que puede utilizar el gobierno para ayudar a resolver las fallas de mercado y generar los incentivos adecuados para el involucramiento del sector productivo en las actividades de I+D+i.

Investigar el tema de la innovación y su relación con el tamaño de empresa y el financiamiento público resulta de suma trascendencia para un país como México, ya que sin duda arroja luz sobre elementos poco estudiados en el país y ayuda comprender las razones detrás de la falta de innovación, de tal suerte que se pueda contar con más y mejor información al momento de diseñar políticas públicas de fomento a la innovación.

Desde el otro cuerpo teórico, la teoría del crecimiento económico, las primeras consideraciones sobre el cambio tecnológico fueron formalizadas por Solow (1956) y Swan (1956), aunque ninguno de estos modelos fue capaz de explicar de qué manera se generaba el progreso en la tecnología. No obstante, el modelo conocido como Solow y Swan, además de fundacional, proporcionó resultados bastante plausibles, pues explicaba cerca del 70 por ciento del crecimiento económico en los Estados Unidos durante el periodo de 1960 a 1990 (Summers y Heston, 1991), mientras que el 30 restante se lo atribuiría al progreso

tecnológico, resumido en la variable “A” de su modelo, también conocido como el “residuo de Solow”.

Previamente al modelo de Solow y Swan, Harrod (1939) y Domar (1946) habían desarrollado un modelo de crecimiento económico que combinaba dos elementos de la economía keynesiana: el multiplicador y el acelerador. Asimismo, el modelo conocido como Harrod-Domar utiliza una tasa de ahorro (y consumo) constante, elementos que fueron retomados en el modelo neoclásico de Solow y Swan.

Una aportación importante se realiza en el modelo desarrollado por Ramsey en 1928, retomado por Cass (1965) y Koopmans (1965), ya que se hace un ejercicio de optimización por parte de productores y consumidores, abandonando el supuesto de la tasa constante de ahorro. Con esto, el modelo conocido como Ramsey-Cass-Koopmans endogeiniza el consumo (y consecuentemente el ahorro), aspecto que representó un avance metodológico y que sirvió para el desarrollo posterior de algunos modelos de crecimiento endógeno como Romer (1990), Grossman y Helpman (1991) y Aghuion y Howitt (1992), entre algunos de los principales.

El primer modelo en introducir dos bienes (consumo y capital) y dos sectores fue el de Uzawa (1963). Esta separación entre sectores constituyó también una aportación importante para el desarrollo de modelos posteriores de crecimiento endógeno, en los que se retoma y amplía esta división de sectores.

La llamada Nueva Teoría del Crecimiento Económico (NTCE) está formada por un grupo de modelos que emplean diferentes factores que explican de manera endógena el crecimiento a largo plazo. La diferencia fundamental con los primeros modelos neoclásicos de crecimiento es que en la NTCE se endogeiniza el factor que se asume permite el crecimiento sostenido de una economía, es decir, la variación de ese factor se explica dentro del mismo modelo.

Romer (1986) constituye uno de los puntos de partida de la NTCE pues desarrolló un modelo de crecimiento a largo plazo en el que el conocimiento, producto de las externalidades de la misma inversión en capital, es un insumo más en la función de producción y tiene productividad marginal creciente, lo que permite el crecimiento sostenido.

La idea central en Romer (1986) es que las empresas que invierten en tecnología con el propósito de maximizar sus beneficios también adquieren conocimientos y experiencia, lo cual se basa en las aportaciones hechas por Arrow (1962) y su concepto de *learning by doing*.

Además, se asume que este conocimiento y experiencia pueden ser utilizados por otras empresas<sup>8</sup>, con lo que se va generando una especie de “bola de nieve” del conocimiento que contribuye a incrementar el stock de experiencia y aprendizaje dentro de una economía.

Grenier (2003), sigue una lógica similar a la de Romer (1986), y concluye que las externalidades del capital físico no sólo incrementan su participación en la función de producción, sino que también puede explicar la convergencia entre países, pero a través de distintas rutas de crecimiento en el largo plazo.

Otros modelos de crecimiento endógeno explican el crecimiento sostenido desde otros factores. Por ejemplo, Lucas (1988) propone un modelo en el que la acumulación de capital humano es el motor del crecimiento y, posteriormente, Lucas (1993) establece una serie de reflexiones y conclusiones en las que la acumulación de capital humano sigue siendo la explicación de los diferentes niveles de desarrollo de los países. Barro (1990) utiliza una función de producción en la que introduce el gasto público de capital en la función de producción y éste puede presentar rendimientos no decrecientes; y Rebelo (1991) desarrolla un modelo conocido como “AK”, ya que considera el trabajo como otro tipo de capital, capital humano, y obtienen una función de producción lineal en K (capital físico y capital humano).

Uno de los modelos seminales que introducen al cambio tecnológico como motor del crecimiento económico es el de Paul Romer de 1990. Este trabajo, de acuerdo con el mismo autor, se basa en tres premisas. La primera es que el cambio tecnológico está en el centro del crecimiento económico. La segunda es que el cambio tecnológico surge debido a las acciones intencionales de las personas que buscan maximizar sus beneficios y formaliza esta idea dentro del modelo. La tercera premisa es que la tecnología es un bien no rival pero parcialmente excluyente. Desarrollar nuevos y mejores procesos es equivalente a incurrir en un costo fijo, lo cual permite la presencia de rendimientos crecientes a escala. Este modelo hace una distinción importante, pues separa el componente rival del conocimiento, las personas, del componente no rival, la tecnología. (Romer, 1990).

---

<sup>8</sup> En un trabajo posterior, Aboites (1999) haría una acotación señalando que los conocimientos y capacidades asociados a las innovaciones no pueden ser transferidas en forma automática, ya que éstos pueden ser muy dispares entre países, regiones y empresas de distinto tamaño.

En el modelo de Romer (1990) el crecimiento económico es producto del incremento de bienes de capital diferenciados (innovaciones horizontales), consecuencia de una mayor cantidad de capital humano aplicado al sector de I+D.

Otros modelos connotados que explican el crecimiento a largo plazo a partir de las actividades en I+D y el cambio tecnológico son los desarrollados por Grossman y Helpman (1989, 1990 y 1991)<sup>9</sup> y por Aghion y Howitt (1992).

Aghion y Howitt (1992) desarrollan un modelo en el que el crecimiento económico es impulsado por las innovaciones industriales verticales, es decir, los bienes que se crean desplazan a los anteriores, siguiendo el principio schumpeteriano de la destrucción creativa, por lo que el productor del bien desplazado pierde su poder monopólico y los beneficios asociados éste, lo que constituye una externalidad negativa que se deriva del mismo proceso de innovación.

Esto tiene una implicación importante no considerada en otros modelos, ya que las expectativas de una mayor actividad de I+D en el futuro desalientan la investigación actual ante la posibilidad de perder el poder monopólico derivado de las innovaciones presentes.

Una novedad en Aghion y Howitt (1992) es que el proceso de innovación sigue una distribución de probabilidad Poisson que está en función de la cantidad de trabajo calificado y especializado dedicado al sector I+D, por lo que el tiempo que transcurre entre una innovación y otra es un variable aleatoria. Con esta especificación el modelo rompe la tradición determinista del nivel de innovación manejada en los modelos de Romer (1990) y Grossman y Helpman (1990 y 1991).

Grossman y Helpman (1989) construyen el primer modelo de crecimiento endógeno que contempla un escenario de dos países (Norte y Sur). El crecimiento económico está en función del ciclo de vida del producto, y es más veloz entre mayor es la capacidad de las empresas del sur para imitar las innovaciones, es decir, entre más corto es el ciclo de vida del producto. En un trabajo posterior, Grossman y Helpman (1990) construyen otro modelo de crecimiento endógeno impulsado por el cambio tecnológico para dos países. Aquí se asumen diferencias en el grado de eficiencia de los países en el sector de I+D y en la fabricación, lo que lleva al desarrollo de ventajas comparativas, en donde aquel país con mayor eficiencia

---

<sup>9</sup> Esos tres modelos también analizan el papel del comercio internacional en el grado de innovación y en el crecimiento económico.

en el sector de I+D será el que experimente mayor crecimiento y el más beneficiado a través del comercio.

Siguiendo la línea del cambio tecnológico y el comercio entre dos países, Grossman y Helpman (1991) desarrollan un modelo en el que la única diferencia es su cantidad de mano de obra, pues asumen que alguna de ellas es mayor ( $L_A > L_B$ ). Ahora el proceso de aprendizaje es resultado del esfuerzo doméstico y foráneo en el sector de I+D, por lo que el costo asociado al desarrollo de nuevos productos es menor.

Dentro de los modelos de crecimiento endógeno “innovador-imitador”, Segerstrom (1991) determina que la competencia entre las empresas de las diferentes industrias en una economía determina el ritmo de crecimiento tanto de la innovación como de la imitación, en función de sus resultados de las actividades de I+D.

En un modelo basado en el concepto de *learning by doing* y las externalidades que se presentan entre bienes, Young (1991) concluye que, dentro de los efectos dinámicos del comercio internacional, los países desarrollados tienden a beneficiarse más que los menos desarrollados.

El comercio entre dos economías similares es modelado por Romer y Rivera-Batiz (1991), quienes concluyen que la integración puede incrementar la tasa de crecimiento si se impulsa mundialmente el sector de I+D, debido a sus característicos rendimientos crecientes a escala. En el modelo de Coe y Helpman (1995) el progreso tecnológico es producto de la acumulación de conocimiento doméstico e internacional. Se asume que el comercio internacional tiene una serie de beneficios como el acceso a insumos intermedios y bienes de capital, así como incrementar la capacidad de absorción de conocimientos ya sea para innovar o para imitar<sup>10</sup>.

Un modelo que incluye aspectos adicionales a los factores de producción tradicionales y al cambio tecnológico es el desarrollado por Aghion y Howitt (1998). En este modelo adicionan elementos como las instituciones, las acciones de política y los incentivos que constituyen el entorno de los empresarios y que inciden en el crecimiento económico.

Aghion, Harris, Howitt y Vickers (2001) desarrollan un modelo en que su principal aportación es matizar la hipótesis schumpeteriana según la cual en mercados menos

---

<sup>10</sup> Esto se relaciona con la capacidad de absorción del conocimiento y con las externalidades de las actividades de I+D que pueden complementarse y reducir esfuerzos (Cohen y Levinthal, 1989).

competitivos la innovación tiende a ser mayor. Ellos sostienen que en un mercado de productos competitivo se presenta el fenómeno que se conoce como “competencia cuello a cuello”. No obstante, si la competencia es demasiado intensa se puede convertir en un desincentivo a innovar.

En un mundo donde existen países con diferentes grados de desarrollo el análisis de cómo el conocimiento se difunde hacia los países menos desarrollados resulta de suma importancia (Nelson y Phelps, 1966). Esta ruta adicional se ha centrado en la imitación tecnológica, pues se asume que la imitación tiene un proceso y un efecto similar al de la innovación, ya que requiere de inversión en I+D y también produce rendimientos crecientes a escala (Tirado, 1995 y 2003; Vite, 2008).

Tirado (1995) fue el primero en proponer un modelo de crecimiento con dos países: uno innovador y el otro imitador. El modelo asume que la innovación y la imitación son las dos rutas que siguen los países para la introducción del cambio tecnológico en ambos países, como lo señalaron previamente Krugman (1990) y Grossman y Helpman (1989 y 1991). Así, la imitación tecnológica es el medio a través del cual los países menos desarrollados acceden al conocimiento y la tecnología desarrollada en los países más avanzados.

Para el país imitador el crecimiento económico estará en función del capital humano empleado en actividades de I+D y de la razón entre los diseños innovadores y la cantidad de diseños imitados. Este último elemento se interpreta como la brecha tecnológica entre ambos países (Tirado, 1995) y es un resultado interesante pues implica que si el país desarrollado no genera innovaciones no sólo disminuirá su propia tasa de crecimiento, sino que afectará negativamente también la del país imitador pues no habrá más innovaciones que reproducir o adaptar, por lo que la producción del sector que genera los rendimientos crecientes tenderá a cero y el crecimiento sostenido no será posible en el largo plazo.

Posteriormente, Tirado (2003) hace énfasis en la falta de desarrollos teóricos y empíricos para el caso de los países menos desarrollados, debido a que las diferencias con los países más desarrollados son estructurales y no únicamente diferencias cuantitativas.

Es decir, no se trata de una mera diferencia de niveles en los principales indicadores de innovación y crecimiento, sino que existen razones históricas, políticas e institucionales más profundas. Los modelos de crecimiento endógeno son construyen en contextos de economías

desarrolladas que no han tomado en cuenta estas diferencias, entre otras razones porque utilizan otros lentes conceptuales<sup>11</sup> y/o buscan explicar otras realidades.

En línea con lo anterior Acemoglu y Zilibotti (2001) señalan que las innovaciones no sólo surgen en los países desarrollados, sino que éstas responden a sus necesidades y se generan de acuerdo a sus capacidades y a las habilidades de su fuerza de trabajo. Por lo tanto, no sólo la teoría responde a entornos muy diferentes a los que se viven en los países menos desarrollados, sino que el cambio tecnológico en sí también responde a esos contextos.

Es por ello que, a pesar de un cierto grado de transferencia tecnológica entre países, esta disparidad en las habilidades tecnológicas podría explicar buena parte de las diferencias en la productividad de los trabajadores en países desarrollados y en los menos desarrollados (Acemoglu y Zilibotti, 2001).

Esto implica un reto de dos vías: por un lado, la generación de conocimiento teórico que busque resolver los problemas del crecimiento que se presentan en los países menos desarrollados, algo que podríamos llamar “conocimiento endógeno”; y, por otro lado, la creación de tecnología que responda también a las necesidades propias de estos países, ya sea a partir de la imitación, adaptación o la misma innovación.

Vite (2008) desarrolla un modelo de crecimiento endógeno de dos países: uno innovador y el otro imitador, en el que asume que el segundo es un país de ingreso medio capaz de realizar actividades de I+D. El acervo de capital humano dedicado a la I+D que permite la imitación tecnológica y la misma brecha tecnológica, son los principales impulsores del crecimiento para un país en desarrollo, pero también la acumulación de capital sigue siendo un factor fundamental en la tasa de crecimiento de su economía. Si bien el modelo no hace distinción formal entre las preferencias de los consumidores de los países desarrollados y menos desarrollados, el autor señala que la diferencia se encuentra en la intensidad de consumo de los bienes finales Tugores (2013), en parte debido a los diferentes niveles de ingreso entre países.

Por su parte, Acemoglu (2005) formaliza un modelo de crecimiento en el que la tecnología empleada para producir los productos finales únicos también está en función de los bienes públicos como la infraestructura o el sistema de protección de la propiedad intelectual, por

---

<sup>11</sup> Allison, G. (1969). Se refiere al concepto de “lentes conceptuales” como aquellos elementos que el analista o investigador considera relevantes, a partir de su propio entorno o formación, lo que introduce un elemento de subjetividad o sesgo a partir de distintas “realidades”.

lo que el Estado juega un rol fundamental en el crecimiento. Posteriormente, Acemoglu, Johnson y Robinson (2005) construyen un marco teórico basado en evidencia que afirma que las diferencias en las instituciones económicas de los países o regiones son la principal causa de los distintos niveles de desarrollo económico, ya que determinan los incentivos o restricciones a las que se enfrentan los actores económicos para producir. También hacen una aportación importante al señalar que las instituciones son endógenas, pues son el producto de las decisiones de la sociedad o de una parte de ella.

En la obra de Acemoglu y Robinson (2012) se terminan de desarrollar los conceptos de instituciones políticas y económicas inclusivas y extractivas. Las instituciones políticas inclusivas se basan en una distribución equilibrada del poder político que da lugar a la prevalencia del Estado de Derecho. Las políticas económicas inclusivas son aquellas basadas en los derechos de propiedad, creación de oportunidades y que generan los incentivos adecuados para que los agentes económicos puedan ser productivos e innovar.

Tomizawa, Zhao, Bassellier y Ahlstrom (2019) proponen una especie marco teórico y llegan a la conclusión de que lo realmente importante en el crecimiento económico son las instituciones formales e informales de una sociedad. Es decir, las reglas no escritas como la cultura y la aceptación social de la innovación, también condicionan el crecimiento económico (McCloskey, 2017).

Esta es justamente la gran apuesta desde el nuevo institucionalismo económico: que a partir del diseño de las normas e incentivos adecuadas que comprendan la racionalidad limitada y el comportamiento oportunista de los individuos (Downs, 1957; Williamson, 1975; March y Olsen; North, 1990; Olson, 1992; Miller 1992) se podrán obtener los resultados buscados.

Es así que desde distintos miradores teóricos la innovación es considerada como un factor esencial en el desarrollo de las economías, pues permite incrementar la productividad de los factores de producción y con su difusión abre la posibilidad de un crecimiento económico sostenido en el agregado de una economía. Asimismo, se revisaron modelos en los que se observa que una ruta similar para lograr el crecimiento económico de un país en desarrollo es la generación interna de innovaciones incrementales, así como desarrollar las capacidades de imitación. Finalmente, tanto la economía evolucionista, como las aportaciones de la NTCE coinciden en que la calidad de las instituciones y de las políticas son elementos

indispensables para que la innovación se pueda convertir en un verdadero motor del crecimiento económico tanto de los países desarrollados y como de los no desarrollados.

## **2. Evidencia empírica**

El objetivo de este apartado es mostrar algunas investigaciones empíricas realizadas en México y el mundo sobre la relación entre la innovación y el crecimiento económico, así como del papel de financiamiento público y el tamaño de las empresas en el proceso de innovación.

### *2.1 Innovación y crecimiento económico*

Cameron (1996) examina la literatura existente sobre la relación entre innovación y crecimiento y concluye que la innovación no sólo contribuye significativamente al crecimiento de los países, sino que se generan efectos indirectos entre empresas, industrias y países que tienden a estar localizados dentro de una misma economía, por lo que se requiere de un esfuerzo nacional interno para incrementar su productividad.

Ulku (2004) realiza un estudio para el periodo de 1981-1997 en 20 países de la OCDE y 10 países no miembros de la OCDE y proporciona evidencia de que las innovaciones tienen un impacto positivo en el PIB *per cápita* para ambos grupos. Posteriormente, Ulku (2007) incluye únicamente cuatro sectores manufactureros de 17 países de la OCDE, México incluido, y las elasticidades obtenidas entre el stock de patentes y el PIB *per cápita* son muy cercanas a la unidad. También en el contexto de la OCDE, pero para tres países de ingreso medio (Polonia, Hungría y República Checa), Pece, Oras y Salisteanu (2015) encuentran un efecto positivo de la innovación sobre el crecimiento económico, aunque de magnitud mucho más modesta.

Para la región europea Rodríguez-Pose y Crescenzi (2008) estiman una elasticidad positiva entre la tasa de crecimiento y el gasto en I+D, mientras que para el periodo 1993-2011 Kacprzyk y Doryń (2017) encuentran un efecto positivo de las patentes sobre el crecimiento económico, pero únicamente para el grupo de países que ellos denominan nuevos miembros de Unión Europea. También para esta región Petrariu, Bumbac y Ciobanu (2013) hacen una división entre Europa Central y Oriental y encuentran que la innovación contribuye a la competitividad y al crecimiento económico.

En un estudio para países desarrollados, Pessoa (2007) obtiene resultados que indican que la relación entre el gasto en I+D y el crecimiento económico no es tan clara para aquellos situados por debajo de la frontera tecnológica, mientras que para el caso opuesto, es decir, países menos desarrollados, Coe, Helpman y Hoffmaister (1997) encuentran que aquellos que realizan pocas actividades en I+D pueden incrementar su productividad a partir del comercio con países desarrollados que cuentan con un gran stock de conocimiento. En un trabajo posterior Coe, Helpman y Hoffmaister (2008) confirman el efecto positivo del stock de capital doméstico y foráneo en I+D sobre la Productividad Total de los Factores (PTF).

En un par de estudios con muestras grandes Hassan y Tucci (2010), 58 países de 1980 a 2013, y Agénor y Neanides (2015), 38 países de 1981 a 2008, encuentran una relación positiva entre la innovación y el crecimiento económico para la mayoría de las estimaciones realizadas. También para una muestra grande (35 países), pero un periodo más corto 2004-2011, Feki y Minf (2015) encuentran un efecto negativo de la innovación en el corto plazo, el cual se ve compensado con un efecto positivo mayor en el largo plazo.

Ríos y Castillo (2015) analizan el efecto de algunas variables *proxy* de innovación sobre el crecimiento económico para una muestra de 25 países durante el periodo 2000-2010 y encuentran que éstas son significativas únicamente para los países desarrollados.

Algunos estudios que utilizan vectores autorregresivos y/o técnicas de cointegración para algunos países europeos encuentran que el sector financiero y la capacidad innovadora contribuyen al crecimiento económico (Pradhan, Arvin, Hall y Nair, 2016), aunque en algunos casos la relación es unidireccional y en otros bidireccional (Maradana, Pradhan, Dash, Gaurav, Jayakumar y Chatterjee, 2017; Maradana, Zaki, Pradhan, Gaurav, Dash, Jayakumar y Sarangi, 2019).

Dos estudios realizados para China encuentran, por un lado, que el progreso tecnológico es determinante en el crecimiento de la productividad y el crecimiento de los tres sectores económicos de las provincias de este país (Wu, Guo y Marinova, 2017) y, por otra parte, que la acumulación de capital humano es una fuente que impulsa la innovación tecnológica y el crecimiento económico (Zhou y Luo, 2018).

En el contexto latinoamericano Avila-Lopez, Chaofeng y Lopez-Leyva (2019) utilizan la técnica de causalidad de Granger para 12 países de esta región de 1996 a 2015 y encuentran

que, para México, Colombia, Costa Rica, Ecuador Panamá, Paraguay y Uruguay, existe, en general, una causa bidireccional entre innovación y crecimiento económico.

A partir de una revisión teórica y empírica bastante amplia de Christensen, Ojomo, y Dillon, (2019) señalan que las innovaciones que potencialmente puedan crear nuevos mercados son la base para el crecimiento económico sostenido y para que los países menos desarrollados logren incrementar significativamente su nivel de ingresos.

En México es relativamente reciente el interés por estudiar la relación entre la innovación y el crecimiento económico. A partir de la técnica de cointegración Guzmán y Gómez (2010) encuentran que el cambio marginal en las patentes incide de forma positiva en la tasa de crecimiento del PIB para el periodo 1980-2005 y Guzmán, López-Herrera y Venegas-Martínez (2012) afirman que no es posible rechazar la hipótesis de cointegración entre las series de patentes y el PIB al uno por ciento de confianza. De igual forma, Beltrán-Morales, Almendarez-Hernández y Jefferson (2018) encuentran una relación positiva entre la razón del personal ocupado entre el número de patentes y el PIB *per cápita* del país para el periodo de 1998 a 2008.

En la esfera regional en México, Mendoza, Torres y Polanco (2008) encuentran un efecto modesto pero significativo entre la innovación y el crecimiento económico para el periodo 1995-2000, lo que también es confirmado por Villarreal (2012) en un estudio a nivel de entidad federativa para la primera década del siglo XXI. Germán-Soto, Gutiérrez y Malacara (2016) encuentran que las entidades con mayor ingreso generan mayor innovación, aunque afirman que esto indica necesariamente que la innovación sea un factor que explica el crecimiento de las entidades federativas.

En otro estudio a nivel regional Torres-Preciado, Polanco-Gaytán y Tinoco-Zermeño (2014) utilizan técnicas de econometría espacial y encuentran un efecto positivo del número de patentes sobre la tasa de crecimiento del PIB *per cápita* regional, además de detectar externalidades positivas de la innovación.

Algunos estudios que construyen un índice de la capacidad innovadora y encuentran una relación positiva entre éste y el nivel de ingreso están: Mungaray, Ríos, Aguilar y Ramírez (2015) para todo el país; Ríos-Flores y Ocegueda (2017 y 2018) a nivel de entidad federativa.

En síntesis, la gran mayoría de los estudios, desde distintas metodologías, con diferentes variables *proxy* de la innovación y del crecimiento, aplicados en diferentes regiones del mundo –incluido México- muestran un efecto positivo de la innovación sobre el crecimiento económico, aunque con magnitudes muy diversas. Todos estos resultados se encuentran en concordancia con las principales aportaciones tanto de la teoría de la economía evolucionista como de la NTCE.

## 2.2. *Financiamiento público y tamaño de empresa*

En cuanto a la importancia del financiamiento público, diversos estudios a nivel internacional confirman que los apoyos públicos directos a la I+D contribuyen a solucionar las fallas de mercado propias del conocimiento, incrementando tanto la inversión privada en I+D como el número de innovaciones que se producen (Becker, 2015; David, Hall, y Toole, 2000; Brozinini y Piselli, 2009; Dimos y Pugh, 2016; Klette, Moen, y Griliches, 2000; Lazonick y Mazzucato, 2013; Semieniuk y Mazzucato, 2017; Torun y Çiçekçi, 2007). Asimismo, algunos trabajos empíricos rechazan el desplazamiento de los recursos privados por los públicos, *-crowding-out-* y encuentran que los efectos de adicionalidad creados por los apoyos públicos están aumentando con el tiempo (Arvanitis, Donze, y Sydow, 2010; Dimos y Pugh, 2016; Klette y Møen, 2012; Beck, Lopes-Bento y Schenker-Wicki, 2016).

En México los efectos de adicionalidad a la I+D privada a partir del financiamiento público han sido muy poco estudiados. Calderón-Madrid (2011) analiza el impacto del Programa de Estímulo Fiscal a la Investigación y el Desarrollo de Tecnología para el periodo 2004-2007 y no encuentra evidencia de *crowding-out*, además estima un efecto de adicionalidad en el gasto privado de alrededor del 26 por ciento. Lopez-Acevedo y Tan (2010) evalúan los efectos de un conjunto de programas de apoyo a la I+D+i dirigidos a las pequeñas y medianas empresas y destacan algunos resultados positivos en términos de valor agregado, ventas y exportación. Vergara y Hejis (2013) y Mungaray, López y Moctezuma (2013) evaluaron algunos programas de fomento a la I+D del CONACYT y estimaron algunos efectos positivos de adicionalidad.

Pastor, Rodríguez y Ramos (2017) realizan un estudio no experimental sobre el PEI para el periodo 2009-2012 en la entidad de San Luis Potosí para pequeñas y medianas empresas en el que observan una adicionalidad de inversión en I+D+i en el 50 por ciento de los casos.

Chávez (2019) evalúa el PEI para el periodo de 2011-2013 y concluye que, aunque tienen un impacto positivo en el personal dedicado a la innovación, no sucede lo mismo con el número de patentes o gasto privado en I+D, y también sugiere un posible efecto de *crowding-out*.

Referente al papel de las empresas en el proceso de innovación existen varios estudios realizados en distintas regiones del mundo que, a partir de diferentes metodologías y fuentes de información, comparten la conclusión general según la cual las empresas de mayor tamaño son las que en términos absolutos innovan más (Scherer, 1965; Acs y Audretsch, 1988, 1990 y 1991; Cohen y Klepper, 1996; Rogers, 2004; Raffo, Lhuilleryb y Miotti, 2008; Crespi y Zuniga, 2012; Alsharkas, 2014; Knott y Vieregger, 2020). Esta variedad de rutas experimentales ha arrojado resultados diversos, aunque prevalece un común denominador: el nivel de innovación crece conforme aumenta la escala de la empresa.

La relación entre el tamaño de empresa y la innovación ha sido muy poco explorada en México. En el proceso de revisión se encontraron dos estudios para el sector manufacturero. El primero realizado para pequeñas y medianas empresas en el estado Chihuahua para el año 2007 (Ollivier y Thompson, 2008) y el segundo estudio es para todo el país durante el periodo 2004-2006 (Guzmán, Brown y Mendoza, 2016). Ambos trabajos coinciden con la hipótesis schumpeteriana respecto a la relación positiva entre tamaño de empresa y nivel de innovación. Además, Guzmán, Brown y Mendoza (2016) encuentran que el acceso al crédito, junto a otros factores, es significativo dentro de esta relación.

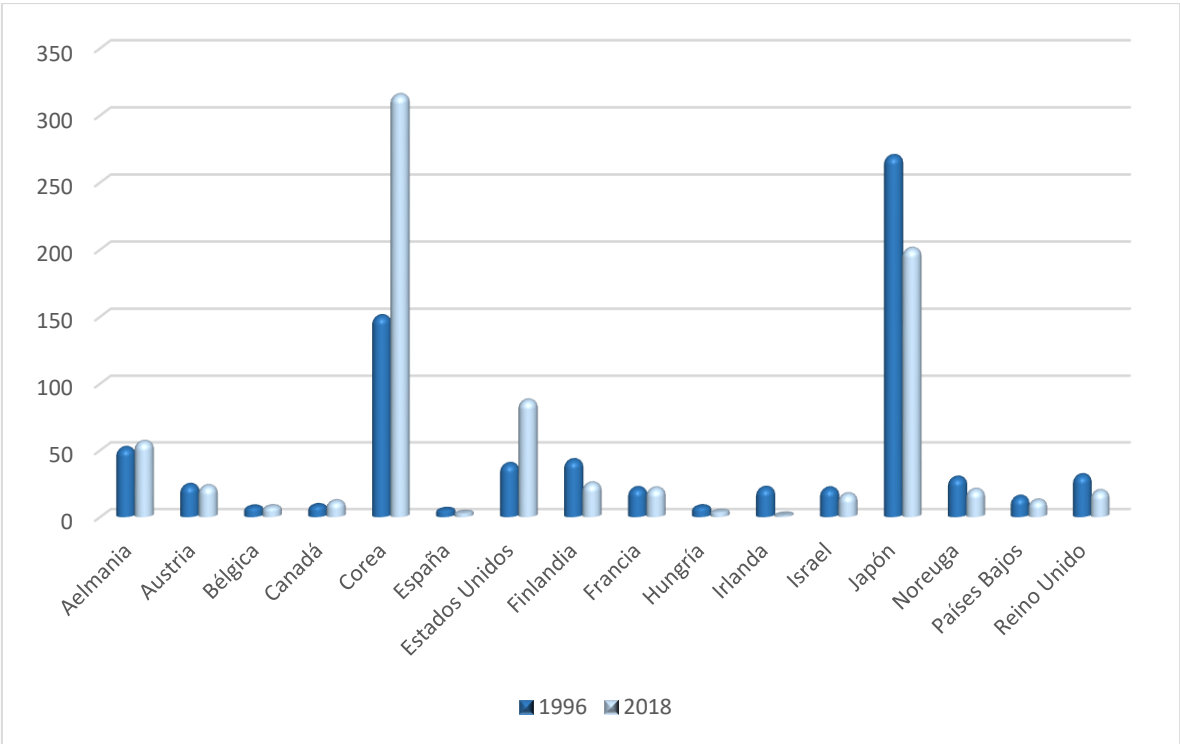
Como se mostró en la revisión de literatura, los estudios sobre financiamiento público y el papel del tamaño de empresa en la innovación son pocos, para periodos muy cortos de tiempo y la mayoría de alcance local. Ambos aspectos pueden ser analizados desde una perspectiva más amplia utilizando la base del PEI para un periodo de tiempo mayor (2009-2017), que incluye a todas las entidades federativas y por tamaño de empresa, algo que hasta nuestro conocimiento no se ha realizado en el país y que representaría una aportación inédita para esta línea de investigación al vincular los tres temas, a saber: financiamiento público, tamaño de empresa e innovación.

### **3. I+D, innovación y crecimiento en México y el mundo**

En este apartado se muestran algunos datos de variables relacionadas con la innovación y el crecimiento económico para México, la OCDE y algunos países de interés. Se toma 1996

como año inicial de las series internacionales debido a que en ese año se incrementa la disponibilidad de datos uniformes y comparables. La Gráfica 1 muestra el número de solicitudes de patentes por cada 100 mil habitantes para 16 países de la OCDE (sin México) durante periodo 1996-2018<sup>12</sup>. Aquí resalta el nivel de Corea, que no sólo ya en 1996 rebasaba significativamente al resto de los países, excepto Japón, sino que en 2018 se convirtió en el país con el valor más alto en este indicador. También se observa un descenso importante de este indicador en Japón, no obstante, ocupa el segundo sitio en este cociente y muy por encima de los demás países de la muestra.

Gráfica 1. Solicitudes de patentes por cada 100 mil habitantes para muestra de la OCDE, 1996 y 2018



Fuente: Elaboración propia con base en datos del Banco Mundial.

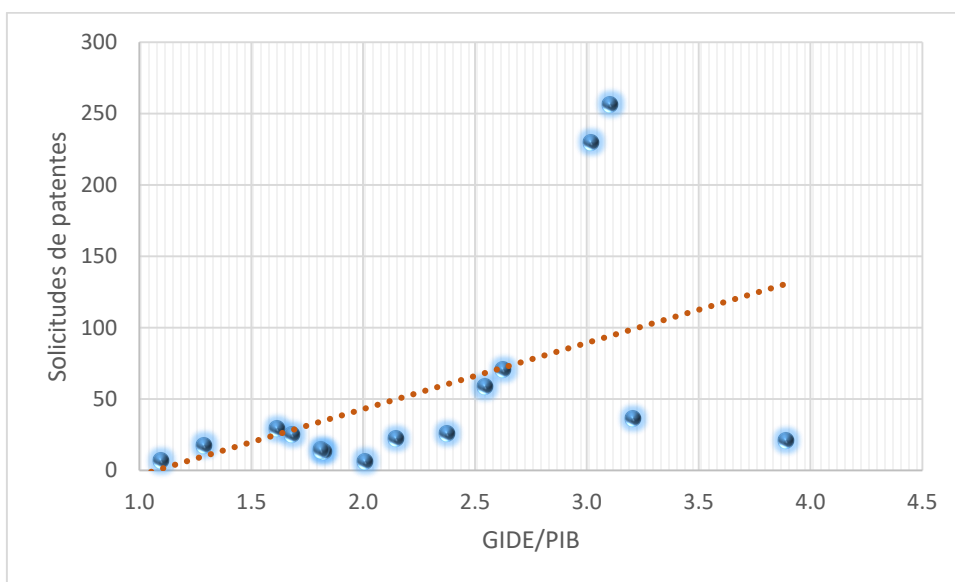
El número promedio de solicitudes de patentes por cada 100 mil habitantes en México para el mismo periodo es de 0.67 solicitudes, mientras que el promedio de la muestra de la OCDE

<sup>12</sup> La elección de países y del periodo de tiempo se hizo de acuerdo con la información disponible. En adelante se hará referencia a los 16 países de la OCDE simplemente como países de la OCDE.

es de 52<sup>13</sup>. Estos datos resultan más alarmantes si se toma en cuenta que en el largo plazo las diferencias en capacidades de innovación se han ido incrementando en la mayoría de los casos (Fagerberg, Srholec y Verspagen, 2010).

Para observar la relación del valor promedio entre GIDE/PIB y el número de las solicitudes de patente por cada 100 mil habitantes construyó la Gráfica 2. Aquí se observa una clara relación positiva entre ambas variables dentro de la muestra y con un coeficiente de correlación igual a 0.5.

Gráfica 2. Relación de los valores promedio del GIDE/PIB y las solicitudes de patentes por cada 100 mil habitantes para todo el periodo, muestra de países (1996-2017)

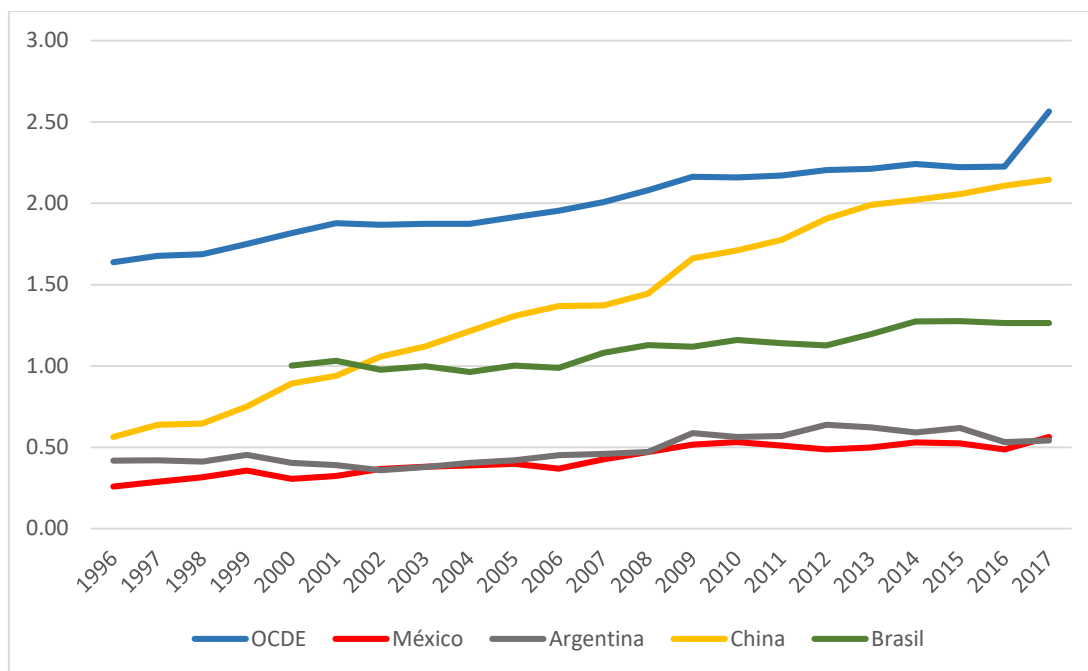


Fuente: Elaboración propia con base en información de la OCDE y del Banco Mundial.

En la Gráfica 3 se muestra el promedio total de los países de la OCDE junto con tres países latinoamericanos (incluido México), además de China, por ser uno de los países que más ha invertido en I+D en los últimos años y por el tamaño de su mercado interno. En la Gráfica 3 sobresalen básicamente cuatro aspectos: a) el dominio de los países de la OCDE en todo el periodo; b) el pronunciado crecimiento del gasto en I+D de China hasta casi igualar el valor promedio de la OCDE; c) la gran distancia de México y Argentina respecto de los países de la OCDE; d) Brasil invierte aproximadamente el doble en I+D respecto de sus dos referentes latinoamericanos y es el único que ha llegado rebasado el uno por ciento.

<sup>13</sup> Cálculos propios con base en información del Banco Mundial.

Gráfica 3. GIDE por país y promedio OCDE, 1996-2017



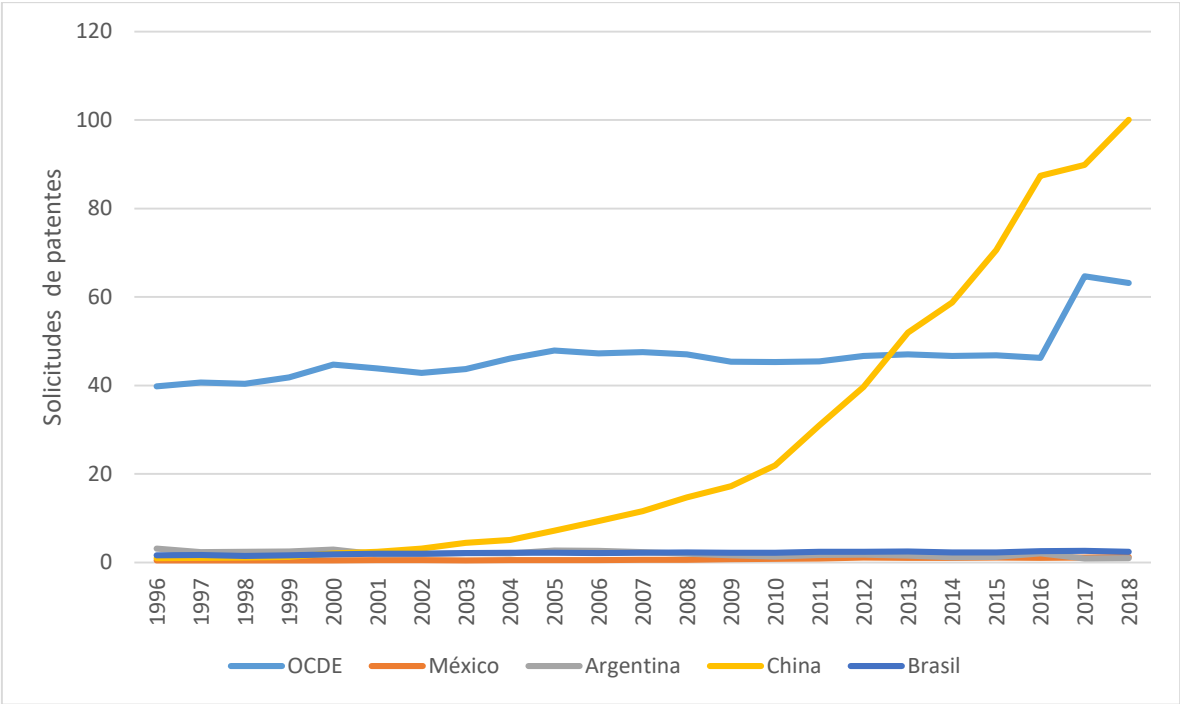
Fuente: Elaboración propia con base en información de la OCDE y del Banco Mundial.

En la Gráfica 4 se observa un comportamiento prácticamente constante de los países de la OCDE en cuanto al número de solicitudes de patentes durante el periodo de análisis. También es muy notorio el crecimiento exponencial de China que llega a rebasar al promedio de los países de OCDE.

En la Gráfica 5, si bien la línea de regresión es ligeramente positiva, la correlación entre las solicitudes de patentes y el PIB *per cápita* no es tan fuerte (0.4) para ese periodo. Esto muestra una cierta heterogeneidad dentro de los países de la OCDE. Entre otros aspectos que pueden incidir en la magnitud de esta relación es que mientras Irlanda y Bélgica tiene un PIB *per cápita* alto, en tanto que el número de solicitudes por cada mil habitantes está muy por debajo del promedio de la OCDE.

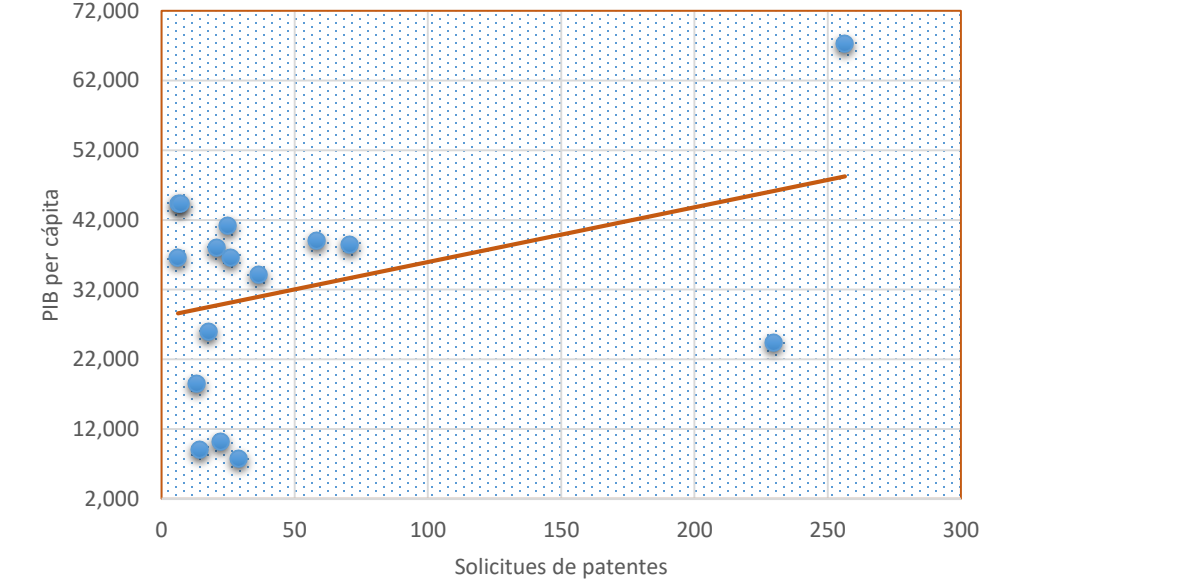
La comparación de cómo ha ido evolucionando el PIB *per cápita* durante el periodo 1996-2018 de los países de la OCDE, los tres latinoamericanos y China se muestra en la Gráfica 6. En primer lugar, la distancia en el ingreso *per cápita* entre la OCDE y los otros países no sólo es muy notable, sino que a partir de 2002 esta brecha se hace más grande debido un incremento sustantivo en ingreso de los países de la OCDE.

Gráfica 4. Solicitudes de patentes por mil habitantes por país y promedio OCDE, 1996-2018



Fuente: Elaboración propia con base en información de la OCDE y del Banco Mundial.

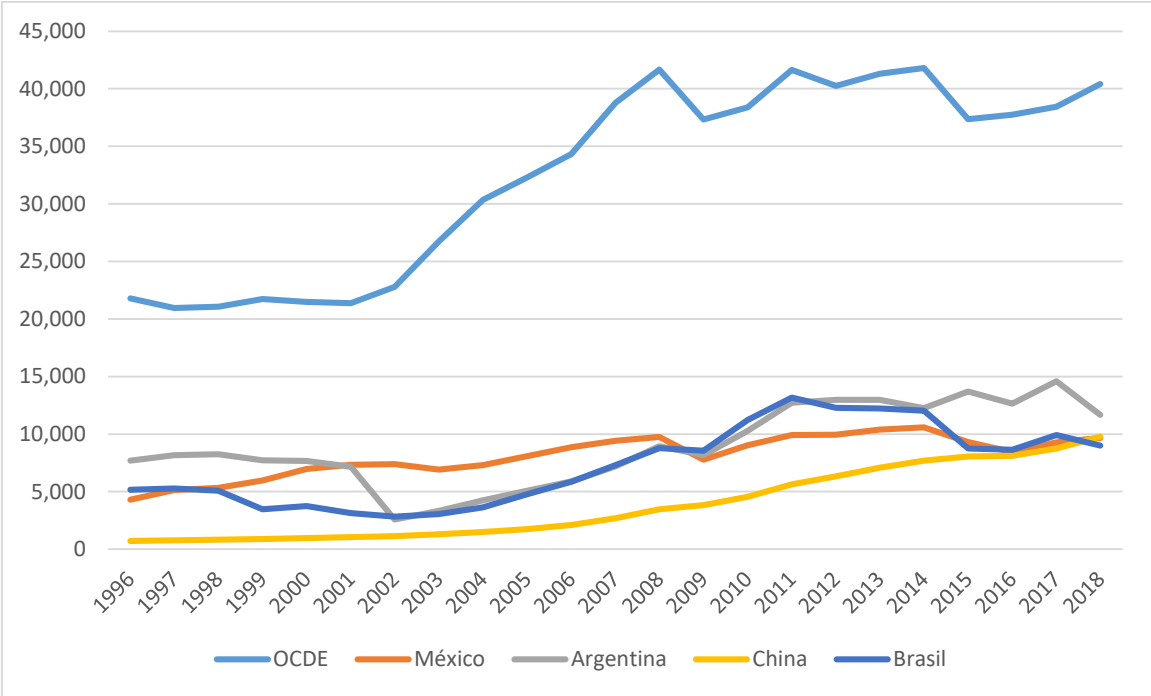
Gráfica 5. Relación de los valores promedio de las solicitudes de patentes por cada 100 mil habitantes y el PIB per cápita países OCDE, 1996-2018 (USD dólares actuales)



Fuente: Elaboración propia con base en información de la OCDE y del Banco Mundial.

Argentina es el único país de la muestra latinoamericana que ha logrado un ligero incremento en los últimos años del periodo de análisis. El nivel del PIB *per cápita* de México en 2018 es prácticamente el mismo que tenía en 2007, es decir, 11 años después no se ha logrado tener crecimiento económico en el país. Finalmente, China, que venía de un nivel de ingreso muy inferior al de los países latinoamericanos ahora es prácticamente igual al de Brasil y México.

Gráfica 6. PIB *per cápita* anual para la OCDE y otros países, 1996-2018 (USD dólares actuales)



Fuente: Elaboración propia con base en información de la OCDE y del Banco Mundial.

A partir de los datos en el contexto internacional y su comparación con los niveles en el país se pueden hacer algunos señalamientos. Primero, el ingreso *per cápita* de México no sólo se encuentra muy por debajo de sus pares de la OCDE y no ha logrado acortar la brecha. Por otro lado, si bien China era el país con el menor nivel de ingreso en 1996, su crecimiento durante todo el periodo de análisis es de 1,277 por ciento, y en 2018 supera ligeramente al de México<sup>14</sup>.

Hasta 1982 el PIB *per cápita* de México era ligeramente superior al de Corea del Sur, pero mientras que el de nuestro país presentó un comportamiento errático con caídas en el ingreso

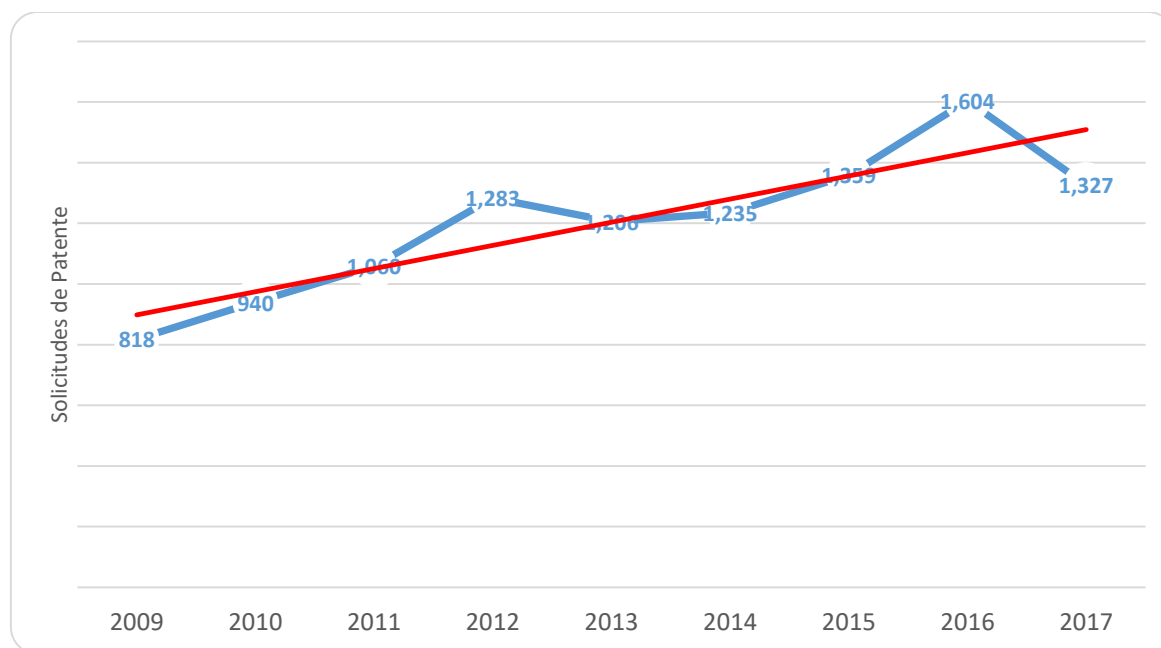
<sup>14</sup> Cálculos propios con base en información del Banco Mundial.

en algunos años y tasas de crecimiento bajas, el ingreso de Corea experimentó un crecimiento sostenido por casi cuatro décadas, por lo que ahora es más de tres veces superior al mexicano<sup>15</sup>.

Con base en la teoría y las evaluaciones empíricas revisadas en el apartado anterior, los datos que aquí se presentan sugieren que casos como el de Corea del Sur y el de China son dos ejemplos emblemáticos de como una alta inversión en I+D incrementa sustancialmente el número de innovaciones, lo que a su vez se ha visto reflejado un crecimiento económico acelerado.

En el contexto nacional, la Gráfica 7 presenta cómo ha evolucionado el número de solicitudes de patentes en el agregado nacional para el periodo de análisis. En ella se observa una tendencia ascendente sobre todo hasta el año 2016, cuando ocurre su valor máximo: 1,604 solicitudes. Para contextualizar este nivel de solicitudes de innovación se puede comparar el valor de este indicador en Brasil, que es el líder en la región latinoamericana con 5,200 solicitudes en 2016 y que está muy por encima del máximo mexicano<sup>16</sup>.

Gráfica 7. Número de solicitudes de patentes de residentes a nivel nacional, 2009-2017



Fuente: Elaboración propia con base en datos del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial.

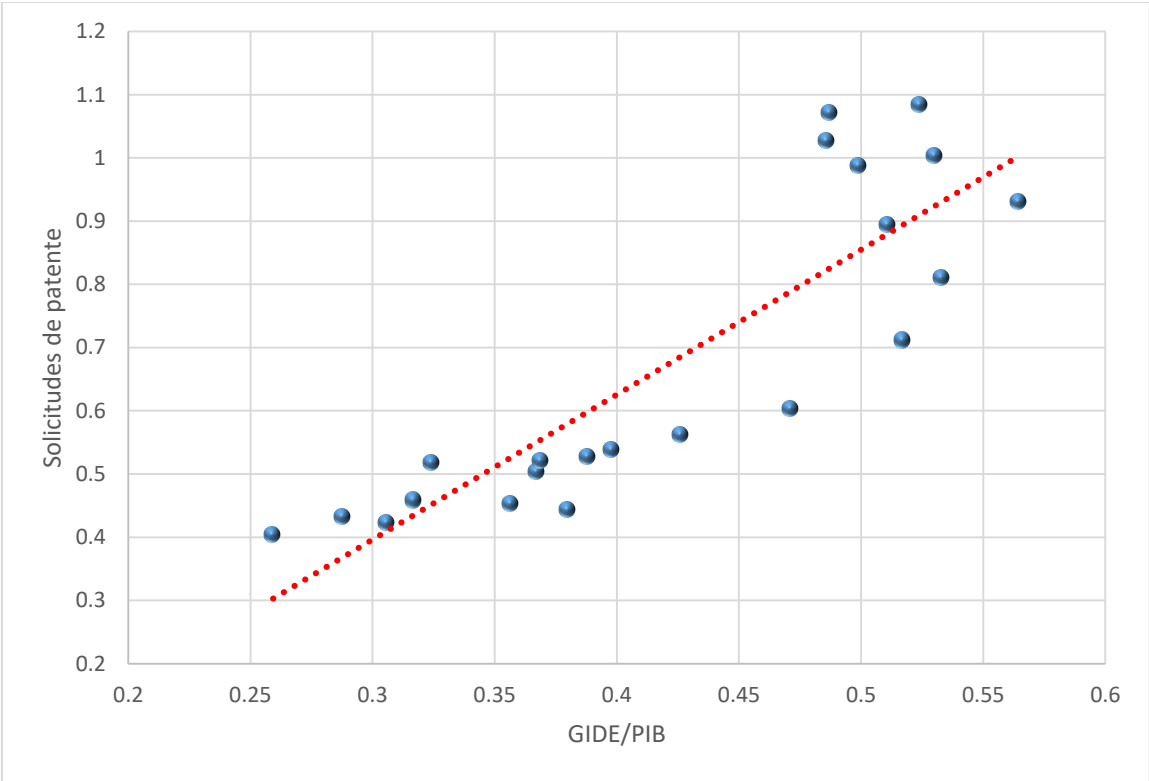
<sup>15</sup> Cálculos propios con base en información del Banco Mundial.

<sup>16</sup> Estos datos se obtuvieron de la página de Indicadores del Desarrollo Mundial del Banco Mundial, cuya fuente es la Organización Mundial de la Propiedad (OMPI).

<https://databank.bancomundial.org/data/databases>

Como se observa en la Gráfica 8, la relación promedio entre el GIDE/PIB y el número de solicitudes de patentes por mil habitantes es altamente positiva para el agregado nacional durante el periodo 1996-2017, con un coeficiente de correlación igual a 0.87.

Gráfica 8. Relación de los valores promedio del GIDE/PIB vs Solicitudes de patentes por mil habitantes en México, 1996-2017.



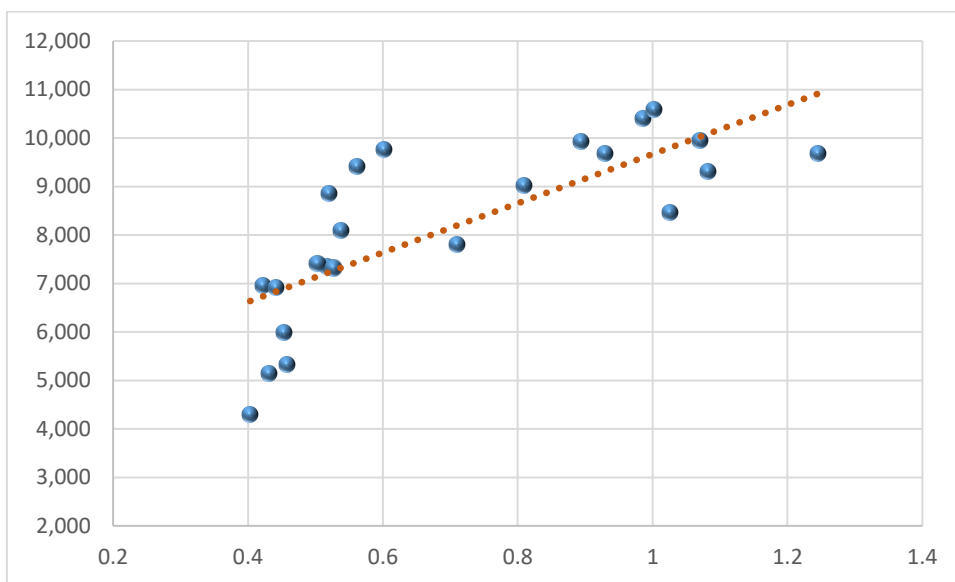
Fuente: Elaboración propia con base en información del INEGI y del Banco Mundial.

Por su parte la relación las solicitudes de patentes por cada 100 mil habitantes y el ingreso *per cápita* también muestra una relación positiva en la Gráfica 9, con un coeficiente de correlación igual a 0.76. En el agregado nacional las relaciones que establece la teoría del crecimiento endógeno muestran las direcciones esperadas, aunque en niveles sus valores están muy alejados de los líderes mundiales en innovación y de ingreso *per cápita*.

El cambio en el número de solicitudes de patentes por cada 100 mil habitantes entre el inicio y el final del periodo 1994-2017 para las entidades federativas se muestra en la Gráfica 10. Aunque la gran mayoría con niveles internacionalmente muy bajos, todas las entidades incrementaron este indicador, salvo Tlaxcala y el Estado de México. Las tres entidades con

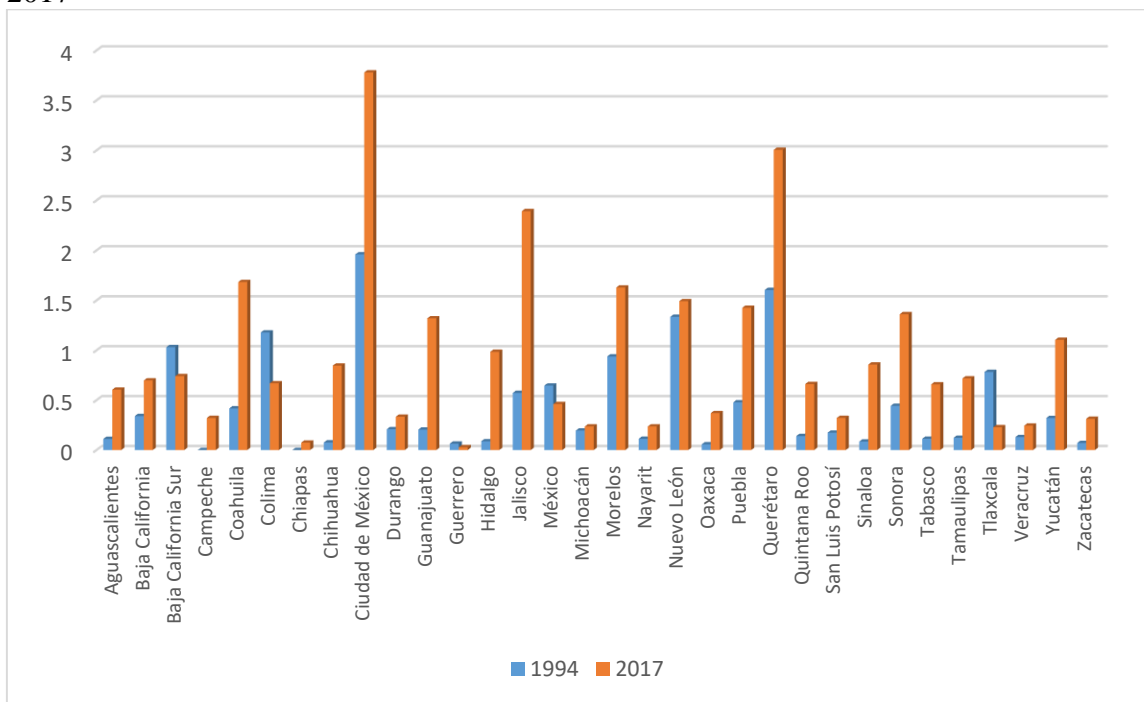
mayor número de solicitudes al final del periodo son la Ciudad de México, Querétaro y Jalisco.

Gráfica 9. Relación solicitudes de patentes por cada 100 mil habitantes y el PIB per cápita en México, 1996-2018 (USD dólares actuales).



Fuente: Elaboración propia con base en información del IMPI, el INEGI y el Banco Mundial.

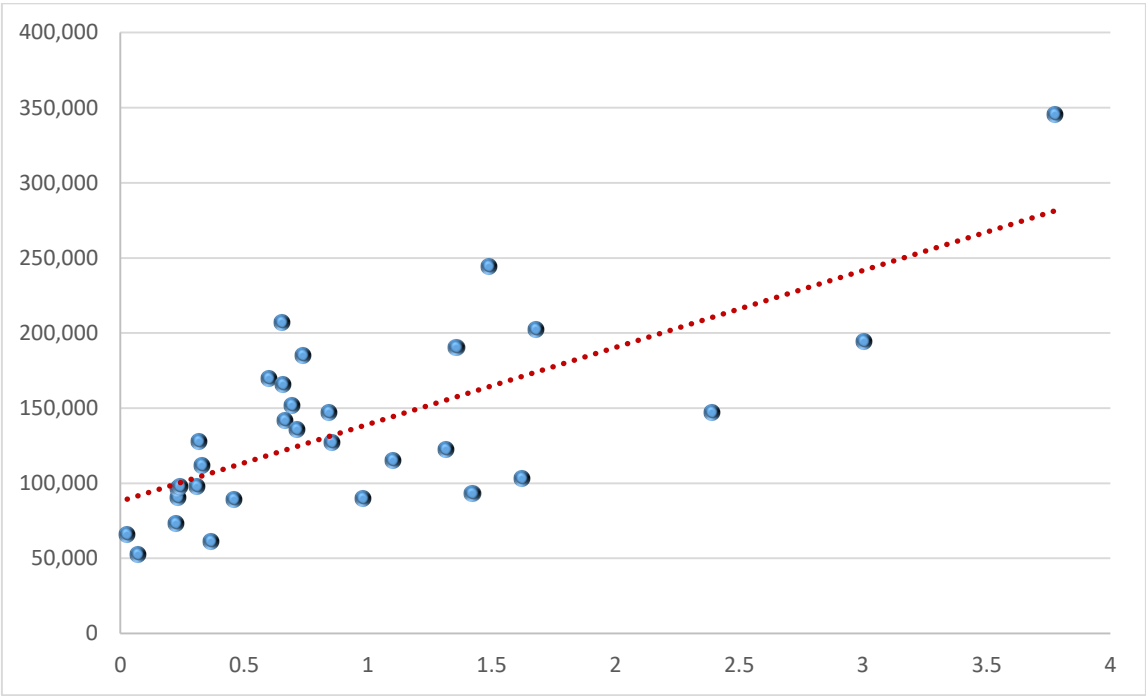
Gráfica 10. Solicitudes de patentes por 100 mil habitantes por entidad federativa, 1994 y 2017



Fuente: Elaboración propia con base en datos del IMPI y del INEGI.

En la Gráfica 11 se observa una relación positiva entre el número de solicitudes de patentes por cada 100 mil habitantes y el ingreso *per cápita* por entidad federativa para el último año del periodo de análisis, con un coeficiente de correlación de 0.72, mayor que el estimado para 1994 que es de 0.48<sup>17</sup>, lo que sugiere un incremento en la fuerza de esta relación.

Gráfica 11. Solicitudes de patentes por cada 100 mil habitantes vs PIB per cápita, por entidad federativa, 2017



Nota: No se tomó en cuenta el estado de Campeche por ser considerado un *outlier*. El ingreso generado por la actividad petrolera introduce un fuerte sesgo en esta entidad.

Fuente: Elaboración propia con base en datos del IMPI y del INEGI.

Al realizar un acercamiento en el análisis y observar al país desde las entidades federativas se puede observar que la relación positiva que postula la teoría del crecimiento endógeno entre innovación y crecimiento económico se sostiene, al menos gráficamente.

**4. Políticas públicas de fomento a la innovación: el caso del PEI**

Dentro del marco normativo del país en materia CTI, la Ley de Ciencia y Tecnología del Conacyt (2002) establece, en su artículo primero, fracción IX, la obligación de fomentar el

<sup>17</sup> Cálculos propios con base en datos del IMPI, del INEGI y del Banco Mundial.

desarrollo tecnológico y la innovación de las empresas que se encuentren en territorio nacional. Asimismo, la Ley Orgánica del Conacyt (2002), en el artículo 2, numeral III, establece el objetivo de impulsar la innovación y el desarrollo tecnológico, así como el fortalecimiento de la planta productiva nacional. Ambos objetivos nos hablan de la obligación por parte del sector gubernamental de generar los incentivos y el marco institucional que permitan el fortalecimiento y desarrollo de las capacidades científicas y tecnológicas del sector productivo del país.

En 2001 se implementó el Programa de Estímulo Fiscal a la Investigación y el Desarrollo de Tecnología (PEFIDT) el cual se canceló en 2009 y en su lugar se implementó el Programa de Estímulos a la Innovación (PEI), como un mecanismo de transferencias monetarias directas y complementarias para el desarrollo de proyecto de innovación. No obstante, el presupuesto del PEI bajó drásticamente de 1,763 millones en 2017 a 256.9 millones en 2019 y aunque funciona bajo el mismo esquema, esta reducción limita significativamente los alcances que pueda tener.

Las políticas públicas en materia de innovación deben seguir los pasos básicos de cualquier otra política pública. En este sentido, el diseño de políticas públicas en innovación debe partir de una deliberación pública pertinente (Merino, 2015) con base en información oportuna y la definición clara de un problema a partir de sus causas (Bardach, 1998). También, debe contar una estrategia cuidadosa de implementación evitando la discrecionalidad de los actores (Wildavsky y Majone, 1998) para que las posiciones e intereses de todos los actores involucrados no terminen por modificar los objetivos de la política pública (Bardach, 1979; Wildavsky y Pressman, 1998) o capturarla a partir de la mera búsqueda de sus intereses (Lindblom, 1959). Asimismo, debe diseñar un sistema de evaluación transversal que permita evaluar el proceso de política pública en su totalidad, es decir, la pertinencia en la selección de problemas públicos, el diseño de la política pública, su implementación e incluso a la evaluación misma (Cabrero, 2005; Arellano 2010).

Por la naturaleza de esta investigación, el análisis del PEI se centra en los datos y las relaciones entre las variables de interés, con el propósito de establecer una línea de investigación sobre la relación entre el gasto en I+D+i, el financiamiento público, el tamaño de empresa y la innovación.

Para atender específicamente el tema de la inversión privada en innovación fue diseñado el Programa de Estímulos a la Innovación, con la finalidad de incentivar a las empresas a generar nuevos productos o procesos de alto valor agregado; incrementar la competitividad de las empresas; proteger y comercializar el conocimiento generado; formar e incluir recursos humanos de alta especialidad en las empresas; e, integrar y buscar la permanencia de redes de innovación, de acuerdo con Lineamientos del Programa de Estímulos a la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación vigentes desde 2011 (LPEIDTI, 2011).

Para los propósitos de este análisis se destaca entre los objetivos específicos de los Lineamientos del PEI, el número tres, que a la letra dice: “Impulsar inversión (*sic*) en IDTI (*Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación*) en todas las entidades federativas de la República Mexicana”.

El PEI cuenta con tres modalidades de estímulos que atienden a empresas de diferente tamaño, las cuales se describen brevemente a continuación LPEIDTI, (2011):

- 1) INNOVAPYME. Dirigida exclusivamente a propuestas y proyectos presentados por empresas de tamaño micro, pequeño o mediano.
- 2) INNOVATEC. Dirigida exclusivamente a propuestas y proyectos presentados por empresas de tamaño grande.
- 3) PROINNOVA. Dirigida a empresas de cualquier tamaño y exclusivamente recibe propuestas y proyectos que se presenten en vinculación con al menos dos IES, o dos CPI.

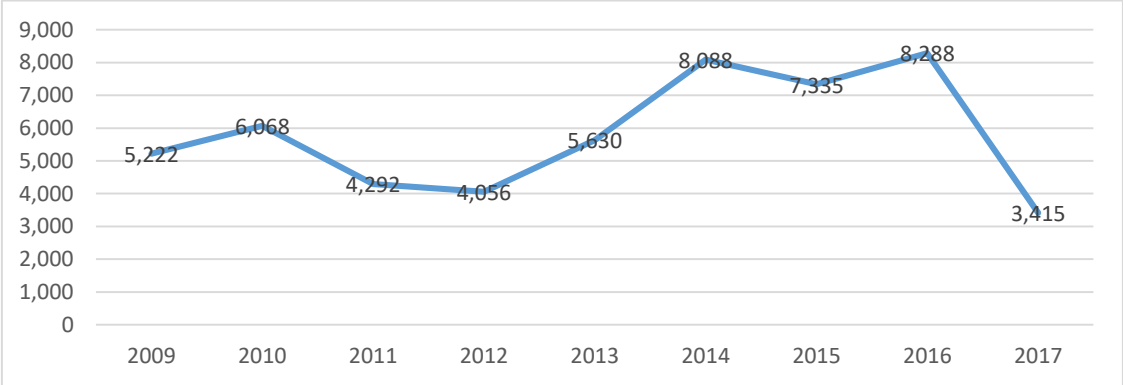
En las tres modalidades se otorgan más recursos a las empresas que realizan sus proyectos en vinculación con Instituciones de Educación Superior (IES) o Centro Públicos de Investigación (CPI), lo cual se fundamenta en las valiosas aportaciones de la literatura que resalta la vinculación entre academia, gobierno y empresas, también conocido como el modelo de triple hélice, que resalta las virtudes de la colaboración entre estos tres sectores en el proceso de innovación (Leydesdorff y Etzkowitz, 1998; Leydesdorff, 2000; Etzkowitz y Leydesdorff 2000; Etzkowitz, 2002 y 2003; Ranga, y Etzkowitz, 2013).

El Programa manejó en promedio 693 proyectos anuales de innovación durante el periodo 2009-2017. El monto de los recursos que se manejan dentro del Programa ha variado en cada ejercicio anual, no obstante, se puede observar una tendencia creciente hasta el 2016, pasando de 5,722 millones de pesos en el año inicial a 8,288 millones de pesos en 2016. No obstante,

en el año 2017 se presenta una caída pronunciada que obedece a una reducción en el presupuesto del Programa, como se observa en la Gráfica 12.

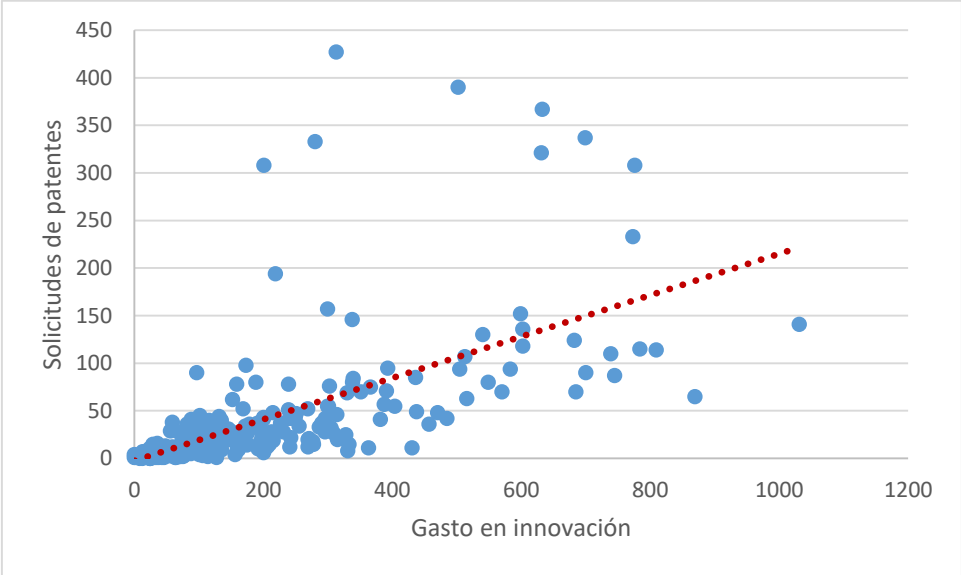
En la Gráfica 13 se muestra la relación que existe entre el gasto en innovación en el país a través del PEI y el número de solicitudes de patentes por año. Esta gráfica muestra una clara asociación positiva entre este par de variables, además de que el coeficiente de correlación muestra un valor elevado (0.83). Esta relación abre una pregunta interesante: ¿en qué medida ha incidido realmente el PEI en el número de solicitudes de patentes en las entidades federativas del país?

Gráfica 12. Recursos anuales dentro del PEI, 2009-2017 (millones de pesos)



Fuente: Elaboración propia con base en datos del Programa de Estímulos a la Innovación.

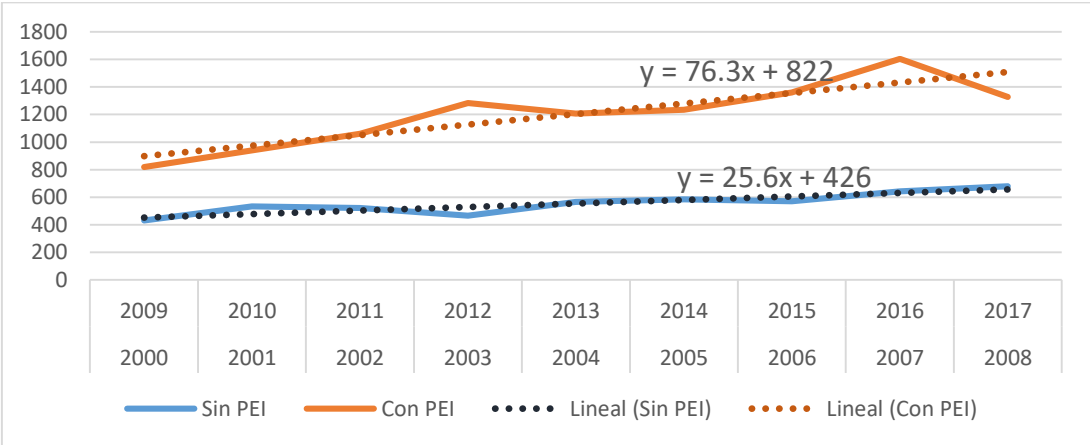
Gráfica 13. Gasto en innovación dentro del PEI y solicitudes de patentes por entidad federativa, 2009-2017 (millones de pesos)



Fuente: Elaboración propia con base en datos del PEI y del IMPI.

Otra aproximación al efecto del PEI sobre las solicitudes de patentes es la Gráfica 14 que muestra dos líneas para periodos de igual longitud de tiempo. La línea naranja abarca el tiempo en el que el PEI ha sido aplicado, mientras que la línea azul muestra los nueve años previos. No sólo existe una diferencia de niveles entre ambas líneas, sino que la pendiente de la línea de tendencia de 2009 a 2017 es notoriamente mayor.

Gráfica 14. Solicitudes de patentes por entidad federativa, con y sin PEI, 2000-2017



Fuente: Elaboración propia con base en datos del PEI y del IMPI.

Por otra parte, el Cuadro 1 presenta una comparación entre los montos anuales ejercidos dentro del PEI y los reportados por la “totalidad” de las empresas en materia de gasto en innovación para los años 2009, 2011, 2013, 2015 y 2016<sup>18</sup>. El primer rubro del Cuadro 1, *Total Corriente*, se refiere al gasto corriente total en innovación que reportaron las empresas a través de la Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico (ESIDET). El segundo rubro, *Total Capital*, es el gasto de capital total en innovación que ejercieron las empresas en el país y que fue registrado también en la ESIDET. El tercer renglón reporta el gasto total en innovación ejercido dentro del PEI. Como se observa en este cuadro, el monto de recursos dentro del PEI es superior al *gasto total de capital* en innovación en los años 2015 y 2016. Esto es relevante ya que deja de manifiesto la magnitud e importancia relativa de los recursos que se manejan dentro del PEI en comparación con el total del gasto en innovación en el país.

<sup>18</sup> Se tomaron como referencia estos años debido a que es la información de la que se dispone en la Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico (ESIDET). De acuerdo con el INEGI esta encuesta es representativa de la totalidad del sector productivo del país.

Cuadro 1. Gasto total privado en innovación vs gasto dentro del PEI: gasto de capital, gasto corriente y monto del PEI (millones de pesos).

Cuadro 1. Gasto en innovación dentro del PEI y el reportado en la ESIDET

<b>Gasto en innovación</b>	<b>2009</b>	<b>2011</b>	<b>2013</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
Total Corriente	18,131	25,731	16,149	18,343	22,206
Total Capital	12,389	10,620	12,864	<b>5,158</b>	<b>8,118</b>
PEI	5,222	4,292	5,630	<b>7,335</b>	<b>8,288</b>

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico y del Programa de Estímulos a la Innovación.

Además, habría que subrayar que el PEI se centra en innovaciones de producto y procesos, en tanto que los recursos reportados por las empresas en la ESIDET también abarcan gastos en innovación de mercadotecnia y organizacional. Por estas razones es que la base de datos del PEI se considera una fuente de información pertinente para estudiar el tema del gasto en innovación a nivel entidad federativa y por tamaño de empresa.

La Gráfica 15 presenta el ejercicio del gasto en innovación dentro del Programa por entidad federativa para el periodo de análisis. Las entidades que han ejercido más recursos son Nuevo León, Jalisco, Ciudad de México, Estado de México y Puebla. En la parte baja de la gráfica se encuentran Colima, Baja California Sur, Quintana Roo, Nayarit y Zacatecas.

Para contextualizar el tema del tamaño de empresa, el Cuadro 2 presenta el número absoluto y el porcentaje relativo del total de las empresas clasificadas por tamaño en el agregado nacional para el año 2017<sup>19</sup>. Una inmensa mayoría de las unidades económicas son micro y pequeñas empresas: entre ambas categorías suman poco más del 98 por ciento de total. En contraste, la presencia relativa de las empresas grandes es de apenas un 0.54 por ciento.

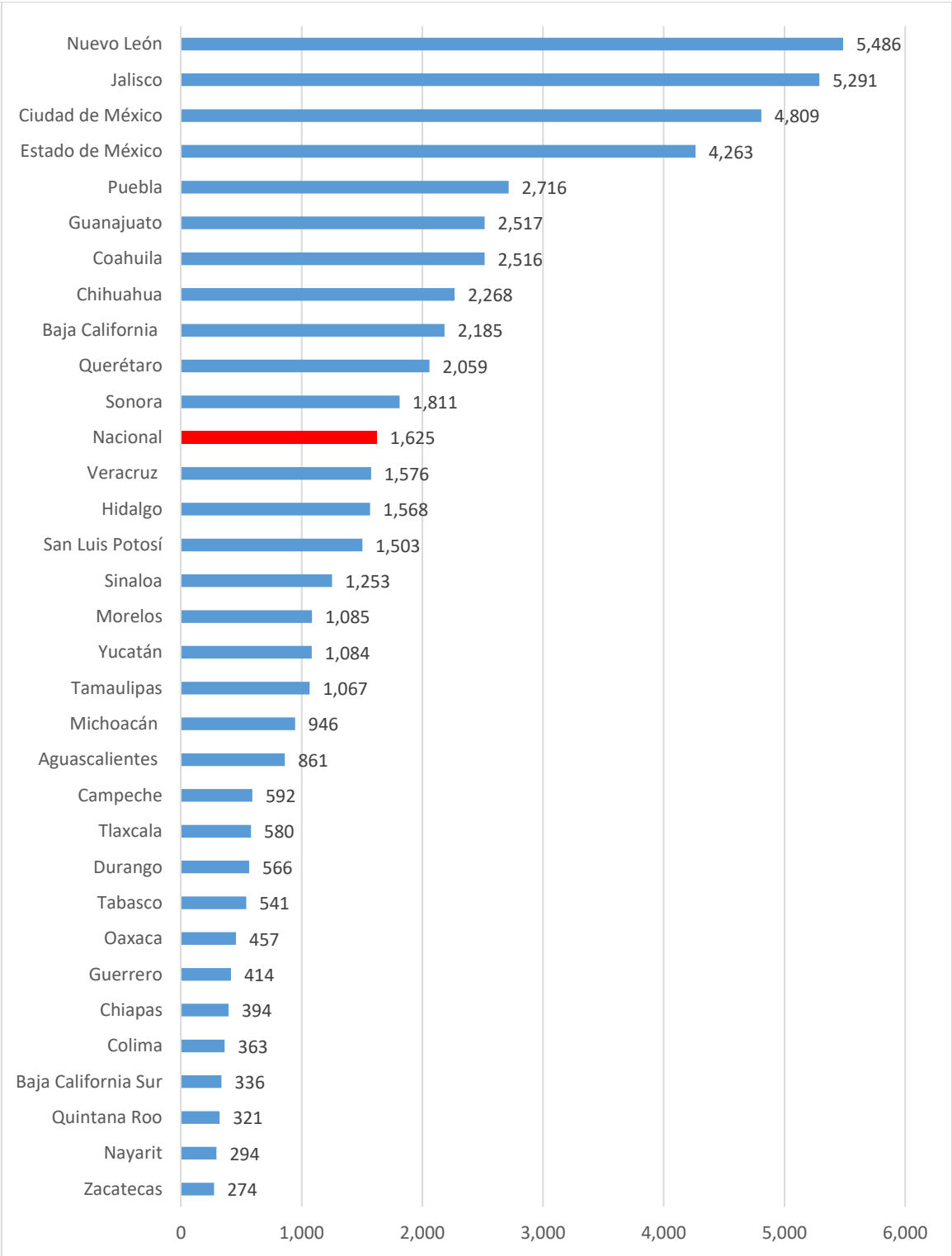
Cuadro 2. Número y porcentaje relativo por tamaño de empresa en México, 2017

	<b>Micro</b>	<b>Pequeña</b>	<b>Mediana</b>	<b>Grande</b>	<b>Total</b>
<b>Número de empresas</b>	639,696	43,232	9,314	3,752	695,994
<b>Porcentaje</b>	91.91	6.21	1.34	0.54	100

Fuente: Elaboración propia con base en información del Sistema de Información Empresarial Mexicano de la Secretaría de Economía.

<sup>19</sup> De acuerdo a lo establecido en el decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de junio de 2009 titulado “Acuerdo por el que se establece la estratificación de las micro, pequeñas y medianas empresas”. Las empresas grandes se entienden de manera residual como aquellas superiores a las empresas medianas.

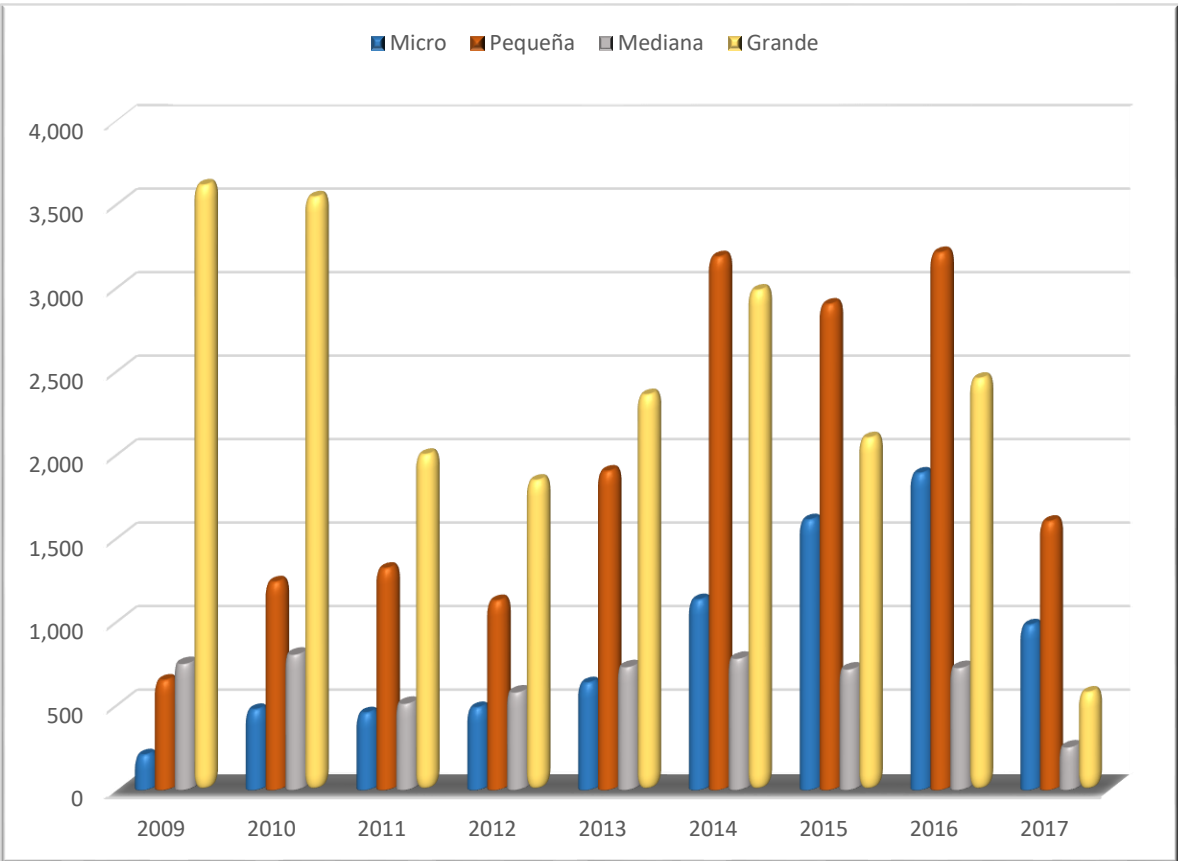
Gráfica 15. Gasto en innovación dentro del PEI por entidad federativas, 2009-2017 (millones de pesos)



Fuente: Elaboración propia con base en datos del PEI.

La participación del gasto total, es decir, la suma de los apoyos del Programa y los recursos que aportan las empresas, también pueden ser observados a partir del tamaño de las unidades económicas y del año en que se ejecutan los proyectos de innovación, como se muestra en la Gráfica 16. En los primeros años del periodo de análisis el mayor monto de recursos dentro del PEI fue ejercido por las grandes empresas, mientras que para los últimos cuatro años la mayor cantidad de gasto lo ejecutaron las micro y pequeñas empresas.

Gráfica 16. Gasto ejercido dentro del PEI por tamaño de empresa y por año, 2009-2017 (millones de pesos)

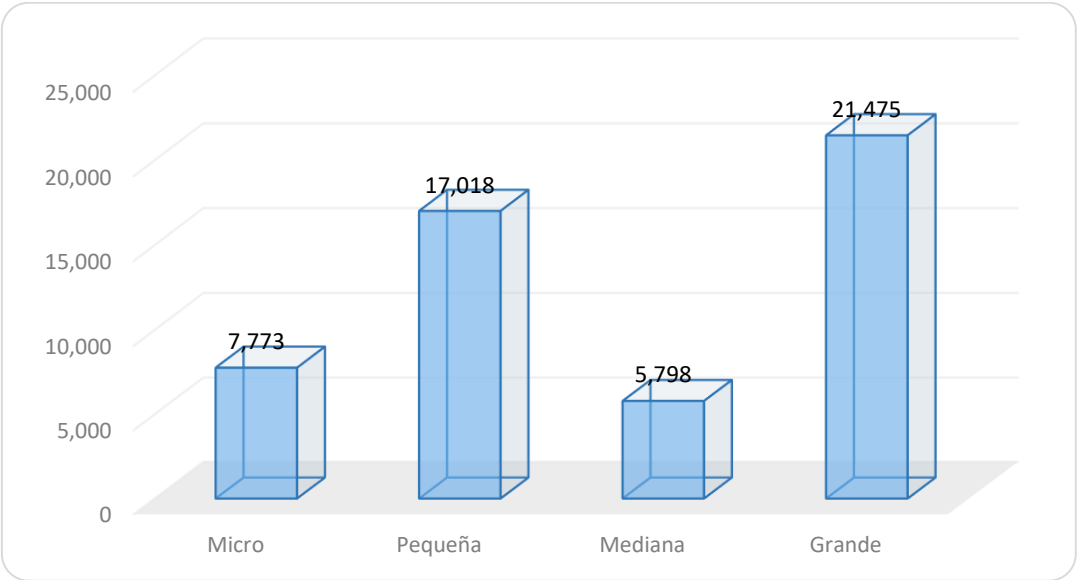


Fuente: Elaboración propia con base en datos del PEI.

La Gráfica 17 presenta el gasto total por tamaño de empresa durante todo el periodo. Se puede destacar que si bien el número de empresas grandes en el agregado nacional apenas supera el 0.5 por ciento, estas son las que mayor cantidad de recursos económicos manejan dentro del PEI a lo largo del periodo. Contrariamente, las microempresas, 92 por ciento del total

nacional, invierten en conjunto aproximadamente la tercera parte de lo que hacen las empresas grandes dentro del PEI. Esto de alguna manera sugiere el tipo de proyectos de innovación que desarrollan los distintos tamaños de empresas, ya que mientras las micro y pequeñas empresas pueden estar desarrollando mejoras incrementales o imitaciones de tecnología ya existente, las grandes empresas pudieran estar realizando proyectos de mayor envergadura, en los que alguno de ellos pudiera aspirar a ser patentado.

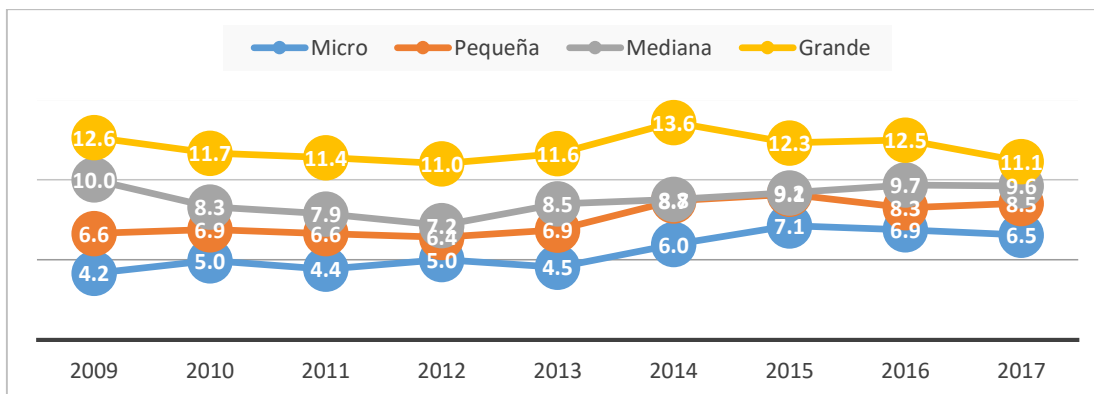
Gráfica 17. Gasto total en innovación dentro del PEI por tamaño de empresa, 2009-2017 (en millones de pesos)



Fuente: Elaboración propia con base en datos del Programa de Estímulos a la Innovación.

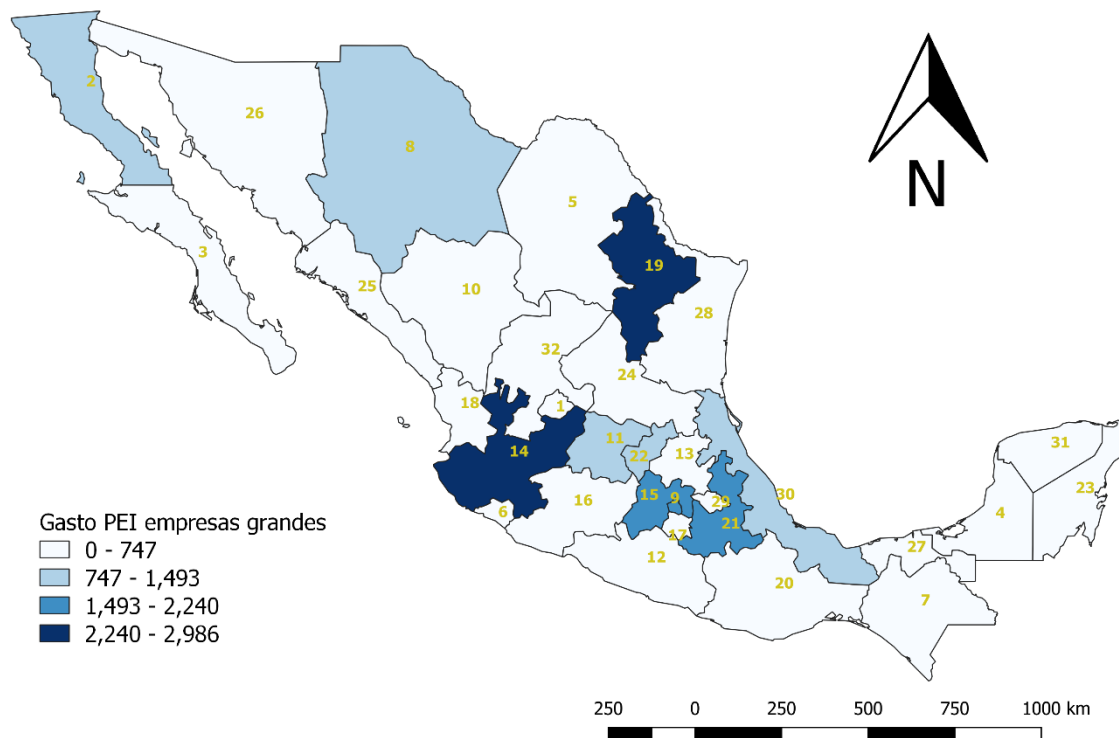
La inversión promedio por tamaño de empresa durante el periodo de análisis se muestra en la Gráfica 18. Es de llamar la atención que el monto promedio invertido en innovación varía muy poco en el tiempo para todos los tamaños de empresas, además de que hay un patrón de jerarquización en el que las empresas grandes son las que más gastan y las micro las que menos. Este dato está en sintonía con la hipótesis schumpeteriana según la cual las empresas grandes son las que más invierten en I+D+i. Por otro lado, la distribución del gasto de las empresas grandes dentro del PEI para el periodo de análisis se muestra en la Gráfica 19, en la que sobresalen Nuevo León y Jalisco, seguidos de la Ciudad de México, Puebla y el Estado de México.

Gráfica 18. Monto de promedio proyecto por tamaño de empresa, 2009-2017 (en millones de pesos)



Fuente: Elaboración propia con base en datos del Programa de Estímulos a la Innovación.

Gráfica 19. Gasto promedio en proyectos de innovación de las empresas grandes dentro del PEI por entidad federativa, 2009-2017 (millones de pesos)



Nota: 1 Aguascalientes, 2 Baja California, 3 Baja California Sur, 4 Campeche, 5 Coahuila, 6 Colima, 7 Chiapas, 8 Chihuahua, 9 Ciudad de México, 10 Durango, 11 Guanajuato, 12 Guerrero, 13 Hidalgo, 14 Jalisco, 15 Estado de México, 16 Michoacán, 17 Morelos, 18 Nayarit, 19 Nuevo León, 20 Oaxaca, 21 Puebla, 22 Querétaro, 23 Quintana Roo, 24 San Luis Potosí, 25 Sinaloa, 26 Sonora, 27 Tabasco, 28 Tamaulipas, 29 Tlaxcala, 30 Veracruz, 31 Yucatán, 32 Zacatecas.

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Programa de Estímulos a la Innovación.

Hasta aquí el análisis descriptivo de los datos del PEI muestra algunos aspectos interesantes, como que las empresas grandes gastan más en proyectos de innovación y la relación altamente positiva entre el financiamiento público (más la inversión privada) y el número de solicitudes de patentes. Lo anterior coincide con la teoría y los estudios empíricos revisados.

## **5. Conclusiones: planteamiento del problema, objetivos e hipótesis de trabajo**

Los datos presentados en las secciones 3 y 4 permiten distinguir al menos cuatro situaciones de interés de acuerdo con los objetivos planteados en esta investigación. 1) Una muy escasa inversión en actividades de I+D+i en las entidades del país. 2) El financiamiento público a través del PEI parece haber generado un impulso en la inversión en I+D del sector del sector productivo. 3) Las empresas grandes son las que más invierten en proyectos de innovación dentro del PEI. 4) Existe un nivel muy bajo de innovación (medida a partir de las solicitudes de patentes) en el país y de manera notable en algunas de las entidades federativas, principalmente del sureste, lo que muestra una elevada heterogeneidad entre los estados del país.

A partir de la revisión teórica, de los estudios empíricos y el análisis descriptivo de los datos se desprenden algunas hipótesis de trabajo. La primera hipótesis es que las entidades que más gastan en I+D+i son las que tienen mayores niveles de innovación. Esta hipótesis se basa en las teorías del crecimiento endógeno y en la gran mayoría de los estudios empíricos revisados en las secciones 2 y 3, así como en los datos descriptivos presentados en la Sección 4 (Gráfica 8) y en la Sección 5 (Gráfica 13). La exploración de esta hipótesis pretende contribuir a la línea de investigación recientemente desarrollada en el país, a partir de la utilización de la base de datos del PEI, por lo que no sólo se aporta una fuente de información muy poco explorada, sino que se analizará el efecto de los apoyos públicos de este programa. Además, como se vio en la Sección 5, la base de datos del PEI permite identificar el gasto en proyectos de innovación ejercido por tamaño de empresa, dentro del cual las empresas grandes son las que más gastan en promedio (Gráficas 17 y 18). Por lo anterior, a nivel de entidad federativa, también se prueba la segunda hipótesis schumpeteriana según la cual las empresas grandes son las que más tienden a innovar. Tanto el efecto del financiamiento público como el papel de las empresas en el grado de innovación son dos elementos prácticamente inexplorados para México, y menos aún para el total de sus entidades y un periodo de nueve años.

En un segundo artículo se explora la hipótesis de que las entidades del país que más innovan son las que tienen un mayor crecimiento económico. Esta hipótesis también se fundamenta en la literatura revisada en las secciones 2 y 3, así como en los datos mostrados en la Sección 4 (Gráfica 11). El desarrollo de esta hipótesis pretender aportar a la línea de investigación en México algunos aspectos regionales no explorados anteriormente como: el nivel de recursos ejercidos dentro del PEI y la importancia del tamaño relativo de los sectores económicos.

## Referencias

- Aboal, D. y Garda, P. (2015). “¿La financiación pública estimula la innovación y la productividad? Una evaluación de impacto.” *Revista CEPAL*, Vol. 115, pp. 45-70.
- Aboites, J. (1999). Innovación, propiedad intelectual y estrategias tecnológicas. En: Aboites, J. *Innovación, propiedad intelectual y estrategias tecnológicas: la experiencia de la economía mexicana*. México D.F.: Porrúa, pp. 97-105.
- Acemoglu, D. y Zilibotti, F. (2001). “Productivity Differences”. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 116(2), pp. 563- 606.
- Acemoglu, D. (2005). “Politics and Economics in Weak and Strong States”. *Journal of Monetary Economics*, Vol. (52), pp. 1,199-2,226.
- Acemoglu, D. Johnson, S. y Robinson, J. (2005). Institutions as the Fundamental Cause of Long-run Growth. En Aghion, P. y Durlauf, S. (eds.) *Handbook of Economic Growth*, Volume 1A, Chapter 6, North-Holland-Elsevier, Amsterdam.
- Acemoglu, D. y Robinson, J. (2012). *Why Nations Fail*. Nueva York. Crown Publishers.
- Acs, Z. y Audretsch, D. (1988). “Innovation in Large and Small Firms: An Empirical Analysis”. *The American Economic Review*, Vol. 78 (4), pp. 678-690.
- Acs, Z. y Audretsch, D. (1990). *Innovation and Small Firms*. Cambridge, MA, MIT Press.
- Acs, Z. y Audretsch, D. (1991). “Innovation and Size at the Firm Level”. *Southern Economic Journal*, Vol. 57(3), pp. 739-744.
- Agénor, P. y Neanidis, K. (2015). "Innovation, public capital, and growth," *Journal of Macroeconomics*, Vol. 44(C), pp. 252-275.
- Aghion, P. y Howitt, P. (1992). “A Model of Growth Through Creative Destruction.” *Econometrica*, Vol. 60(2), pp. 323-351.

- Aghion, P. Howitt, P. (1998). *Endogenous Growth Theory*. Cambridge, MA, MIT Press.
- Aghion, P. Harris, C. Howitt, P. y Vickers, J. (2001). "Competition, Imitation and Growth with Step-by-Step Innovation." *Review of Economic Studies*, 68 (3), pp. 467–492.
- Aghion, P. Akcigit, U. y Howitt, P. (2015). "The Schumpeterian Growth Paradigm". *Annual Review of Economics*, Vol. 7, pp. 557-575.
- Agostino, G. y Scarlato, M. (2016). "Institutions, Innovation and Economic Growth in European Countries". MPRA Paper No. 72427, Department of Economics, Roma Tre University.
- Akerlof, G. (1970). "The Market for "Lemons": Quality Uncertainty and the Market Mechanism". *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 84 (3), pp. 488-500.
- Allison, G. (1969). "Conceptual Models and the Cuban Missile Crisis". *The American Political Science Review*, Vol. 63(3), pp. 689-718.
- Alsharkas, Z. (2014). "Firm Size, Competition, Financing and Innovation". *International Journal of Management and Economics*, Vol. 44(1), pp. 51–73.
- Antonelli, C. (2017). *Endogenous Innovation. The Economics of an Emergent System Property*. First edition. Antonelli. USA y UK. Edward Elgar Publishing.
- Arellano, D. (2010). "Reformas Administrativas y cambio organizacional: hacia el efecto neto". *Revista Mexicana de Sociología*. Vol. 72 (2), pp. 225-254.
- Arrow, K. (1962). Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention. En: Nelson, R. (ed.), *The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton Univ. Press, pp. 609-626.
- Arrow, K. (1963). "Uncertainty and the Welfare of Medical Care". *American Economic Review*, Vol. 53 (5), pp. 941-973.
- Arvanitis, S. Donzé, L. y Sydow, N. (2010). "Impact of Swiss technology policy on firm innovation performance: An evaluation based on a matching approach". *Science and Public Policy*, Vol. 37(1), pp. 63-78.
- Aschhoff, B. (2009). "The Effect of Subsidies on R&D Investment and Success - Do Subsidy History and Size Matter?". *Center for European Economic Research*, Discussion Paper No. 09-032.
- Avila-Lopez, L. Chaofeng L. y Lopez-Leyva S. (2019). "Innovation and growth: evidence from Latin American countries", *Journal of Applied Economics*, Vol. 22(1), 287-303.

- Bardach, E. (1979). *The implementation game*. Cambridge, MIT Press.
- Bardach, E. (1998). *Los ocho pasos para el análisis de políticas públicas*. México. CIDE.
- Barro, R. (1990). "Government spending in a simple model of endogeneous growth". *Journal of Political Economy*, Vol.98(5), pp. 103-125.
- Becker, B. (2015). "Public R&D Policies and Private R&D Investment: A Survey of the Empirical Evidence". *Journal of Economic Surveys*, Vol. 29(5), pp. 917-942.
- Beck, M. Lopes-Bento, C. y Schenker-Wicki, A. (2016). "Radical or incremental: Where does R&D policy hit?". *Research Policy*, Vol. 45(4), pp. 869-883.
- Beltrán-Morales, L. Almendarez-Hernández, M. y Jefferson, D. (2018). "El efecto de la innovación en el desarrollo y crecimiento de México: una aproximación usando las patentes", *Revista Problemas del Desarrollo*, Vol. 195 (49), pp. 55-76.
- 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), pp. 434-455.
- Brozinini, R. y Piselli, P. (2009). "Determinants of long-run regional productivity with geographical *spillovers*: The role of R&D, human capital and public infrastructure", *Regional Science and Urban Economics*, Vol. 39(2), pp. 187-199.
- Cabrero, E. (2005). *Acción Pública y Desarrollo Local*. Fondo de Cultura Económica. México.
- Calderón-Madrid, A. (2011). "A microeconomic analysis of the impact of Mexico's R&D tax credit program on private R&D expenditure". Artículo presentado en la Conferencia Internacional "Mind the Gap: From Evidence to Policy Impact", Cuernavaca, México. Organizado por 3IE, International Initiative for Impact Evaluation. Consultado en: <http://www.angelcalderon.org/index.php/publicaciones-y-working-papers>.
- Cameron, G. (1996). "Innovation and Economic Growth," *CEP Discussion Papers*, Centre for Economic Performance, LSE.
- Cass, D. (1965). "Optimum Growth in a Aggregative Model of Capital Accumulation", *Review of Economic Studies*, Vol. 32(3), pp. 233-24.
- Ciobanu, R. Petrariu, R. y Bumbac, R. (2013). "Innovation: a path to competitiveness and economic growth. The case of CEE countries". *Theoretical and Applied Economics*, Vol. 20(5), pp. 15-26.

- Coe, D. y Helpman, E. (1995). "Internacional R&D spillovers". *European Economic Review*, Vol. 39, pp. 859-887.
- Coe, D. Helpman, E. y Hoffmaister, A. (1997). "North-South spillovers R+D". *The Economic Journal*. Vol. 107, pp.134-149.
- Coe, D. Helpman, E. y Hoffmaister, A. (2008). "International R&D Spillovers and Institutions". IMF Working Paper.
- Cohen, W. y Klepper, S. (1996). "A Reprise of Size and R&D". *The Economic Journal*, Vol. 106(437), pp. 925-951.
- Cohen, W. y Levinthal, H. (1990). "Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation". *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35, pp. 128-152.
- Conacyt (2002). *Ley de Ciencia y Tecnología* (2002), México, Conacyt.
- Conacyt (2002). *Ley Orgánica del CONACYT* (2002). México, Conacyt.
- Cyert, R. y March, J. (1963). *A behavioral theory of the firm*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Chávez, E. (2019). "The effects of public R&D subsidies on private R&D activities in Mexico". *PSE Working Papers, Paris School of Economics*, pp. 1-49.
- Christensen, C. Ojomo, E. y Dillon, K. (2019). *The prosperity paradox: How innovation can lift nations out of poverty*. New York. Harper Business.
- David, P. Hall, B. y Toole, A. (2000). "Is public R&D a complement or substitute for private R&D? A review of the econometric evidence". *Research Policy*, Vol. 29(4-5), pp. 497-529.
- Dimos, C. y Pugh, G. (2016). "The effectiveness of R&D subsidies: A meta-regression analysis of the evaluation literature". *Research Policy*, Vol. 45(4), pp. 797-815.
- Domar, E. (1946). "Capital Expansion, Rate of Growth, and Employment", *Econometrica*, Vol. 14(2), pp. 137-147.
- Dosi, G. y Nelson, R. (1994). "An Introduction to Evolutionary Theories in Economics". *Journal of Evolutionary Economics*. Vol. 4, pp.153-72. 10.1007/BF01236366.
- Dosi, G. Freeman, Ch. Nelson, R. Silverberg, G. y Soete, L. (eds.) (1988). *Technical change and Economic Theory*. Pinter publishers London and New York.

- Dosi, G. Freeman, Ch. y Fabiani, S. (1994). "The process of economic development. Introducing Some Stylized Facts and Theories on Technologies, Firms and Institutions". *Industrial and Corporate Change*, Vol. 3(1), pp. 1-45.
- Downs, A. (1957). *An Economic Theory of Democracy*. New York: Harper and Row.
- Etzkowitz, H. y Leydesdorff, L. (2000). "The dynamics of innovation: from national systems and 'mode 2' to a triple helix of university-industry-government relations". *Research Policy*, Vol. 29(2), pp.109-123.
- Etzkowitz, H. (2002). "Incubation of incubators: innovation as a triple helix of university-industry-government networks". *Science and Public Policy*, Vol. 29(2), pp.115-128.
- Etzkowitz, H. (2003). "Innovation in innovation: the Triple Helix of university-industry-government relations". *Social Science Information*, Vol. 42 (3), pp. 293-337.
- Fagerberg, J. Srholec, M. y Verspagen, B. (2010). "Innovation and economic development", En Browyn H. Hall y Nathan Rosenberg (eds.), *Handbook of economics of innovation*, vol. 2, Elsevier B. V., Amsterdam, Holanda, pp. 833-872.
- Feki, Ch. y Mnif, S. (2016). "Entrepreneurship, Technological Innovation, and Economic Growth: Empirical Analysis of Panel Data", *Journal of the Knowledge Economy*, Vol. (7), pp. 984-99.
- Freeman, C. (1990). *Economics of Innovation*. Aldershot: Edward Elgar.
- Galbraith, J. (1952). *American Capitalism: The Concept of Countervailing Power*. Boston. Houghton Mifflin Company.
- Germán-Soto, V. Gutiérrez, L. y Malacara, H. (2016). Aglomeración, concentración industrial y educación: impactos en la innovación regional de México, 1994-2012. En: *Perspectivas y retos actuales de la innovación en México: Regiones, sectores y empresa*. Ediciones De Laurel y Universidad Autónoma de Coahuila, México, pp. 115-152.
- Gould, D. y Gruben, W. (1995). "El papel de los derechos de propiedad intelectual en el crecimiento económico". *Economía Mexicana, Nueva Época*,iv(2), 265-299.
- Grenier, A. (2003). "On the Dynamics of an Endogenous Growth Model with Learning by Doing". *Economic Theory*, Vol. 21, pp. 205-214.
- Grossman, G. y Helpman, H. (1989). "Endogenous Products Cycles", *NBER Working Papers*, No. 2913.

- Grossman, G. y Helpman, E. (1990). "Comparative Advantage and Long-Run Growth", *American Economic Review*, Vol. 80(4), pp. 796-815.
- Grossman, G. y Helpman, E. (1991). *Innovation and Growth in the Global Economy*. Cambridge MA: The MIT Press.
- Grossman, G. y Helpman, E. (1994). "Endogenous Innovation in the Theory of Growth." *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8(1), pp. 23-44.
- Guzmán, A. y Gómez, H. (2010). Brechas tecnológicas y procesos de convergencia entre países emergentes e industrializados en la industria bio-farmacéutica, 1980-2005. En: J. Guillén (Coord.), *Una década de estudios sobre economía social*, México: Juan Pablos, pp. 38-65.
- Guzmán, A. López-Herrera, F. y Venegas-Martínez, F. (2012). "Un análisis de cointegración entre patentes y crecimiento económico en México, 1980-2008". *Investigación Económica*, Vol. 71, (281), pp. 83-115.
- Guzmán, A. Brown, P. y Mendoza, M. (2016). "Innovación y productividad de las empresas en la industria manufacturera de México: 2004-2006". En: Guzmán, A. Yoguel, G. y Llamas, I. (Coords.) *Innovación en América Latina. Argentina, Colombia y México*, Madrid: Editorial Biblioteca Nueva – Universidad Autónoma Metropolitana, pp. 129-186.
- Hamilton, D. (1991). *Evolutionary Economics: A Study in Change in Economic Thought*. New York. Transaction Publishers.
- Harrod, R. (1939) "An Essay in Dynamic Theory", *The Economic Journal*, Vol. 49(193), pp. 14-33.
- Hasan, I. y Tucci, Ch. (2010). "The innovation–economic growth nexus: Global evidence". *Research Policy*, vol. 39, pp. 1264–1276.
- Jones, Ch. (1998). *Introduction to Economic Growth*. USA. Norton & Company, Inc.
- Kacprzyk, A. y Doryń, W. (2017). "Innovation and economic growth in old and new member states of the European Union", *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, Vol. 30 (1), pp. 1724-1742.
- Kirchhoff, B. (1994). *Entrepreneurship and Dynamic Capitalism: The Economics of Business Firm Formation and Growth*. Westport, CT: Praeger

- Klette, T. Moen, J. y Griliches, Z. (2000). “Do subsidies to commercial R&D reduce market failures? Microeconometric evaluation studies”. *Research Policy*, Vol. 29(4- 5), pp. 471-495.
- Klette, T. y Moen, J. (2012). “R&D investment responses to R&D subsidies: a theoretical analysis and a microeconometric study”. *World Review of Science, Technology and Sustainable Development*, Vol. 9(2-4), pp. 169-203.
- Knott, A. y Vieregger, C. (2020). “Reconciling the Firm Size and Innovation Puzzle”. *Organization Science*, Vol. 31, pp. 245-534.
- Koopmans, T. (1965). On the Concept of Optimal Economic Growth. En: Johansen, J. (Ed.) *The Econometric Approach to Development Planning*. North Holland, Amsterdam.
- Krugman, P. (1990). *Rethinking International Trade*. The MIT Press, Cambridge.
- Lazonick, W. y Mazzucato, M. (2013). “The risk-reward nexus in the innovation-inequality relationship: who takes the risks? Who gets the rewards?”. *Industrial and Corporate Change*, Vol. 22(4), pp. 1093–1128.
- Leydesdorff, L. (2000). “The triple helix: an evolutionary model of innovations”. *Research Policy*, Vol. 29(2), pp. 243- 255.
- Leydesdorff, L. y Etzkowitz, H. (1998). “The Triple Helix as a model for innovation studies”. *Science and Public Policy*, Vol. 25(3), pp. 195-203.
- Lindblom, Ch. (1959). “The Science of <Muddling Through>”. *Public Administration Review*, Vol. 19 (2), pp. 79-88.
- Lineamientos del Programa de Estímulos a la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación* (2011). Disponible en:  
<http://www.siiicyt.gob.mx/index.php/normatividad/conacyt-normatividad/historicos-normatividad/reglas-de-operacion-historico/ro-innovacion-tecnologica-historico/653-lineamientos-2012-pei/file> [fecha de consulta: febrero de 2019]
- Lopez-Acevedo, G. y Tan, H. (2010). Evaluating SME Support Programs in Mexico. En: Lopez-Acevedo, G. y Tan, H. (eds.). *Impact evaluation of SME programs in Latin America and the Caribbean*. Washington: Banco Mundial.
- Lucas, R. (1988). “On the Mechanics of Economic Development”. *Journal of Monetary Economics*, Vol. (22), pp. 3-42.
- Lucas, R. (1993). “Making a Miracle”. *Econometrica*, Vol. 61(2), pp. 251-272.

- 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), pp. 1-23.
- Maradana, R. Zaki, D. Pradhan, R. Gaurav, K. Dash, S. Jayakumar, M. y Sarangi, A. (2019). "Innovation and economic growth in European Economic Area countries: The Granger causality approach", *IIMB Management Review* Vol. 31, pp. 268–282.
- March, J. y Simon, H. (1958). *Organizations*. New York. Wiley.
- March, J. y Olsen, P. (1984), "New institutionalism: organizational factors in political life". *American Political Science Review*, Vol. 78, pp. 734-749.
- Mendoza, J. Torres, V. y Polanco, M. (2008). "Desigualdad del crecimiento económico regional e innovación tecnológica en México". *Comercio Exterior*, 58(7), 507-521.
- Merino, M. (2015). *Políticas públicas. Ensayo sobre la intervención del Estado en la solución de problemas públicos*. México. CIDE.
- McCloskey, D. (2017). *Bourgeois equality: How ideas, not capital or institutions, enriched the world*. Chicago:University of Chicago Press.
- Miller, G. (1992). *Managerial Dilemmas*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mokyr, J. (1990). *Twenty-five Centuries of Technological Change. An Historical Survey*, Chur; New York: Harwood Academic Publishers GmbH.
- Mokyr, J. (1998). "Induced technical innovations and medical history: an evolutionary approach". *Journal of Evolutionary Economics*, Vol. 8, pp. 119–137.
- Mokyr, J. (2000). Evolutionary phenomena in technological change. En: Ziman, J. (ed.) *Technological innovation as an evolutionary process*. Cambridge. Cambridge Univ. Press.
- Mungaray, A. López, S. y Moctezuma, P. (2013). "La adicionalidad de los fondos públicos en la innovación empresarial mexicana: el caso de Baja California, 2001-2010". *Revista de La Educación Superior*, Vol. 42(3), pp. 41-62.
- Mungaray, A. Ríos, J. Aguilar, J. y Ramírez, M. (2015). "La capacidad innovadora de la economía mexicana". *Economía: Teoría y Práctica*, (43), pp. 11-36.
- Nelson, R. (1959). "The Simple Economics of Basic Scientific Research," *Journal of Political Economy*, Vol. 67(2), pp. 297-306.

- Nelson, R y Phelps, E. (1966). “Investments in Human Technological Diffusion and Economic Growth”, *American Economic Association Papers and Proceedings*, Vol. 56, pp. 69-75.
- Nelson, R. y Winter, S. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. USA. Cambridge, Mass., The Belknap Press of Harvard University Press.
- Nelson, R. (1995). “Recent evolutionary theorizing about economic change”. *Journal of Economic Literature*, Vol. 33(1), pp. 48-90.
- North, D. (1995). *Instituciones, Cambio Institucional y Desempeño Económico*. Fondo de Cultura Económica.
- North, D. (2005). *Understanding the process of economic change*. Princeton. Princeton Univ. Press.
- OCDE y EUROSTAT (2005). *Manual de Oslo*.
- OCDE (2015). *Estudios económicos de la OCDE México*. París, OCDE.
- Olson, M. (1992). *La Lógica de la Acción Colectiva. Bienes Públicos y la teoría de grupos*. México: Grupo Noriega Editores.
- Ollivier, J. y Thompson, P. (2008). “Diferencias en el proceso de innovación en empresas pequeñas y medianas de la industria manufacturera de la ciudad de Chihuahua, México”. *Contaduría y administración*, Vol. 227, pp. 9-28.
- Pastor, M. Rodríguez, P. y Ramos, A. (2017). “Efectos del financiamiento público a la innovación: perspectiva microeconómica a partir de un estudio en pequeñas empresas”. *Región y Sociedad*, Vol. 70, pp. 203-229.
- Pece, A. Oros, O. y Salisteanu, F. (2015). “Innovation and economic growth: An empirical analysis for CEE countries”. *Procedia Economics and Finance*, vol. 26, pp. 461– 467.
- Pessoa, A. (2007). “Innovation and Economic Growth: What is the actual importance of R&D?”. FEP Working Paper. Universidade de Porto.
- Pradhan, R. Arvin, M. Hall, J. y Nair, M. (2016). “Innovation, financial development and economic growth in eurozone countries”. *Applied Economics Letters*, Vol. 23(16), pp. 1141–1144.
- Ranga, M. y Etzkowitz, H. (2013). “Triple Helix systems: an analytical framework for innovation policy and practice in the Knowledge Society”. *Industry & Higher Education*, Vol. 27(3), pp. 237–262

- Rebelo, S. (1991). "Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth, *The Journal of Political Economy*, Vol. 99(3), pp. 500-521
- 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*, Vol. (64), pp. 109-138.
- Ríos-Flores, J. y Ocegueda, J. (2017). "Capacidad innovadora y crecimiento regional en México: un enfoque espacial". *Economía, sociedad y territorio*, Vol.17 (55), pp. 743-775.
- Ríos-Flores, J. y Ocegueda, J. (2018). "Efectos de la capacidad innovadora en el crecimiento económico de las entidades federativas en México 2018". *Estudios fronterizos*, Vol. 19(13).
- Rodríguez-Pose, A. y Crescenzi, R. (2008). "Research and development, spillovers, innovation systems, and the genesis of regional growth in Europe". *Regional studies*, 42 (1), pp. 51-67.
- Rodríguez-Pose, A. y Villareal, M. (2015). "Innovation and Regional Growth in Mexico: 2000-2010". *Growth and Change*, Vol. 46(2), pp.172-195.
- Rogers, M. (2004). "Networks, Firm Size and Innovation". *Small Business of Economics*, Vol. 22(2), pp. 141-153.
- Romer, P. (1986). "Increasing Returns and Long-run Growth". *The Journal of Political Economy*, Vol. 94(5), pp. 1002-1037.
- Romer, P. (1990). "Endogenous Technological Change". *The Journal of Political Economy*, Vol. 98(5), pp. s71-s102.
- Romer, R. y Rivera-Batiz, L. (1991). "Economic Integration and Endogenous Growth", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. (106), pp. 531-555.
- Romo, D. (2006). El impacto de la ciencia y la tecnología en el desarrollo de México, En: Cabrero, E. López-Ayllón, S, y Valadés, D. (eds.) *El diseño institucional de la política de ciencia y tecnología en México*. México. Universidad Nacional Autónoma de México y Centro de Investigación y Docencia Económicas.
- Rosenberg, N. (1994). *Exploring the black box: technology, economics and history*. Nueva York, Cambridge University Press, pp. 274.

- Sala-i-Martin, X. (2000). *Apuntes de Crecimiento Económico*. Segunda Edición. Barcelona. Antoni Bosh.
- Schumpeter, J. (1912). *The Theory of Economic Development*. Décima edición. Transaction Publishers, New Brunswick, New Jersey.
- Schumpeter, J. (1942). *Capitalism, Socialism and Democracy*. Nueva York. Harper & Brothers.
- Segerstrom, P. (1991). "Innovation, Imitation and Economic Growth", *Journal of Political Economy*, Vol. 99(4), pp. 807-827.
- Semieniuk, G, y Mazzucato, M. (2017). "Public financing of innovation: New questions". *Oxford Review of Economic Policy*. Vol. 33(1), pp. 24-48.
- Silverberg, G. y Verspagen, B. (1995). "Long-term Cyclical Variations of Catching Up and Falling Behind. An Evolutionary Model", *Journal of Evolutionary Economics*, Vol. 5, pp. 209-227.
- Simon, H. (1947). *Administrative Behavior: A Study of Decision-Making Processes in Administrative Organization*. London: MacMillan.
- Silverberg, G. y Verspagen B. (1995). "Long-term Cyclical Variations of Catching Up and Falling Behind. An Evolutionary Model". *Journal of Evolutionary Economics* Vol. 5, pp. 209-227.
- Solow, R. (1956). "A contribution to the theory of economic growth". *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 70(1), pp. 65-94.
- Summers, R. y Heston, A. (1991). "The Penn World Table (Mark 5): An Expanded Set of International Comparisons, 1950-1988." *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 60, pp. 327-368.
- Swan, T. (1956). "Economic Growth and Capital Accumulation". *Economic Record*, Vol. 32(2), pp. 334-361.
- Tebaldi, E. y Elmslie, B (2008). "Institutions, Innovation and Economic Growth". *Journal of Economic Development*, Vol. 33 (2), pp. 27-53.
- Tirado, R. (1995). "Un modelo de crecimiento endógeno e imitación tecnológica". *Estudios Económicos*, Vol. 10, pp. 195-219.
- Tirado, R. (2003). "La nueva teoría del crecimiento y los países menos desarrollados". *Comercio Exterior*, Vol. 53(10), pp. 918-934.

- Tomizawa, A. Zhao, L. Bassellier, G. y Ahlstrom, D. (2019). “Economic growth, innovation, institutions, and the Great Enrichment”, *Asia Pacific Journal of Management*, Vol. 37, pp. 7-31.
- Torun, H. y Çiçekçi, C. (2007). “Innovation: Is the Engine for the Economic Growth?”. *Ege University the Faculty of Economics and Administrative Sciences*, Ismir, Turkey.
- Tugores, J. (2013). *Economía Internacional, Globalización e integración regional*. Sexta Edición. Mc-Graw-Hill, Madrid.
- Ulku, H. (2004). “R&D, Innovation, and Economic Growth: An Empirical Analysis”, *International Monetary Fund Working Papers*, pp. 2-35.
- Ulku, H. (2007). “R&D, innovation, and growth: evidence from four manufacturing sectors in OECD countries”, *Oxford Economic Papers*, Vol. 59(3), pp. 513–535.
- Uzawa, H. (1963). “On a two sector model of economic growth II”, *Review of Economic Studies*, Vol. 30(2), pp. 105-118.
- Vaona, A. y Pianta, M. (2008). “Firm Size and Innovation in European Manufacturing”. *Small Business of Economics*, Vol. 30(3), pp. 283-299.
- Vergara, D. y Hejis, J. (2013). El papel de las ayudas públicas para la innovación en las empresas del sector químico de México. Análisis micro. Ponencia presentada en el XV Congreso latino-iberoamericano de gestión tecnológica (altec), Porto, Portugal.
- Verspagen, B. (1993). *Uneven Growth Between Interdependent Economies. The Evolutionary Dynamics of Growth and Technology*, Aldershot: Avebury.
- Verspagen, B. (2001). *Economic growth and technological change: an evolutionary interpretation*. OECD Directorate for Science, Technology and Industry, STI Working Papers; Vol. 2001(1).
- Villareal, E. (2012). “Innovación y crecimiento regional en México 2000-2010”. XXXVIII Reunión de Estudios Regionales. En Congreso de la Asociación Española de Ciencia Regional, xxxviii Reunión de Estudios Regionales.
- Consultado en <http://old.aecr.org/web/congresos/2012/Bilbao2012/htdocs/pdf/p596.pdf>
- Vite, R. (2008). “Crecimiento endógeno en un país menos desarrollado: el caso de firmas imitadoras”. *Economía: teoría y práctica. Nueva Época*, Vol. (8), pp. 9-43.
- Wennekers, S. y Thurik, R. (1999). “Linking Entrepreneurship and Economic Growth”, *Small Business Economics*, Vol. 13, pp. 27–55.

- Wildavsky, A. y Majone, G. (1998). “La implementación como evolución”. En Wildavsky, A. y Pressman, J. (eds.), *Implementación, cómo grandes expectativas concebidas en Washington se frustran en Oakland*. Fondo de Cultura Económica y Colegio Nacional de Ciencias Políticas y Administración Pública.
- Wildavsky A. y Pressman J. (1998). *Implementación, cómo grandes expectativas concebidas en Washington se frustran en Oakland*. Fondo de Cultura Económica y Colegio Nacional de Ciencias Políticas y Administración Pública.
- Williamson, O. (1975). *Markets and Hierarchies: Analisis and Antitrust Implications*. Nueva York: The Free Press.
- Witt, U. (2008). Observational learning, group selection, and societal evolution. *Journal of Institutional Economics*. Vol.4(1), pp.1–24.
- Wu, Y. Guo, X. y Marinova, D. (2017). “Productivity, Innovation and China’s Economic Growth”, En: Song, L. Garnaut, R. Fang C. y Johnston, L. (Eds.), *China's New Sources of Economic Growth: Human Capital, Innovation and Technological Change*. Australia, ANU Press.
- Young, A. (1991). “Learning by Doing and the Dynamic Effects of International Trade”. *National Bureau of Economic Research*. Working Paper No. 3577.
- Ziman, J. (ed.) (2000). *Technological innovation as an evolutionary process*. Cambridge. Cambridge Univ. Press.

---

**SEGUNDO ARTÍCULO**

**INNOVACIÓN, FINANCIAMIENTO PÚBLICO Y TAMAÑO  
DE EMPRESA EN MÉXICO Y SUS ENTIDADES  
FEDERATIVAS, 2009-2017**

## Introducción

El tamaño de empresa ha sido considerado como un factor relevante en el proceso de innovación en la literatura académica desde el trabajo fundacional de Schumpeter, publicado en 1942. En las últimas décadas esta relación ha adquirido mayor relevancia a partir de la creciente integración económica que se observa en buena parte del mundo y que, a su vez, ha dado pie a un ambiente más competitivo, donde se exige mayor productividad por parte de las empresas.

La progresiva integración de los mercados, junto con el arreglo institucional global, ejercen una mayor presión sobre la organización de las empresas y sobre sus límites, tanto en países en vías de desarrollo como en los desarrollados. Lo anterior ha incentivado el crecimiento del tamaño de las empresas pequeñas y medianas en las últimas décadas (Maiti y Singh, 2011) junto a una mayor productividad para poder competir en este entorno.

El financiamiento público también ha mostrado ser un factor institucional relevante en el fomento de la innovación de las empresas debido a que resuelve algunas de las fallas de mercado que caracterizan la inversión en I+D (Ulku, 2004; Becker, 2015; David, Hall y Toole, 2000; Brozinini y Piselli, 2009; entre otros).

El objetivo central de esta investigación es analizar la relación que existe entre el grado de innovación y el tamaño de empresa en las entidades federativas de México, así como el efecto del financiamiento público en el nivel de innovación.

En este documento se emplea la base de datos del Programa de Estímulos a la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (PEI) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), el cual representa la política pública de fomento a la innovación empresarial más importante del país en términos presupuestales durante el periodo 2009-2017.<sup>20</sup>

Las preguntas que se intentan responder a partir de los resultados de los modelos econométricos utilizados en esta investigación son las siguientes:

- 1) ¿Cómo es la relación entre el gasto en proyectos de innovación y el nivel de innovación en las entidades del país, de acuerdo con el tamaño de empresa?
- 2) ¿En qué medida influye el Programa de Estímulos a la Innovación en el grado de innovación por parte de las empresas en las entidades federativa del país?

---

<sup>20</sup> En todo el periodo de análisis el PEI fue el programa de apoyo a la innovación de las empresas con mayor presupuesto público.

La primera hipótesis que se propone es que el financiamiento público, observado a través de los recursos del PEI, tiene un efecto positivo en el nivel de innovación de las empresas en las entidades del país. La segunda hipótesis de investigación se fundamenta en las aportaciones de Schumpeter (1942) que relaciona positivamente el tamaño de empresa con los niveles de innovación y afirma que son las empresas grandes las que cuentan con los recursos para poder invertir en investigación y desarrollo (I+D), así como con las capacidades para capitalizar esa inversión en innovaciones, que a su vez se traduzcan en beneficios.

A nivel agregado, una economía innovadora se considera indispensable para lograr un crecimiento económico sostenido (Lucas, 1988; Romer, 1990; Grossman y Helpman, 1991; Aghion y Howit, 1992). Asimismo, en varias regiones del mundo ha habido una serie de políticas públicas dedicadas a incentivar la innovación en el ámbito empresarial (OCDE, 2010). Esta presencia de políticas públicas orientadas al fomento de la innovación requiere de análisis empíricos que permitan conocer cuáles han sido sus resultados, extraer algunas lecciones e identificar posibles áreas de oportunidad.

Con esta investigación buscamos profundizar en el conocimiento del efecto que ha tenido el PEI sobre la innovación en México, una relación sobre la cual no se ha reunido suficiente evidencia empírica documentada. Los datos de este programa incluyen información desagregada a nivel de tamaño de empresa para las entidades federativas, cuestión muy poco estudiada en el país -no así en otras regiones del mundo- con lo que en este trabajo se contribuirá al desarrollo de esta línea de investigación en México. Además, se trata de la principal política pública que desde el año 2009 el Estado mexicano ha implementado para estimular la innovación en el ámbito empresarial.

En esta investigación se pretende contribuir con nuevos datos que permiten analizar relaciones teóricas prácticamente inexploradas en el país como el efecto diferenciado en el grado de innovación de una política pública, a partir de los diferentes tamaños de la unidad económica que es apoyada. Así, los resultados de los modelos econométricos contribuyen a la línea de investigación sobre el papel del tamaño en empresa y el financiamiento público en el grado de innovación del país. La metodología empleada para realizar las estimaciones resulta apropiada para el tipo de variable dependiente, ya que se trata de una variable de conteo y está en línea con los desarrollos econométricos de las últimas décadas. Asimismo,

las variables de control se corresponden con la teoría relevante al respecto y los datos disponibles para el nivel de desagregación de la investigación.

Una consideración importante y que resulta una contribución de los datos empleados en esta investigación es la utilización del gasto de las empresas en innovación. Las estimaciones econométricas de este estudio emplean el gasto puro y comprobable que las empresas utilizan en proyectos de innovación. En este sentido, es importante señalar que la gran mayoría de los estudios abordan el tema de la innovación utilizando como aproximación el gasto en I+D que reportan las propias empresas, a partir de encuestas diseñadas para recabar información sobre una gran variedad de aspectos relacionados con la innovación en el sector empresarial. Otra contribución de este trabajo consiste en que el nivel de desagregación de la información sobre el gasto en innovación es a nivel de tamaño de empresa y de entidad federativa, cuestión que hasta nuestro conocimiento no se había realizado previamente para todo el territorio nacional y para un periodo de nueve años. Lo anterior cobra mayor relevancia cuando se tiene presente que en una economía son las empresas, principalmente, las que impulsan el cambio tecnológico y lo hacen, además, en una región determinada.

La estructura del documento es la siguiente. En primer lugar, se muestra una síntesis de los principales desarrollos teóricos que resaltan la importancia de la relación entre la innovación y el tamaño de empresa en una economía. En segundo término, se comentan los resultados y aportaciones de algunos estudios similares al presente. Posteriormente, se describen los datos y las variables que se utilizan en esta investigación. En otro apartado se describen la metodología utilizada para las estimaciones econométricas, así como los modelos econométricos empíricos. En un quinto apartado se muestran los resultados de modelos econométricos y, finalmente, se presentan una serie de conclusiones.

## **1. Revisión de literatura**

Los enfoques de la economía evolucionista y la nueva teoría del crecimiento son los dos marcos teóricos en la literatura académica actual que permiten estudiar los determinantes de la innovación y su importancia en una economía (Antonelli, 2017). El primer enfoque se consolida como un cuerpo teórico a partir de las aportaciones de Joseph Schumpeter a mediados del siglo XX, cuyo trabajo sirvió de base para futuros desarrollos, como Nelson y

Winter (1982), Dosi, Freeman, Nelson, Silverberg y Soete (1988), Freeman (1990) y Hamilton (1991), entre muchos otros.

Schumpeter (1942) afirma que los beneficios por encima del promedio es lo que incentiva al empresario a internarse en el proceso de innovación. Asimismo, con su concepto de ‘destrucción creativa’<sup>21</sup> marca un antes y un después en el entendimiento y el estudio de la innovación.

A partir de los desarrollos de Schumpeter se formularon dos hipótesis conocidas como schumpeterianas. Una de estas hipótesis afirma que las grandes empresas tienen más probabilidades que las pequeñas de participar en actividades de I+D e introducir innovaciones. La otra hipótesis sostiene que las empresas que participan en mercados poco competitivos tienden a introducir más innovaciones que las empresas situadas en mercados caracterizados por una alta competencia.

La primera hipótesis se basa en los conceptos de economías de escala y de alcance, que caracterizan a las grandes empresas y que facilitan el desarrollo de las actividades de I+D. Por un lado, el costo fijo por proyecto de innovación se puede distribuir entre un mayor número de unidades y, por otra parte, el riesgo que conlleva esta inversión puede absorberse mejor debido a que pueden diseminarlo en una cartera más amplia de proyectos.

Esta cartera confiere también la ventaja de la diversidad técnica que se refiere a que un mayor número de proyectos emprendidos conlleva también un conjunto más amplio de problemas a resolver y mayor experiencia acumulada (Nelson, 1959; Nelson y Winter, 1982; Knott y Vieregger, 2020). En este sentido, las grandes empresas tienen mayor capacidad de inversión en proyectos de I+D que las empresas pequeñas debido a: los montos de los recursos que manejan, la posibilidad de diversificar el riesgo inherente a la inversión, la posibilidad de reducir el costo de los proyectos por el efecto escala y por la magnitud de los potenciales beneficios que pueden obtener producto de una innovación exitosa.

La fundamentación teórica que identifica a las grandes empresas en el centro del proceso de innovación debido a los costos y el riesgo asociados a los proyectos de I+D+i tiene su origen en los trabajos fundacionales de Galbraith (1952) y Arrow (1963). Asimismo, un proyecto de I+D+i de gran magnitud requiere un mínimo de escala empresarial para su desarrollo y,

---

<sup>21</sup> Hace referencia a los cambios en los productos o procesos productivos que permiten el nacimiento de otros nuevos que desplazan o mejoran a los existentes.

hasta cierto punto, el resultado es estocástico (Knott y Vieregger, 2020)<sup>22</sup>. No obstante, la dispersión de los costos de inversión en I+D (Cohen y Klepper, 1996) y la diversidad técnica incrementan la probabilidad de éxito de un proyecto de I+D+i (Nelson, 1959; Nelson y Winter, 1982; Knott y Vieregger, 2020).

Otros autores como Dosi, Freeman y Fabiani (1994) también abordan el tema del riesgo asumido por los empresarios al momento de invertir en proyectos de I+D, quienes esperan que el producto de esta inversión, la innovación, les permita incrementar su poder de mercado y, por lo tanto, sus beneficios. Asimismo, Cimoli y Dosi (1994) señalan que dependiendo del tipo y alcance de la innovación es que las empresas pueden apropiarse de sus propios beneficios.

Es por este conjunto de razones expuestas que la teoría señala marcadamente a las empresas de mayor tamaño como los grandes protagonistas en la generación de innovaciones. Esto resalta su importancia como actores que promueven el crecimiento y dinamismo de una economía en su conjunto.

Respecto al alcance de la innovación, Rosenberg (1982) hace una distinción importante entre innovaciones “radicales” e innovaciones “incrementales”. Las primeras son aquellas que dan origen a nuevos productos o procesos, mientras que las segundas hacen referencia a sus mejoras.

La distinción es importante por la diferencia que puede significar en términos de costos y capacidades necesarias para emprender diferentes tamaños de proyectos de innovación. En este sentido, se esperaría que las mejoras incrementales sean realizadas mayormente por las empresas de menor tamaño, en tanto que las innovaciones de mayor impacto productivo o económico sean llevadas a cabo principalmente por empresas de gran tamaño.

El monto de recursos disponibles y el riesgo que implica realizar un proyecto de I+D se conecta de forma natural con el tema del financiamiento. El financiamiento no sólo puede resolver el problema de escases de recursos por parte de algunas empresas, sino que, dependiendo del mecanismo, puede repartir parte del riesgo asumido cuando se da la participación de otros actores en el emprendimiento de un proyecto de I+D.

---

<sup>22</sup> Knott y Vieregger (2020) citan un estudio de Stevens y Burley (1997) en el que las empresas miembros del Instituto de Investigación Industrial (IRI), necesitan en promedio 125 proyectos financiados para lograr un éxito comercial.

El financiamiento público, como una de las diversas fuentes de financiamiento, ha generado un consenso generalizado en la literatura respecto al efecto positivo que tiene sobre la inversión en I+D y el número de innovaciones. Diversos estudios confirman que los apoyos públicos directos a la I+D incrementan la inversión privada de este tipo, así como el número de innovaciones que se producen (Becker, 2015; David, Hall y Toole, 2000; Brozinini y Piselli, 2009; Dimos y Pugh, 2016; Klette, Moen, y Griliches, 2000; Lazonick y Mazzucato, 2013; Mazzucato y Semieniuk, 2017). En particular, Torun y Çiçekçi (2007) resaltan la importancia de los fondos de gobierno que buscan apoyar la investigación, justamente el tipo de política pública cuyos datos se analizan en este trabajo, no sólo por los incentivos que puede generar en el fomento a la innovación sino por los *spillovers* que producen.

En México los programas de fomento a la innovación han sido muy poco estudiados. Lopez-Acevedo y Tan (2010), Calderón-Madrid (2011), Vergara y Hejis (2013), Mungaray, López y Moctezuma (2013) evaluaron algunos programas de fomento a la I+D+i del CONACYT, y, en general, encontraron algunos efectos positivos de adicionalidad. Chávez (2019) evalúa el PEI para sólo tres periodos y concluye que, aunque se ha incrementado el personal dedicado a la innovación, esto no se ha traducido en un mayor número de patentes o gasto privado en I+D.

Precisamente porque el mercado de la innovación comúnmente experimenta fallas de mercado debido a la misma naturaleza del conocimiento, el gobierno juega un papel fundamental en el apoyo de las actividades de ciencia, tecnología e innovación (CTI) a través de distintos instrumentos como el financiamiento público (Romo, 2006).

El Programa de Estímulos a la Innovación es justamente un mecanismo de financiamiento público, ya que transfiere recursos complementarios a las empresas que realizan proyectos de innovación.

Sin inversión en I+D, que eventualmente lleve a la generación de innovaciones, las empresas difícilmente podrán desarrollar sus capacidades en CTI, tampoco contarán con los medios tecnológicos que les permita incrementar su productividad (Romo, 2006) y convertirse en palanca del crecimiento económico del país.

En suma, la teoría revisada coloca a las grandes empresas como las conductoras del desarrollo de las economías generando las innovaciones de mayor impacto. Asimismo, se ha revisado que la misma naturaleza del conocimiento hace que el mercado de la innovación experimente fallas

en las que el gobierno puede intervenir a través de políticas públicas que disminuyan los riesgos e incrementen los recursos disponibles.

La innovación y su relación con el tamaño de empresa y el financiamiento público resulta de gran trascendencia en un país como México donde el nivel de innovación es comparativamente muy bajo y la política pública de fomento a la I+D+i es reciente, poco estudiada y menos aún evaluada.

## **2. Estudios empíricos**

En este apartado se muestran los resultados y aportaciones de algunos estudios empíricos sobre el papel que juegan en el nivel de innovación tanto el tamaño de empresa como el financiamiento público. Los trabajos aquí comentados han utilizado diversas metodologías para estudiar la relación entre el tamaño de la empresa y el grado de innovación. Esta variedad de rutas experimentales ha arrojado resultados diversos, aunque prevalece un común denominador: el nivel de innovación se incrementa conforme aumenta la escala de la empresa.

La forma en que se decida instrumentar los conceptos teóricos conduce invariablemente a resultados distintos. Una restricción constante en estas investigaciones es la disponibilidad de datos para construir variables más robustas que capturen mejor el concepto mismo de innovación y de la escala de la empresa, así como el de otros factores contenidos en la teoría. Acs y Audretsch (1991) mencionan que se han utilizado diferentes medidas para aproximarse al concepto de cambio tecnológico y que estas medidas han involucrado aportes al proceso de innovación como lo son el gasto en I+D y el número de patentes. Estas diferentes variables *proxy* de innovación eventualmente pueden explicar, en parte, los diferentes resultados que surgen de los estudios empíricos.

Otra razón es que prácticamente todos los estudios que examinan la relación entre el tamaño de la empresa y la innovación han tenido que usar una distribución truncada de tamaños de empresa donde se incluyen pocas empresas pequeñas (Acs y Audretsch, 1991) o bien, que las definiciones de los tamaños varían entre estudios. Dentro de los matices encontrados en los resultados de los estudios empíricos Acs y Audretsch (1988 y 1990) señalan que, si bien la producción de inventiva crece con el tamaño de empresa, no lo hace en la misma proporción. También se ha encontrado que esta relación depende, entre otros factores, del

ambiente tecnológico de cada industria (Acs y Audretsch, 1991), del ciclo de vida de la industria y de la concentración de mercado de productos (Alsharkas, 2014).

Uno de los estudios pioneros que prueba la hipótesis schumpeteriana de la relación entre la innovación y el tamaño de empresa fue el realizado por Scherer (1965). En un estudio con datos individuales para las empresas más grandes de Estados Unidos, el autor encontró que la innovación aumenta con el volumen de ventas, pero a una tasa proporcionalmente menor. Acs y Audretsch (1988) también realizan un estudio para diferentes industrias de los Estados Unidos en el que clasifican a las empresas en pequeñas y grandes<sup>23</sup>. Estos autores encuentran que la innovación está relacionada positivamente con la I+D, la mano de obra calificada y el grado en que las grandes empresas forman parte de cada industria.

Cohen y Klepper (1996) estudian la relación entre el gasto en I+D y el tamaño de empresa para 75 industrias de los Estados Unidos. Los autores encuentran que la I+D y el tamaño de la empresa se relacionan positivamente dentro de las industrias, pero que el número de patentes generadas por dólar invertido en I+D disminuye con el tamaño de la empresa.

Vaona y Pianta (2008) realizan un estudio para ocho países de Europa<sup>24</sup>, a nivel sectorial y por tamaño de empresa. En este estudio encuentran que la probabilidad de que una empresa sea innovadora aumenta cuando es de tamaño grande. Por otro lado, observan que el acceso al financiamiento resulta no significativo.

Raffo, Lhuilleryb y Miotti (2008) realizan un estudio para tres países europeos (Francia, España y Suiza) y tres latinoamericanos (Argentina, Brasil y México) por tamaño de empresa y encuentran que en los seis países las empresas grandes tienen mayor probabilidad de invertir en I+D. En materia de inversión en I+D, Raffo *et al.* (2008) señalan que los fondos públicos se traducen en una mayor probabilidad de innovar tanto en los países europeos como en los latinoamericanos. Posteriormente, Crespi y Zuniga (2012) realizan un estudio para seis países latinoamericanos<sup>25</sup> y afirman que en América Latina los determinantes de la inversión en innovación a nivel de empresa son mucho más heterogéneos que en los países de la OCDE. La variable de tamaño de empresa muestra efectos marginales positivos en cuanto a la probabilidad de invertir en actividades de innovación para los seis países. Por otro lado, el

---

<sup>23</sup> Las pequeñas cuentan con hasta 500 trabajadores y las grandes con más de 500.

<sup>24</sup> Austria, Francia, Italia, Holanda, Noruega, Portugal, Suecia y Reino Unido.

<sup>25</sup> Argentina, Chile, Colombia, Costa Rica, Panamá y Uruguay.

financiamiento público solo es significativo y positivo en la intensidad del gasto en innovación para Chile, Colombia y Costa Rica, este último con el mayor efecto marginal.

Alsharkas (2014) realiza un análisis para 26 países de Europa del Este a partir de dos estimaciones: serie de tiempo y corte transversal. Los resultados de ambas estimaciones sugieren una relación positiva entre el tamaño de la empresa y el acceso a recursos financieros con el grado de innovación.

Knott y Vieregger (2020) realizan un estudio sobre los Estados Unidos en el que construyen un índice de investigación y sus resultados relacionan positivamente la escala de la empresa y la inversión en I+D.

La relación entre el tamaño de empresa y la innovación ha sido muy poco explorada en México. En el proceso de revisión se encontraron dos estudios para el sector manufacturero. El primero realizado para pequeñas y medianas empresas en el estado Chihuahua para el año 2007 (Ollivier y Thompson, 2008) y el segundo para todo el país durante el periodo 2004-2006 (Guzmán, Brown y Mendoza, 2016). Ambos trabajos coinciden con la hipótesis schumpeteriana respecto a la relación positiva entre tamaño de empresa y nivel de innovación, además de que Guzmán, Brown y Mendoza (2016) también estiman significativo el efecto del financiamiento sobre la innovación.

A partir de la revisión teórica y de los estudios empíricos puede decirse que tanto el tamaño de la empresa como el financiamiento público son dos factores muy importantes que influyen en la innovación de las empresas. No obstante, el potencial o alcance que pueden tener tanto el tamaño de empresa como el financiamiento en el proceso de innovación está en función a su vez de otros factores como el dinamismo del sector o la industria, la competencia del mercado y la calidad de las instituciones.

### **3. Datos**

A partir de 2009 el gobierno federal canceló el programa de incentivos fiscales<sup>26</sup> sobre las actividades de innovación del sector empresarial como instrumento para fomentar estas acciones en el sector privado. En su lugar se articuló un esquema de transferencias directas a través del Programa de Estímulos a la Investigación cuyo principal objetivo es brindar apoyos

---

<sup>26</sup> En el año 2017 se ha relanzado la primera convocatoria de incentivos fiscales bajo un nuevo esquema de operación.

económicos complementarios a las empresas que lleven a cabo proyectos de innovación. El programa manejó anualmente 693 proyectos de innovación en promedio.

La base de datos de esta investigación abarca un periodo de tiempo más prolongado que la mayoría de los estudios revisados y que permite obtener resultados y conclusiones robustas, lo cual también es un elemento destacable en esta investigación. Para realizar las estimaciones se construyó un panel de datos para las 32 entidades federativas del país a partir de la base de datos del PEI, la cual es información interna del CONACYT. Los datos se organizaron de acuerdo con el total de proyectos realizados por cada tamaño de empresa en un año y por entidad federativa. Posteriormente, se calculó el monto de los recursos aportados por las empresas en cada proyecto, así como los recursos recibidos por parte del PEI.

Adicionalmente, se construyeron tres variables de control: una para medir el nivel de capital humano, otra para medir el stock de capital físico y, finalmente, una variable que mide la migración a nivel entidad federativa. Para la variable *proxy* de capital humano se tomó el promedio de escolaridad por entidad federativa del Sistema Nacional de Información de Estadística Educativa de la Secretaría de Educación Pública. Para la variable de stock de capital físico se utilizó como *proxy* las estimaciones realizadas por German-Soto (2008) para calcular el stock de capital industrial en las entidades federativas, cuyo cálculo lo hace el autor con base en una ecuación de regresión que relaciona datos de inversión fija bruta y empleo. Por último, se incluye la tasa de saldo migratorio como variable *proxy* del fenómeno migratorio en cada una de las entidades del país, y cuyo valor es estimado por el Consejo Nacional de Población (CONAPO).<sup>27</sup>

El modelo pudo haber presentado mejor forma con la adición de un mayor número de variables, pero para el presente estudio estamos sujetos a la disponibilidad de información económica, principalmente a nivel estatal y por tamaño de empresa, lo que restringe el campo de variables control a solo unas pocas.

Asimismo, se estimaron los valores aproximados de empleo total anual para cada tamaño de empresa a partir de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE). Lo anterior se

---

<sup>27</sup> En teoría, la migración constituye un fenómeno que afecta positivamente la innovación, entre otras razones, debido a las habilidades de los migrantes, su juventud y su autoselección en términos de capacidad, riesgo y espíritu empresarial (Poot, 2008). Diversos estudios empíricos también han corroborado esta hipótesis (Audretsch, 1998; Borjas, 1999; Kloosterman y Rath, 2003; Gordon y McCann, 2005; Zucker y Darby, 2007; Hunt y Gauthier-Loiselle, 2008; Poot, 2008; Kerr, 2010; Ozgen, Nijkamp, y Poot, 2011).

realizó para relativizar el gasto en proyectos de innovación de cada tamaño de empresa a partir del número aproximado de empleos de cada una de ellas en las entidades federativas. También se construyó un segundo panel de datos que incluye únicamente a aquellas entidades que han mostrado una participación constante en el PEI a lo largo del periodo de análisis. Esta estrategia responde a que se observó en la base de datos que existe un número importante de entidades cuya participación en el PEI ha sido muy esporádica y uno de los objetivos centrales de esta investigación es observar el efecto de este programa, por lo cual es condición *sine qua non* que exista participación de las empresas de cada una de las entidades para observar con mayor fidelidad el efecto de las diversas variables de gasto en innovación incluidas en los modelos econométricos.

La variable dependiente en esta investigación es el número de solicitudes de patentes que se realizan en cada entidad federativa y que se toma de los informes anuales del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. Esta variable se introduce como *proxy* del grado de innovación existente en cada entidad.

A continuación, se describen las variables explicativas y de control que se utilizan en los modelos econométricos manejados en esta investigación:

- *Gasto público*: Recursos económicos otorgados por el CONACYT a las empresas para la realización de los proyectos de innovación en una entidad federativa y en un año determinado.
- *Gasto privado*: Recursos aportados por las empresas para la realización de los proyectos de innovación en una entidad federativa y en un año determinado.
- *Gasto total*: Suma del gasto público y el gasto privado.
- *Gasto de empresas pequeñas*: Gasto total de los proyectos de innovación ejecutados por las micro y pequeñas empresas, dividido entre el número de empleados<sup>28</sup> del total de estas empresas para cada entidad federativa.
- *Gasto de empresas medianas*: Gasto total de los proyectos de innovación ejecutados por las empresas de tamaño mediano, dividido entre el número de empleados del total de estas empresas para cada entidad federativa.

---

<sup>28</sup> El número total de empleados para cada tamaño de empresa se refiere al empleo que generan el total de las empresas de cada tamaño y no sólo a las que participan en el PEI. El cálculo es estimado a partir de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo.

- *Gasto de empresas grandes*: Gasto total de los proyectos de innovación ejecutados por las empresas de tamaño grande, dividido entre el número de empleados del total de éstas para cada entidad federativa.
- *Capital humano*: Variable de control y que se toma como *proxy* la escolaridad promedio de las entidades federativas para cada año.
- *Stock de capital físico*: Variable de control y que se toma como *proxy* el stock de capital industrial, es decir, el valor de la producción industrial por trabajador.
- *Saldo migratorio*:<sup>29</sup> Variable de control que se define como el efecto neto de la inmigración y la emigración en la población de una zona, expresado como aumento o disminución por mil habitantes de la zona en un año determinado. Esta resulta de la proporción que existe entre el saldo neto migratorio y la población residente.

#### **4. Metodología de estimación**

La variable dependiente, el número de solicitudes de patente por entidad federativa, es un variable de conteo, razón por la cual las estimaciones de los modelos econométricos se realizaron por dos metodologías: Poisson y Binomial Negativa. En ambos casos se tomó el panel de datos construido como un *pool* para estimar los modelos.

A continuación, se describen brevemente ambas metodologías de estimación.

##### *Distribución de Poisson*

Existen muchos fenómenos sociales y económicos en los que la variable dependiente es de tipo de cuenta, como es justamente el caso del número de solicitudes de patentes. El número finito de valores enteros no negativos, la presencia de ceros, valores pequeños y la naturaleza claramente discreta de la variable dependiente de esta investigación sugieren la necesidad de utilizar una distribución de probabilidad que explique estas características y que pueda mejorar las estimaciones (Scott y Freese, 2001; Winkelmann, 2008; Greene, 2008; Wooldridge, 2010; Gujarati y Porter, 2010). Estos son los rasgos distintivos de la variable dependiente que se toman en cuenta para la definición de modelo a estimar y que hacen particularmente atractiva la aplicación del método de Poisson.

La distribución de probabilidad de Poisson está definida por:

---

<sup>29</sup> Glosario del Consejo Nacional de Población (CONAPO).

$$f(Y_i) = \frac{\mu^Y e^{-\mu}}{Y!} \quad (1)$$

donde  $Y=0,1,2 \dots$ ,  $f(Y)$  denota la probabilidad de que la variable  $Y$  tome valores enteros no negativos y  $\mu$  representa la media. La distribución de probabilidad Poisson asume un importante supuesto: la media y la varianza toman el mismo valor:

$$E(Y) = \mu \text{ y } var(Y) = \mu \quad (2)$$

Aunque este supuesto es algo restrictivo, la distribución de Poisson tiene una propiedad de robustez bastante atractiva: ya sea que se mantenga o no la distribución de Poisson, aún se obtendrán estimadores asintóticamente normales y consistentes (Winkelmann, 2008; Greene, 2008; Wooldridge, 2010; Gujarati y Porter, 2010). El modelo de regresión de Poisson se expresa como:

$$Y_i = E(Y_i) + u_i = \mu_i + u_i \quad (3)$$

donde las  $Y$  están independientemente distribuidas como variables aleatorias Poisson, con una media  $\mu_i$  para cada individuo y se expresa como:

$$\mu_i = E(Y_i) = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 i + \dots + \beta_k X_{ki} \quad (4)$$

donde las  $X$  son las variables que pueden afectar el valor de la media.

Los valores de los coeficientes que se obtienen de la estimación corresponden al valor medio estimado para el  $i$ -ésimo individuo,  $\mu_i$ . Para calcular el efecto marginal de una variable explicativa sobre el valor medio de la independiente se deriva parcialmente la siguiente ecuación:

$$\mu = e^{C_0 + C_1 X_{1i} + C_2 X_{2i} + C_k X_{ki}} \quad (5)$$

Y se obtiene la siguiente ecuación:

$$\frac{d\mu}{dx_k} = C_k \mu \quad (6)$$

De tal forma que el efecto marginal de la variable  $x_k$  será igual al producto del coeficiente de esa variable por la media  $\mu$ .

### *Distribución Binomial Negativa*

Una alternativa al modelo de Poisson es el Modelo Binomial Negativo, que surge de una formulación natural de heterogeneidad de sección transversal. Al modelo de Poisson se introduce un efecto individual no observado en la media condicional:

$$\ln \mu_i = \mathbf{X}'_i \boldsymbol{\beta} + \varepsilon_i = \ln \lambda_i + \ln u_i \quad (7)$$

donde la perturbación  $\varepsilon_i$  refleja un error como en el modelo de regresión clásico o como se especifica para el tipo de heterogeneidad que caracteriza los datos de corte transversal. Por tanto, en la ecuación (8), la distribución de la variable  $y_i$  condicionada en  $\mathbf{x}_i$  y  $u_i$  (es decir,  $\varepsilon_i$ ) continúa siendo Poisson con media condicional y varianza  $\mu_i$ :

$$f(y_i | \mathbf{X}_i, u_i) = \frac{e^{-\lambda_i u_i} (\lambda_i u_i)^{y_i}}{y_i!} \quad (8)$$

La distribución incondicional  $f(y_i | \mathbf{X}_i)$  es el valor esperado (sobre  $u_i$ ) de  $f(y_i | \mathbf{X}_i, u_i)$

$$f(y_i | \mathbf{X}_i) = \int_0^\infty \frac{e^{-\lambda_i u_i} (\lambda_i u_i)^{y_i}}{y_i!} g(u_i) du_i \quad (9)$$

La elección de una densidad para  $u_i$  define la distribución incondicional. Por conveniencia matemática, usualmente se asume una distribución gamma para  $u_i = \exp(\varepsilon_i)$ . Como en otros modelos de heterogeneidad, la media de la distribución no se identifica si el modelo contiene un término constante (porque la perturbación entra multiplicativamente) entonces  $E[\exp(\varepsilon_i)]$  se supone igual a 1.0. Con esta normalización se tiene que:

$$g(u_i) = \frac{\theta^\theta}{\Gamma(\theta)} e^{-\theta u_i} u_i^{\theta-1} \quad (10)$$

Entonces la densidad para  $y_i$  es:

$$f(y_i | \mathbf{X}_i) = \int_0^\infty \frac{e^{-\lambda_i u_i} (\lambda_i u_i)^{y_i}}{y_i!} \frac{\theta^\theta}{\Gamma(\theta)} e^{-\theta u_i} u_i^{\theta-1} du_i \quad (11)$$

Y resolviendo se tiene la siguiente ecuación:

$$f(y_i | \mathbf{X}_i) = \frac{\Gamma(\theta + y_i)}{\Gamma(y_i + 1) \Gamma(\theta)} r_i^{y_i} (1 - r_i)^\theta \quad (12)$$

donde  $r_i = \frac{\lambda_i}{\lambda_i + \theta}$ .

## 5. Especificación de los modelos empíricos

En esta investigación construimos un modelo similar al estimado por Acs y Audretsch (1988), quienes a su vez siguen a otros autores como Jaffe (1986), Scherer (1982) y Mansfield (1980). Asumimos que la producción innovadora, las solicitudes de patentes, está relacionada con los insumos que inducen innovación en una relación lin-log. Las variables del modelo de esta investigación que también incluyen en su modelo Acs y Audretsch (1988) son: gasto en I+D, una medida de capital, una medida de capital humano y el tamaño de empresa.

Evidentemente, la construcción de las variables de este modelo difiere debido a las fuentes de información disponibles para esta investigación.

En este apartado se presentan seis modelos de estimación. Es importante señalar que las estimaciones se realizaron a partir de la especificación de modelos como *pool*, descartando la alternativa de hacerlo por efectos fijos. Entre las razones que justifican esta decisión es que se ha privilegiado la consistencia de los resultados con la teoría empleada en esta investigación. Si bien las pruebas estadísticas son herramientas de mucha utilidad para decidir entre especificaciones de modelos, también es importante hacer notar que las pruebas carecen de intuición y, por definición, son indistintas a lo que pueda señalar una determinada teoría.<sup>30</sup> Finalmente, la metodología Binomial Negativo resuelve parte de la heterogeneidad no observable que se pudiera presentar, pues introduce un término de error en la ecuación que estima la media condicionada.<sup>3</sup>

Los modelos empíricos se especifican a continuación:

#### **Modelo 1**

$$patente_{i,t} = \alpha + \beta_1 \ln(gasto\_total_{i,t}) + \beta_2 \ln(stock\_capital_{i,t}) + \beta_3 \ln(prom\_escolar_{i,t}) + \beta_4 (saldo\_migratorio_{i,t}) + \varepsilon_{it} \quad (13)$$

#### **Modelo 2**

$$patente_{i,t} = \alpha + \beta_1 \ln(gasto\_publico_{i,t}) + \beta_2 \ln(stock\_capital_{i,t}) + \beta_3 \ln(prom\_escolar_{i,t}) + \beta_4 (saldo\_migratorio_{i,t}) + \varepsilon_{it} \quad (14)$$

#### **Modelo 3**

$$patente_{i,t} = \alpha + \beta_1 \ln(gasto\_privado_{i,t}) + \beta_2 \ln(stock\_capital_{i,t}) + \beta_3 \ln(prom\_escolar_{i,t}) + \beta_4 (saldo\_migratorio_{i,t}) + \varepsilon_{it} \quad (15)$$

#### **Modelo 4**

$$patente_{i,t} = \alpha + \beta_1 \ln(pequeñas/empleo_{i,t}) + \beta_2 \ln(stock\_capital_{i,t}) + \beta_3 \ln(prom\_escolar_{i,t}) + \beta_4 (saldo\_migratorio_{i,t}) + \varepsilon_{it} \quad (16)$$

#### **Modelo 5**

$$patente_{i,t} = \alpha + \beta_1 \ln(media/empleo_{i,t}) + \beta_2 \ln(grande/empleo_{i,t}) + \beta_3 \ln(stock\_capital_{i,t}) + \beta_4 \ln(prom\_escolar_{i,t}) + \beta_5 (saldo\_migratorio_{i,t}) + \varepsilon_{it} \quad (17)$$

---

<sup>30</sup> Se realizaron varios ensayos realizados en los que los resultados obtenidos mediante la especificación por efectos fijos resultaron no significativos. Esto indica que de realizar las estimaciones a partir de la especificación de efectos fijos se caería en un problema de mala especificación del modelo.

## Modelo 6

$$\text{patente}_{i,t} = \alpha + \beta_1 \ln(\text{grande}/\text{empleo}_{i,t}) + \beta_2 \ln(\text{stock\_capital}_{i,t}) + \beta_3 \ln(\text{prom\_escolar}_{i,t}) + \beta_4(\text{saldo\_migratorio}_{i,t}) + \varepsilon_{it} \quad (18)$$

Se utilizan seis modelos debido a que se quiere dar respuestas a las dos preguntas centrales de investigación, además de identificar algunas relaciones adicionales. El primer modelo intenta identificar si existe un efecto positivo del PEI sobre el nivel de innovación en las entidades del país. En el segundo y tercer modelo se manejan de forma separada el monto las aportaciones del CONACYT (gasto público) y la inversión de las empresas (gasto privado). El cuarto modelo pretende capturar el efecto que tiene en la innovación el gasto ejercido por las micros y pequeñas empresas. El modelo 5 busca identificar el efecto del gasto de las medianas y grandes empresas en el nivel de innovación. Finalmente, el modelo 6 busca capturar únicamente el efecto del gasto en innovación de las empresas sobre el número de solicitudes de patentes.

De acuerdo con la teoría se espera que el PEI, como mecanismo de financiamiento, tenga un efecto positivo en el número de solicitudes de patentes. Asimismo, se espera que el promedio de escolaridad, el stock de capital y el gasto de las grandes empresas también muestren efectos positivos sobre la variable dependiente. Por otro lado, se espera que la variable de migración muestre un efecto negativo puesto que la gran mayoría de las entidades son expulsoras netas de población. De igual forma, esperamos que el gasto ejercido por las micro y pequeñas empresas no sea significativo.

## 6. Resultados

En este apartado se presentan dos grupos de estimaciones. La primera batería de estimaciones se hizo para el total de las 32 entidades federativas y en el segundo bloque se muestran los resultados de las 19 entidades con mayor participación dentro del PEI y que se especifican en el Cuadro 1. Este segundo conjunto de estimaciones se realizó con las 19 entidades que participan constantemente en el PEI, ya que, como fue señalado previamente, el resto presentan una participación esporádica o poco frecuente, hecho que pudiera estar sesgando el verdadero efecto del PEI en el grado de innovación.

Cuadro 1. Clasificación de las entidades federativas de acuerdo con su participación en el PEI

	Entidades con <b>alta participación</b>		Entidades con <b>baja participación</b>
1	Aguascalientes	1	Baja California Sur
2	Baja California	2	Campeche
3	Coahuila	3	Colima
4	Chihuahua	4	Chiapas
5	Ciudad de México	5	Durango
6	Guanajuato	6	Guerrero
7	Hidalgo	7	Nayarit
8	Jalisco	8	Oaxaca
9	Estado de México	9	Quintana Roo
10	Michoacán	10	Tabasco
11	Morelos	11	Tlaxcala
12	Nuevo León	12	Veracruz
13	Puebla	13	Zacatecas
14	Querétaro		
15	San Luis Potosí		
16	Sinaloa		
17	Sonora		
18	Tamaulipas		
19	Yucatán		

Fuente: Elaboración propia con base en la participación de las empresas de las entidades en el PEI.

A todos los modelos econométricos se les aplicaron una serie de pruebas habituales para esta metodología de estimación: *test* de sobredispersión con la prueba de razón de verosimilitud;<sup>31</sup> y ajuste del modelo, utilizando el log-verosimilitud. A partir de los resultados de estas pruebas se determinó el claro rechazo al modelo de Poisson, por lo que, no obstante que se presentan los resultados de ambas metodologías, únicamente se comentan aquellos arrojados por el método binomial negativo.

### 6.1. Resultados en la muestra absoluta

El primer modelo econométrico, cuyos resultados se muestran en el Cuadro 2, pretende dar respuesta a la segunda pregunta de esta investigación, a saber: ¿En qué medida el Programa de Estímulos a la Innovación incide en el grado de innovación en las entidades federativas del país? En este sentido, el efecto marginal del gasto total es 11.3, lo que nos indica que por

<sup>31</sup> Todas las pruebas de razón verosimilitud indicaron la presencia de sobredispersión en cada uno de los modelos estimados.

cada uno por ciento que se incremente la inversión en proyectos de innovación dentro del Programa el valor de la variable dependiente estaría creciendo alrededor de 11.3 solicitudes. Este resultado, aunque con una lectura un tanto distinta por las diferentes metodologías utilizadas, coincide con las estimaciones por Raffo *et al.* (2008) y Alsharkas (2014) quienes encuentran que el financiamiento público y el acceso a financiamiento, respectivamente, incrementa la probabilidad de innovar por parte de las empresas, y difiere con los resultados de Vaona y Pianta (2008) que no encuentran relación significativa entre estas variables. En comparación con los resultados de Crespi y Zúñiga (2012) la coincidencia es parcial, pues ellos solo encuentran significativa esta variable en la intensidad de gasto en innovación en tres de los seis países estudiados.

La variable de promedio de escolaridad presenta un efecto marginal muy importante, 72.78, lo que significa que por cada uno por ciento que se incremente esta variable, el número de solicitudes de patentes subiría 72 unidades aproximadamente. No obstante, se debe tener en cuenta que el promedio de escolaridad es un factor que se va moviendo lentamente en el tiempo. Si, por ejemplo, observamos los ocho años que abarca la base de datos de esta investigación, en el mejor caso, se ha logrado avanzar únicamente un año en el promedio de escolaridad.

En este sentido, si bien tanto el valor del gasto en proyectos de innovación como el promedio de años de escolaridad pueden ser afectados a partir de decisiones de política pública, la propia naturaleza de la educación implica un recorrido de tiempo más prolongado para poder observar variaciones en su valor promedio. En cambio, el gasto en innovación puede presentar alteraciones significativas entre un año y otro sencillamente a partir de variaciones presupuestales.

Cuadro 2. Gasto total en innovación (Modelo 1)

Variable	Poisson	Binomial Negativa	Efectos Marginales <sup>32</sup> dy/dx
	ln(gasto total)	0.789*** (57.7)	0.616*** (10.8)
ln(stock de capital)	0.061*** (3.5)	-0.155** (-2.26)	-2.85** (-2.25)

<sup>32</sup> Los efectos marginales de todas las tablas se refieren a aquellos obtenidos a partir de los resultados del método Binomial Negativo.

ln(promedio escolaridad)	3.97*** (34.1)	3.97*** (7.78)	72.78*** (6.95)
Saldo migratorio	-0.759*** (-35.8)	-0.722*** (-7.95)	-13.28*** (-7.23)
constante	-20.39*** (-76.1)	-17.08*** (-16)	
lnalpha constante		-0.729*** (-7.19)	
Pseudo R <sup>2</sup>	0.729	0.109	
N	288	288	
Log Likelihood	-2565	-1167	
Criterio de información de Akaike	5139	2346	

---

\* p<0.1; \*\* p<0.05; \*\*\* p<0.01

Notas: 1) Entre paréntesis se indica el valor de z.

2) Efectos marginales para estimación por Binomial Negativo.

Fuente: Elaboración propia con cálculos realizados en STATA 14.

Debido a que incrementar un año más de escolaridad implica un proceso de largo aliento, y siguiendo a Germán-Soto, Gutiérrez y Tovar (2009), una interpretación alternativa y de más corto plazo sería que por cada décima porcentual de aumento de la educación promedio se tendría un incremento de cerca de siete solicitudes de patente adicionales.

La variable *proxy* del stock de capital presenta un efecto negativo. Este resultado no esperado podría deberse a: la baja presencia relativa del stock de capital como factor de producción en buena parte de las entidades federativas; el sesgo que introducen entidades como Tabasco y Campeche<sup>33</sup>; y la baja productividad del capital en algunas regiones y empresas, sobre todo en las entidades del sureste y en las micro y pequeñas empresas, donde la tecnología utilizada es muy elemental.

La variable saldo migratorio muestra un efecto negativo debido a que la gran mayoría de las entidades expulsan más personas de las que reciben. Además, hay que tener en cuenta que de las nueve entidades que registran un valor positivo en este rubro únicamente tres se encuentran por encima de la media del número de solicitudes de patentes. En este sentido, el efecto marginal estimado se interpretaría de la siguiente manera: cuando la tasa del saldo migratorio cambia en uno por ciento, el número esperado de patentes disminuye 13 unidades.

---

<sup>33</sup> Tabasco y Campeche tienen un valor de capital *per cápita* muy por encima del resto de las entidades debido a la alta actividad petrolera, sin que el producto de este sector permanezca en estos estados.

En general, la mayor parte de los estados mexicanos han sido expulsores de población (emigración mayor que la inmigración), por lo que el resultado de la estimación del efecto asociado a esta variable indica que las entidades del país, en promedio, están perdiendo potencial de innovación a través de la fuga de capital humano de las entidades.

Como ya fue señalado, la relación entre la migración y la innovación ha sido muy poco estudiada en general, y aún menos para países en desarrollo. En este sentido, es importante hacer notar que ciertamente los países en desarrollo no son ni los principales formadores de capital humano altamente calificado, ni tampoco los grandes receptores.

A partir de los resultados presentados en el Cuadro 2 puede afirmarse que el principal hallazgo para los propósitos de esta investigación es que efectivamente el PEI incide positivamente en el número de solicitudes de patentes en las entidades del país, aunque la magnitud de esta incidencia es modesta.

El Cuadro 3 muestra los resultados para el segundo modelo, que explora la relación entre el gasto público dentro del PEI y la innovación. El efecto marginal estimado del gasto público es muy similar el encontrado para la variable gasto total: 11.36 solicitudes más de patentes por cada uno por ciento que se incrementen las aportaciones públicas.

El promedio de escolaridad tiene un efecto de corto plazo que se traduce en el aumento de siete unidades en el número de solicitudes de patentes por una décima porcentual adicional en la escolaridad. También se observa una relación negativa entre el stock de capital y el saldo migratorio con el número de solicitudes que se explican por las razones expuestas para el primer modelo.

Cuadro 3. Gasto público en innovación (Modelo 2)

Variable	Poisson	Binomial Neg.	Efectos Marginales
			dy/dx
ln(gasto público)	0.836*** (54.8)	0.607*** (9.84)	11.36*** (10.89)
ln(stock de capital)	0.044** (2.56)	-0.169** (-2.38)	-3.17*** (-2.36)
ln(promedio escolaridad)	30.78*** (31.2)	4*** (7.59)	74.71*** (6.71)
Saldo migratorio	-0.846*** (-39.2)	-0.769*** (-8.37)	-14.39*** (-7.51)
constante	-20.3***	-16.6***	

	(-76.2)	(-15.2)
Inalpha constante		-0.667*** (-6.55)
Pseudo R <sup>2</sup>	0.719	0.105
N	288	288
Log Likelihood	-2660	-1173
Criterio de información de Akaike	5331	2358

\* p<0.1; \*\* p<0.05; \*\*\* p<0.01

Notas: 1) Entre paréntesis se indica el valor de z.

2) Efectos marginales para estimación por Binomial Negativa.

Fuente: Elaboración propia con cálculos realizados en STATA 14.

La relación entre el gasto privado y la innovación en las entidades del país se presenta en el Cuadro 4. El efecto marginal del gasto privado es ligeramente menor al gasto total y al gasto público: 10.37 solicitudes más de patentes por cada uno por ciento que se incrementa este rubro. Los efectos marginales de las variables de stock de capital, promedio de escolaridad y saldo migratorio presentan magnitud muy similar a la observada en los dos primeros modelos.

Es importante apuntar que los efectos marginales estimados del gasto en innovación en los primeros tres modelos son muy similares debido a que el gasto total se compone del gasto público y del privado, además de que los dos últimos se mueven en el mismo sentido debido al mecanismo de operación del programa.

En el modelo 4 (Cuadro 5) se intenta capturar el efecto del gasto en innovación de las micro y pequeñas empresas sobre la innovación, agrupándolas en una sola variable.<sup>34</sup> Esta relación resultó no significativa para el total de las entidades del país.

Cuadro 4. Gasto privado en innovación (Modelo 3)

Variable	Poisson	Binomial Neg.	Efectos Marginales
			dy/dx
ln(gasto privado)	0.672*** (56.9)	0.553*** (10.9)	10.37*** (11.48)
ln(stock de capital)	0.071*** (4.07)	-0.145** (-2.06)	-2.72*** (-2.05)
ln(promedio escolaridad)	4.41***	4.18***	78.43***

<sup>34</sup> Estos dos tamaños fueron agrupados en una sola variable debido al alto grado de correlación que presentaron.

	(39.1)	(8.16)	(7.33)
Saldo migratorio	-0.721***	-0.724***	-13.6***
	(-34.1)	(-7.78)	(-7.15)
constante	-18.64***	-15.97***	
	(-73)	(-15.4)	
Inalpha		-0.686***	
constante		(-7)	
Pseudo R <sup>2</sup>	0.717	0.111	
N	288	288	
Log Likelihood	-2673	-1164	
Criterio de información de Akaike	5355	2341	

\* p<0.1; \*\* p<0.05; \*\*\* p<0.01

Notas: 1) Entre paréntesis se indica el valor de z.

2) Efectos marginales para estimación por Binomial Negativa.

Fuente: Elaboración propia con cálculos realizados en STATA 14.

El stock de capital también muestra un efecto negativo y ligeramente mayor al de los tres modelos anteriores, probablemente porque sólo se está considerando a las empresas de menor tamaño, cuyo uso de capital *per cápita* generalmente es menor al que emplean las grandes empresas. El efecto marginal del promedio de escolaridad es un notoriamente más grande en este modelo, 17.18 solicitudes más por cada décima porcentual de incremento en esta variable.

Cuadro 5. Gasto en innovación de las pequeñas empresas (Modelo 4)

Variable	Poisson	Binomial Neg.	Efectos Marginales dy/dx
ln(pequeñas/empleo)	0.53***	0.034	1.17
	(10.5)	(1.41)	(1.76)
ln(promedio escolaridad)	0.217***	0.198***	171.84***
	(34.2)	(9.58)	(9.38)
ln(stock de capital)	7.15***	6.21***	-7.27***
	(65.4)	(11.7)	(3.06)
Saldo migratorio	0.108***	-0.154*	-27.86***
	(6.21)	(-1.93)	(-8.24)
Constante	-0.874***	-0.849***	
	(-39.2)	(-8.43)	
Lalpha			
Constante		-0.391***	
		(-4.54)	

Pseudo R <sup>2</sup>	0.638	0.105
N	288	288
Log Likelihood	-3419	-1173
Criterio de información de Akaike	6851	2360

\* p<0.1; \*\* p<0.05; \*\*\* p<0.01

Fuente: Elaboración propia con cálculos realizados en STATA 14.

Notas: 1) Entre paréntesis se indica el valor de z.

2) Efectos marginales para estimación por Binomial Negativa.

La comparación de los resultados del Cuadro 5 con otros estudios es complicada debido a que, en general, las investigaciones definen a las empresas pequeñas de maneras alternativas a la empleada en esta investigación. No obstante, en principio estos resultados sugieren que el gasto en innovación de las empresas de menor tamaño en las entidades no tiene efecto alguno sobre el grado de innovación. Este hecho contrasta en cierta medida con los resultados encontrados por Vaona y Pianta (2008), Raffo *et al.* (2008) y Crespi y Zuniga (2012), aunque debe subrayarse que estos estudios únicamente miden la probabilidad de innovar para cada tamaño de empresa, que en cualquier caso es menor para las empresas de menor tamaño.

Para identificar la relación que existe entre las empresas de mayor tamaño (medianas y grandes) y la innovación se estimó el modelo 5 cuyos resultados se muestran en el Cuadro 6. El efecto marginal del gasto en innovación de las empresas medianas no fue significativo. No obstante, el efecto de las empresas grandes es más fuerte y altamente significativo, donde un incremento de uno por ciento de estas empresas en el gasto en innovación se traduciría en 4.25 solicitudes de patentes adicionales. Los resultados del modelo 5 sugieren que el gasto en innovación que ejercen las grandes empresas sí tiene un efecto positivo en el número de solicitudes de patentes.

Cuadro 6. Gasto en innovación de las empresas medianas y grandes (Modelo 5)

Variable	Efectos Marginales		
	Poisson	Binomial Neg.	dy/dx
ln(media/empleo)	0.05*** (10.1)	0.047* (1.81)	0.732 (1.4)
ln(grande/empleo)	0.182*** (30.4)	0.145*** (6.48)	4.25*** (8.82)
ln(promedio escolaridad)	6.79*** (63.5)	5.43*** (9.49)	133.4*** (10.27)
ln(stock de capital)	.089*** (5.19)	-0.09 (-0.984)	-3.3* (-1.92)
Saldo migratorio	-0.957***	-1.01***	-18.23***

	(-42.9)	(-9.39)	(-7.86)
constante	-12.8***	-9.57***	
	(-53.6)	(-7.85)	
Inalpha			
constante		-0.21**	
		(-2.5)	
Pseudo R <sup>2</sup>	0.607	0.085	
N	288	288	
Log Likelihood	-3732	-1198	
Criterio de información de Akaike	7477	2410	

\* p<0.1; \*\* p<0.05; \*\*\* p<0.01

Notas: 1) Entre paréntesis se indica el valor de z.

2) Efectos marginales para estimación por Binomial Negativa.

Fuente: Elaboración propia con cálculos realizados en STATA 14.

En términos generales se puede decir que los resultados de este quinto modelo coinciden también con otros estudios similares, como Vaona y Pianta (2008), Raffo *et al.* (2008), Alsharkas (2014), Crespi y Zuniga (2012), quienes encuentran que el tamaño de empresa se relaciona positivamente con la probabilidad de innovar, y otros estudios como el desarrollado Knnot y Viereger (2020) quienes encuentran una relación positiva entre la escala de la empresa y el gasto en I+D y el coeficiente de innovación.

En el modelo 6 (Cuadro 7) se pretende capturar exclusivamente el efecto que tiene el gasto en innovación por parte de las empresas de tamaño grande en el número de solicitudes de patentes. El efecto de este gasto es de 4.46, muy similar al encontrado en el modelo 5.

Cuadro 7. Gasto en innovación de las empresas grandes (Modelo 6)

Variable	Poisson	Binomial Neg.	Efectos Marginales dy/dx
ln(grande/empleo)	0.23***	0.207***	4.46***
	(37)	(10.6)	(9.58)
ln(promedio escolaridad)	7.19***	6.39***	137.43***
	(66.8)	(12.2)	(10.6)
ln(stock de capital)	0.088***	-0.168**	-3.61**
	(5.12)	(-2.11)	(2.1)
Saldo migratorio	-0.855***	-0.855***	-18.39***
	(-38.5)	(-8.41)	(-7.84)
constante	-13.8***	-11.8***	
	(-56.7)	(-1.5)	
Inalpha			
constante		-0.384***	
		(-4.47)	

Pseudo R <sup>2</sup>	0.632	0.104
N	288	288
Log Likelihood	-3477	-1174
Criterio de información de Akaike	6964	2360

\* p<0.1; \*\* p<0.05; \*\*\* p<0.01

Notas: 1) Entre paréntesis se indica el valor de z.

2) Efectos marginales para estimación por Binomial Negativa.

Fuente: Elaboración propia con cálculos realizados en STATA 14.

Hasta este punto, se puede concluir que el gasto total en innovación ejercido dentro del PEI tiene un efecto positivo en el número de solicitudes de patentes para el conjunto de las entidades federativas. Asimismo, el gasto que ejecutan las empresas grandes también presenta un efecto positivo en las solicitudes de patentes, incluso mayor que el gasto agregado del PEI, esto debido a que, evidentemente, en el gasto total se incluyen también a las empresas más pequeñas, que no muestran un efecto significativo en la variable dependiente. La variable que presenta el mayor efecto sobre la variable dependiente es, por mucho, el promedio de escolaridad, aunque si se toma en cuenta un horizonte de tiempo más corto, una décima porcentual de su incremento, este efecto se encuentra dentro de los márgenes del resto, incluso por debajo del observado en la variable de saldo migratorio, aunque esta última con signo opuesto.

Estos resultados son consistentes con la teoría adoptada en la investigación, así como con la mayoría de los estudios similares al presente y que se han realizado en otras regiones del mundo. Es decir, las empresas más grandes son las que dirigen el incipiente proceso de innovación en las entidades del país y el financiamiento público es una variable que incentiva este proceso. Sin embargo, una limitación de las estimaciones con la muestra completa de las entidades es que puede existir sesgo potencial debido a que varias de las entidades (13 en total) no hicieron un ejercicio constante del gasto en PEI, lo que podría empañar la relación estimada entre gasto e innovación. Para atender este posible problema, el siguiente subapartado muestra los resultados de una segunda batería de estimaciones con las 19 entidades que participaron con mayor regularidad en el PEI.

## 6.2. Muestra de 19 entidades

El segundo bloque de estimaciones se realizó con el propósito de observar más cercanamente el verdadero efecto del gasto en innovación dentro del PEI en el nivel de solicitudes de

patente por entidad federativa, pues aquellas entidades cuya participación ha sido mínima en el PEI difícilmente mostrarán una relación con el gasto en innovación que se ejerce dentro de esta política pública.

En el Cuadro 8 se muestran los resultados del modelo 1 para las 19 entidades seleccionadas. El efecto del gasto total en innovación muestra un incremento notable sobre la variable dependiente. Este aumento en el efecto marginal era previsible debido a la misma razón por la que se hizo esta selección de entidades, pues se está analizando a aquellas entidades federativas que permanentemente participan en el programa. El efecto marginal del gasto total en innovación es igual a 28.8, más del doble (2.5 veces mayor) al encontrado para el total de las entidades. El promedio de escolaridad y el saldo migratorio presentan efectos marginales muy similares a los obtenidos para el total de las entidades.

De esta manera, no sólo se refuerza el hallazgo según el cual el gasto en innovación ejercido dentro del PEI incide de manera positiva en el número de solicitudes de patentes, sino que también se observa un efecto notablemente superior al estimado para el total de las entidades. En el Cuadro 9 se presentan los resultados del modelo 2 aplicado a la muestra de entidades. Se observa que también el efecto del gasto público sobre la innovación es 2.7 veces mayor al efecto estimado para la totalidad de las entidades (Cuadro 3). La dirección y magnitud de los efectos del promedio de escolaridad y de la tasa del saldo migratorio no muestran mucha variación respecto al observado en el Cuadro 3, de las 32 entidades.

Cuadro 8. Gasto total en innovación (Modelo 1 para la muestra de 19 entidades)

Variable	Poisson	Binomial Negativa	Efectos Marginales
			dy/dx
ln(gasto total)	0.642*** (37.7)	0.731*** (9.2)	28.80*** (8.42)
ln(stock de capital)	0.307*** (11.6)	0.0676 (0.544)	2.662 (0.54)
ln(promedio escolaridad)	3.89*** (29.4)	3.95*** (6.09)	155.68*** (5.84)
Saldo migratorio	-0.773*** (-32.5)	-0.778*** (-5.44)	-30.65*** (-5.25)
constante	-17.3*** (-49.2)	-19.2*** (-11)	
lnalpha constante		-0.859***	

(-7.54)

Pseudo R <sup>2</sup>	0.682	0.098
N	171	171
Log Likelihood	-1938	-777
Criterio de información de Akaike	3887	1567

\* p<0.1; \*\* p<0.05; \*\*\* p<0.01

Notas: 1) Entre paréntesis se indica el valor de z.

2) Efectos marginales para estimación por Binomial Negativa.

Fuente: Elaboración propia con cálculos realizados en STATA 14.

En el Cuadro 10 se presentan los resultados del modelo 3 para la selección de entidades. El efecto del gasto privado también es 2.3 veces mayor en comparación lo estimado para las 32 entidades (Cuadro 4).

El Cuadro 11 muestra los resultados del modelo 4 para la muestra de entidades. Es interesante observar que el efecto marginal que presentan las empresas de menor tamaño es negativo y significativo. La interpretación a lo anterior es que el gasto en innovación ejercido por las micro y pequeñas empresas reduce el número de solicitudes que se pueden esperar, debido justamente al que estas empresas se caracterizan por hacer mejoras incrementales en sus procesos productivos.

El efecto marginal del promedio de escolaridad es notoriamente más alto en este modelo que en los tres previos. Esto vuelve a sugerir la gran importancia que tiene el trabajo calificado en el proceso de innovación de estas empresas, que posiblemente no lo sea tanto en empresas grandes donde el capital y la tecnología podrían jugar un papel de mayor importancia.

Cuadro 9. Gasto público en innovación (Modelo 2, muestra de 19 entidades)

Variable	Poisson	Binomial Neg.	Efectos Marginales
			dy/dx
ln(gasto público)	0.669*** (35.3)	0.791*** (8.86)	31.34*** (8.14)
ln(stock de capital)	0.312*** (11.9)	0.055 (0.426)	2.17 (0.43)
ln(promedio escolaridad)	3.71*** (27.1)	3.6*** (5.43)	142.53*** (5.24)
Saldo migratorio	-0.859*** (-35.4)	-0.855*** (-6.01)	-33.88*** (-5.75)
constante	-16.9*** (-48.5)	-19*** (-10.6)	

Inalpha		
constante		-0.827*** (-7.3)
Pseudo R <sup>2</sup>	0.669	0.0953
N	171	171
Log Likelihood	-2014	-780
Criterio de información de Akaike	4038	1572

\* p<0.1; \*\* p<0.05; \*\*\* p<0.01

Notas: 1) Entre paréntesis se indica el valor de z.

2) Efectos marginales para estimación por Binomial Negativa.

Fuente: Elaboración propia con cálculos realizados en STATA 14.

En el Cuadro 12 se observan varios resultados interesantes. En primer lugar, es importante observar la relación entre el stock de capital y las solicitudes de patentes. Ahora el stock de capital presenta un efecto positivo de 9.72 y significativo al 10 por ciento. En este modelo que sólo contiene a las empresas medianas y grandes, así como a la muestra de las 19 entidades con mayor participación y que no incluyen a las dos que más introducen sesgo en esta variable (Campeche y Tabasco), la relación del stock de capital y la innovación resulta el indicado por la teoría. En segundo lugar, se manifiesta con claridad el efecto positivo y significativo de las grandes empresas en el número de solicitudes de patentes. Por cada uno por ciento que se incremente el gasto en innovación de las grandes empresas se espera tener 7.57 solicitudes más de patentes, cerca del doble observado para la totalidad de entidades. Esto reafirma que las empresas grandes son las que ciertamente dirigen el proceso de innovación en las entidades del país.

Cuadro 10. Gasto privado en innovación (Modelo 3, muestra de 19 entidades)

Variable	Poisson	Binomial Neg.	Efectos Marginales
			dy/dx
ln(gasto privado)	0.532*** (36.8)	0.604*** (8.7)	23.98*** (8.01)
ln(stock de capital)	0.339*** (12.7)	0.112 (0.894)	4.44 (0.89)
ln(promedio escolaridad)	4.23*** (32.8)	4.35*** (6.63)	172.66*** (6.29)
Saldo migratorio	-0.729*** (-30.6)	-0.737*** (-5.049)	-29.27*** (-4.88)
constante	-15.6*** (-47.4)	-17.2*** (-10.3)	
Inalpha		-0.823***	
constante		(-7.27)	

Pseudo R <sup>2</sup>	0.674	0.0949
N	171	171
Log Likelihood	-1989	-780
Criterio de información de Akaike	3987	1573

\* p<0.1; \*\* p<0.05; \*\*\* p<0.01

Notas: 1) Entre paréntesis se indica el valor de z.

2) Efectos marginales para estimación por Binomial Negativa.

Fuente: Elaboración propia con cálculos realizados en STATA 14.

Por otro lado, el efecto del promedio de escolaridad se incrementa notablemente con relación al valor observado para el conjunto de las entidades: por cada décima porcentual que aumente esta variable el efecto marginal es 27.35 solicitudes más, 2.2 dos veces mayor al estimado para el conjunto completo de entidades, lo que sugiere también un mayor nivel e importancia de capital humano en las entidades seleccionadas.

Finalmente, el Cuadro 13 muestra los resultados del modelo 6 aplicado a la muestra de entidades. Se confirma el efecto positivo del gasto de las empresas grandes, que también es aproximadamente el doble del estimado para el conjunto de las entidades del país. Nuevamente resulta interesante que el efecto del stock de capital es positivo y significativo, con el mayor valor observado en todas las tablas. Este resultado se encuentra en concordancia con la teoría y también refleja la importancia del capital físico con el que cuentan las empresas de este tamaño en el proceso de innovación.

Cuadro 11. Gasto en innovación de las pequeñas empresas (Modelo 4)

Variable	Poisson	Binomial Neg.	Efectos Marginales
			dy/dx
ln(pequeñas/empleo)	-0.242*** (-18.7)	-0.298*** (-3.57)	-12.84*** (-3.5)
ln(promedio escolaridad)	6.74*** (51)	6.95*** (8.32)	299.72*** (7.49)
ln(stock de capital)	0.41*** (14.9)	0.202 (1.4)	8.72 (1.4)
Saldo migratorio	-0.649*** (-24.7)	-0.707*** (-4.09)	-30.51*** (-3.97)
Constante	-9.99*** (-35.7)	-10.2*** (-5.95)	
Lnalpha			
Constante		-0.525*** (-4.89)	
Pseudo R <sup>2</sup>	0.588	0.065	
N	171	171	

Log Likelihood	-2508	-806
Criterio de información de Akaike	5027	1624

\* p<0.1; \*\* p<0.05; \*\*\* p<0.01

Notas: 1) Entre paréntesis se indica el valor de z.

2) Efectos marginales para estimación por Binomial Negativa.

Fuente: Elaboración propia con cálculos realizados en STATA 14.

Cuadro 12. Gasto en innovación de las empresas medianas y grandes (Modelo 5)

Variable	Efectos Marginales		
	Poisson	Binomial Neg.	dy/dx
ln(media/empleo)	-0.013** (-2.09)	-0.028 (-0.739)	-1.19 (-0.74)
ln(grande/empleo)	0.179*** (20.4)	0.178*** (4.89)	7.57*** (4.71)
ln(promedio escolaridad)	6.3*** (50)	6.42*** (8.47)	273.51*** (7.62)
ln(stock de capital)	0.399*** (14.8)	0.228 (1.64)	9.72* (1.64)
Saldo migratorio	-0.785*** (-31.4)	-0.808*** (-4.9)	-34.44*** (-4.71)
constante	-11.3*** (-37.8)	-11.5*** (-6.61)	
lnalpha constante		-0.562*** (-5.2)	
Pseudo R <sup>2</sup>	0.604	0.069	
N	171	171	
Log Likelihood	-2414	-803	
Criterio de información de Akaike	4840	1620	

\* p<0.1; \*\* p<0.05; \*\*\* p<0.01

Notas: 1) Entre paréntesis se indica el valor de z.

2) Efectos marginales para estimación por Binomial Negativa.

Fuente: Elaboración propia con cálculos realizados en STATA 14.

Cuadro 13. Gasto en innovación de las empresas grandes (Modelo 6)

Variable	Efectos Marginales		
	Poisson	Binomial Neg.	dy/dx
ln(grande/empleo)	0.174*** (20.5)	0.172*** (4.55)	7.26*** (4.68)
ln(promedio escolaridad)	8.16*** (66.2)	6.15*** (8.63)	272.09*** (7.63)
ln(stock de capital)	0.537*** (21)	0.262* (1.77)	10.2* (1.72)
Saldo migratorio	-15.3*** (-52.3)	-10.8*** (-6.59)	-34.69*** (-4.74)

Constante		
Inalpha		
constante		-0.422*** (-3.99)
Pseudo R <sup>2</sup>	0.519	0.054
N	171	171
Log Likelihood	-2931	-816
Criterio de información de Akaike	5869	1641

\* p<0.1; \*\* p<0.05; \*\*\* p<0.01

Notas: 1) Entre paréntesis se indica el valor de z.

2) Efectos marginales para estimación por Binomial Negativa.

Fuente: Elaboración propia con cálculos realizados en STATA 14.

## 7. Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran que la que fue la política pública más importante en el país para incentivar la innovación en el ámbito empresarial (PEI) tiene efectos positivos en el número de solicitudes de patentes, aunque ciertamente modestos. Si bien es cierto que el apoyo del PEI no está condicionado a que el producto o proceso que se entregue al final del proyecto de innovación pueda aplicar a una solicitud de patente, sí es importante señalar que finalmente son las innovaciones radicales las que pueden empezar a pavimentar un camino hacia un cambio tecnológico endógeno en el país. Desde luego que es importante fortalecer las capacidades tecnológicas de todas las empresas en el país, sobre todo las nacionales, pero si realmente se quiere comenzar a subir niveles en la escalera del cambio tecnológico es importante que se refuerce el compromiso tanto por parte del gobierno, a partir de las acciones de política pública, como de las empresas con proyectos de investigación que puedan trascender su esfera interna, de tal suerte que estos recursos económicos y estos proyectos efectivamente se conviertan en un motor de crecimiento para el país.

Por otro lado, también se encontraron algunas áreas de oportunidad en la operación del PEI, ya que los apoyos públicos destinados a la ejecución de proyectos por parte de las micro y pequeñas empresas no se están traduciendo en un mayor grado de innovación. Este punto es importante revisarlo desde un mirador más fino para poder identificar la magnitud y el alcance de los proyectos de innovación que desarrollan estas empresas, así como los resultados concretos y los efectos que puedan tener en otras variables como la productividad de estas unidades económicas. También puede suceder que los incentivos a innovar o patentar no sean suficientes o estén bien dirigidos a las pequeñas empresas, lo que las podría estar

desalentando para llegar al nivel de crear patentes, o que estas empresas se encuentren en la lógica de la imitación tecnológica, que podría resultar más barato que adquirirla.

Otro resultado que parece concluyente es que las empresas de tamaño grande son las que más aportan a la innovación en el país, confirmando así la hipótesis schumpeteriana según la cual son éstas las que conducen el proceso de cambio tecnológico en una economía. Este resultado también es una aportación a esta línea de investigación ya que no hay un estudio previo que explore esta hipótesis para todas las entidades del país. No obstante, hay que decir que incluso en este grupo de empresas grandes los efectos observados en las estimaciones son modestos y no han logrado apuntalar un claro despegue en el cambio tecnológico del país.

Debe destacarse el papel del capital humano medido a través del promedio de escolaridad en las entidades federativas. Esta variable fue positiva y significativa en todas las estimaciones, además de presentar los efectos marginales más importantes en todos los modelos econométricos. En este sentido, las estimaciones de esta investigación refuerzan una vez más el tema del capital humano como un elemento fundamental en progreso tecnológico.

El efecto negativo del stock de capital o la no significancia estadística de esta variable en la primera batería de estimaciones puede estar sugiriendo, al menos, cuatro situaciones: la enorme brecha tecnológica que existe entre entidades y regiones del país (Germán-Soto, 2008), el uso de una tecnología muy básica por parte de las micro y pequeñas empresas, el sesgo que introducen en esta variable las entidades de Campeche y Tabasco y una apuesta de buena parte del ámbito empresarial por basar su producción en una mano de obra calificada y barata, más que en el desarrollo o adquisición de tecnología de punta.

Por otro lado, la muestra que se formó con aquellas entidades en donde las empresas participan con mayor constancia en el PEI arrojó resultados más consistentes en términos de las relaciones esperadas con base en la teoría. En esta muestra el gasto total del PEI y el ejercido por las empresas grandes mostró un efecto positivo dos veces mayor sobre la variable dependiente que el observado para las 32 entidades. Consideramos que con el filtro aplicado a las entidades con escasa participación se observa con mayor fidelidad el efecto real, tanto de las variables explicativas de gasto en innovación dentro del PEI, como de las variables de control sobre el número de solicitudes de patentes.

Los resultados constituyen evidencia importante del papel que desempeña esta política pública en particular y del potencial de estos instrumentos de financiamiento y fomento para

incrementar los niveles de innovación. Además, para que un país como México pueda incrementar significativamente sus tasas de crecimiento y, por lo tanto, su ingreso per cápita, la productividad de las empresas es fundamental, de lo cual la innovación es el principal motor.

Si bien la implementación de políticas públicas no es el único camino ni enfoque teórico para incentivar la innovación del sector productivo, este artículo explora el efecto del PEI en particular. En este sentido, un monto más importante de recursos podría potenciar el efecto de esta política pública sobre la intensidad del cambio tecnológico en México. Asimismo, podría explorarse un diseño diferenciado de política pública que impulse la productividad de las pequeñas y medianas empresas a partir de mejoras incrementales y, por otro lado, un esquema que busque acercar a las grandes empresas a la frontera tecnológica.

A partir de estos resultados se pueden explorar otras metodologías de estimación con esta misma base de datos, de tal suerte que se ponga a prueba su consistencia. Asimismo, para futuras investigaciones es necesario contar con información que permita identificar a aquellos sectores y empresas más innovadores, con el propósito de potenciar esta dinámica y obtener lecciones valiosas que, eventualmente, puedan replicarse en otros sectores que se consideren estratégicos. Los países como México que podrían llegar tarde a la cita de la vanguardia necesitan escoger con mayor cuidado los campos en los que se concentrarán los esfuerzos.

También, a partir de las herramientas descriptivas utilizadas, puede abrirse otra línea de investigación que busque identificar patrones de comportamiento regional en materia de gasto y nivel de innovación. Asimismo, en un paso hacia adelante, una línea de investigación adicional podría buscar establecer la relación entre el grado de innovación y el crecimiento económico de las entidades.

## **Referencias**

- Acs, Z. y Audretsch, D. (1988). "Innovation in Large and Small Firms: An Empirical Analysis". *The American Economic Review*, Vol. 78 (4), pp. 678-690.
- Acs, Z. y Audretsch, D. (1990). *Innovation and Small Firms*. Cambridge, MA, MIT Press.
- Acs, Z. y Audretsch, D. (1991). "Innovation and Size at the Firm Level". *Southern Economic Journal*, Vol. 57(3), pp. 739-744.

- Aghion, P. y Howitt, P. (1992). "A Model of Growth through Creative Destruction." *Econometrica* Vol. 60(2), pp. 323-351.
- Alsharkas, Z. (2014). "Firm Size, Competition, Financing and Innovation". *International Journal of Management and Economics*, Vol. 44(1), pp. 51–73.
- Antonelli, C. (2017). *Endogenous Innovation. The Economics of an Emergent System Property*. First edition. Antonelli. USA y UK. Edward Elgar Publishing.
- Arrow, K. (1962). Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention. En: *The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton Univ. Press, pp. 609-626.
- Audretsch, D. (1998). "Agglomeration and the Location of Innovative Activity". *Oxford Review of Economic Policy*, Vol. 14, pp. 18-29.
- Becker, B. (2015). "Public R&D Policies and Private R&D Investment: A Survey of the Empirical Evidence". *Journal of Economic Surveys*, Vol. 29(5), pp. 917-942.
- Borjas, G. (1999). The Economic Analysis of Immigration, En: Ashenfelter, O. y Card, D. (eds) *Handbook of Labor Economics*, North Holland, 1697-1760.
- Brozinini, R. y Piselli, P. (2009). "Determinants of long-run regional productivity with geographical spillovers: The role of R&D, human capital and public infrastructure", *Regional Science and Urban Economics*, Vol. 39(2), pp. 187-199.
- Calderón-Madrid, A. (2011). "A microeconometric analysis of the impact of Mexico's R&D tax credit program on private R&D expenditure". Artículo presentado en la Conferencia Internacional "Mind the Gap: From Evidence to Policy Impact", Cuernavaca, México. Organizado por 3IE, International Initiative for Impact Evaluation. Consultado en: <http://www.angelcalderon.org/index.php/publicaciones-y-working-papers>.
- Cimoli, M. y Dosi, G. (1994). "De los Paradigmas Tecnológicos a los Sistemas Nacionales de Producción e Innovación". *Comercio Exterior*, pp. 669-682.
- Cohen, W. y Klepper, S. (1996). "A Reprise of Size and R&D". *The Economic Journal*, Vol. 106(437), pp. 925-951.
- Crespi, G. y Zuñiga, P. (2012). "Innovation and Productivity: Evidence from Six Latin American Countries". *World Development*, Vol. 40(2), pp. 273–290.
- Chávez, E. (2019). "The effects of public R&D subsidies on private R&D activities in Mexico". *PSE Working Papers, Paris School of Economics*, pp. 1-49.

- David, P. Hall, B. y Toole, A. (2000). "Is public R&D a complement or substitute for private R&D? A review of the econometric evidence". *Research Policy*, Vol. 29(4-5), pp. 497-529.
- Dimos, C. y Pugh, G. (2016). "The effectiveness of R&D subsidies: A meta-regression analysis of the evaluation literature". *Research Policy*, Vol. 45(4), pp. 797-815.
- Dosi, G. Freeman, Ch. Nelson, R. Silverberg, G. y Soete, L. (eds.) (1988). *Technical change and Economic Theory*. Pinter publishers London and New York.
- Dosi, G., Freeman, C. y Fabiani, S., (1994). "The process of economic development. Introducing Some Stylized Facts and Theories on Technologies, Firms and Institutions". *Industrial and Corporate Change*, Vol. 3(1), pp. 1-45.
- Freeman, C. (1990). *Economics of Innovation*. Aldershot: Edward Elgar.
- Galbraith, J. (1952) *American Capitalism: The Concept of Countervailing Power*. Boston. Houghton Mifflin Company.
- Germán-Soto, V. (2008). "El stock de capital industrial medido a través de la relación inversión-empleo: estimaciones para los estados mexicanos". *Ensayos*, Vol. 27(1), pp. 53-80.
- Gordon, I. y McCann, P. (2005). "Innovation, Agglomeration, and Regional Development". *Journal of Economic Geography*, Vol. 5, pp. 523-543.
- Greene, W. (2008). *Econometric Analysis*. Fifth Edition. New York. Prentice Hall.
- Grossman, G. y Helpman, E. (1991): *Innovation and Growth in the Global Economy*. Cambridge MA: The MIT Press.
- Gujarati, D. y Porter, D. (2010). *Econometría*. Quinta Edición. México. McGraw-Hill.
- Guzmán, A. Brown, P. y Mendoza, M. (2016). "Innovación y productividad de las empresas en la industria manufacturera de México: 2004-2006". En: Guzmán, A. Yoguel, G. y Llamas, I. (Coords.) *Innovación en América Latina. Argentina, Colombia y México*, Madrid: Editorial Biblioteca Nueva – Universidad Autónoma Metropolitana, pp. 129-186.
- Hamilton, D. (1991). *Evolutionary Economics: A Study in Change in Economic Thought*. New York. Transaction Publishers.

- Hunt, J. y Gauthier-Loiselle, M. (2008). "How Much Does Immigration Boost Innovation?" NBER Working Paper 14312, National Bureau of Economic Research, Cambridge Mass.
- Jaffe, A. (1986). "Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms' Patents, Profits and Market Value". *American Economic Review*, Vol. 76, pp. 984-1001.
- Kamien, M. y Schwartz, N. (1982). *Market Structure and Innovation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kerr, W. (2010). "Breakthrough Inventions and Migrating Clusters of Innovations". *Journal of Urban Economics*, Vol. 67, pp. 46-60.
- Klette, T. Moen, J. y Griliches, Z. (2000). "Do subsidies to commercial R&D reduce market failures? Microeconomic evaluation studies". *Research Policy*, Vol. 29(4- 5), pp. 471-495.
- Kloosterman, R. y Rath, J. (2003). *Immigrant Entrepreneurs: Venturing Abroad in the Age of Globalization*. Universidad de Michigan. Berg Publishers.
- Knott, A. y Vieregger, C. (2020). "Reconciling the Firm Size and Innovation Puzzle". *Organization Science*, Vol. 31, pp. 245-534.
- Lazonick, W. y Mazzucato, M. (2013). "The risk-reward nexus in the innovation-inequality relationship: who takes the risks? Who gets the rewards?". *Industrial and Corporate Change*, Vol. 22(4), pp. 1093-1128.
- Lineamientos del Programa de Estímulos a la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología*, disponible en: <http://www.siiicyt.gob.mx/index.php/normatividad/conacyt-normatividad/historicos-normatividad/reglas-de-operacion-historico/ro-innovacion-tecnologica-historico/653-lineamientos-2012-pei/file> [fecha de consulta: febrero de 2019]
- Lopez-Acevedo, G. y Tan, H. (2010). Evaluating SME Support Programs in Mexico. En: Lopez-Acevedo, G. y Tan, H. (eds.). *Impact evaluation of SME programs in Latin America and the Caribbean*. Washington: Banco Mundial.
- Lucas, R. (1988). "On the Mechanics of Economic Development". *Journal of Monetary Economics*, Vol. (22), pp. 3-42.

- Maiti, D. y Singh, P. (2011), "Firm Size, Finance and Innovation: Country Level Study". Working Paper, No. 4, University of Central Lancashire.
- Mansfield, E. (1980). "Basic Research and Productivity Increase in Manufacturing". *The American Economic Review*, Vol. 70 (5), pp. 863-873
- Mazzucato, M. y Semieniuk, G. (2017). "Public financing of innovation: new questions". *Oxford Review of Economic Policy*, Vol. 33(1), pp. 24-48.
- Manual de Oslo* (2005). *Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*. OCDE y EUROSTAT.
- Mungaray, A. López, S. y Moctezuma, P. (2013). "La adicionalidad de los fondos públicos en la innovación empresarial mexicana: el caso de Baja California, 2001-2010". *Revista de La Educación Superior*, Vol. 42(3), pp. 41-62.
- Nelson, R. (1959). "The Simple Economics of Basic Scientific Research," *Journal of Political Economy*, Vol. 67(2), pp. 297-306.
- Nelson, R. y Winter, S. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. USA. Cambridge, Mass., The Belknap Press of Harvard University Press.
- OCDE (2010). *La Estrategia de Innovación de la OCDE. Empezar hoy el mañana*.
- Ollivier, J. y Thompson, P. (2008). "Diferencias en el proceso de innovación en empresas pequeñas y medianas de la industria manufacturera de la ciudad de Chihuahua, México". *Contaduría y administración*, Vol. 227, pp. 9-28.
- Ozgen, C. Nijkamp, P. y Poot, J. (2011). "Immigration and Innovation in European Regions". Tinbergen Institute Discussion Paper.
- Pastor, M. Rodríguez, P. y Ramos, A. (2017). "Efectos del financiamiento público a la innovación: perspectiva microeconómica a partir de un estudio en pequeñas empresas". *Región y Sociedad*, Vol. 70, pp. 203-229.
- Poot, J. (2008). "Demographic change and regional competitiveness: the effects of immigration and ageing". *International Journal of Foresight and Innovation Policy*, Vol 4(1,2), pp. 129-145.
- Raffo, J. Lhuilleryb, S. y Miotti, L. (2008). "Northern and Southern Innovativity: A Comparison across European and Latin American Countries". *The European Journal of Development Research*, Vol. 20(2), pp. 219-239.

- Romer, P. (1990). "Endogenous Technological Change". *The Journal of Political Economy*, vol. 98(5), pp. s71-s102.
- Romo, D. (2006). "El impacto de la ciencia y la tecnología en el desarrollo de México". En *El diseño institucional de la política de ciencia y tecnología en México*. Universidad Nacional Autónoma de México y Centro de Investigación y Docencia Económicas. México.
- Rosenberg, N. (1982). *Inside the Black Box. Technology and Economics*. Cambridge. Cambridge University Press.
- Solow, R. (1956). "A contribution to the theory of economic growth". *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 70(1), pp- 65-94.
- Scherer, F. (1965), "Firm Size, Market Structure, Opportunity, and the Output of Patented Inventions", *The American Economic Review*, Vol. 55, pp. 1097–1125.
- Scott J. y Freese, J. (2001). *Regression Models for Categorical Dependent Variable Using STATA*. Stata Corporation. USA.
- Stevens, G. y Burley, J. (1997). "3,000 Raw Ideas Equals 1 Commercial Success!". *Research-Technology Management*. Vol. 40(3), pp. 16-27
- Schumpeter, J.A. (1942). *Capitalism, Socialism and Democracy*. Nueva York. Harper & Brothers.
- Torun, H. y Çiçekçi, C. (2007). "Innovation: Is the Engine for the Economic Growth?". En: Ege University the Faculty of Economics and Administrative Sciences, Izmir, Turkey.
- Ulku, H. (2004). "R&D, Innovation, and Economic Growth: An Empirical Analysis", *International Monetary Fund Working Papers*, pp. 2-35.
- Vaona, A. y Pianta, M. (2008). "Firm Size and Innovation in European Manufacturing". *Small Business of Economics*, Vol. 30(3), pp. 283-299.
- Vergara, D. y Hejis, J. (2013). El papel de las ayudas públicas para la innovación en las empresas del sector químico de México. Análisis micro. Ponencia presentada en el XV Congreso latino-iberoamericano de gestión tecnológica (altec), Porto, Portugal.
- Winkelmann, R. (2008). *Econometric Analysis of Count Data*. Quinta Edición. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Wooldridge, J. (2010). *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno*. Cuarta Edición. México. Cengage Learning.

Zucker, L. y Darby, M. (2007). “Star Scientists, Innovation and Regional and National Immigration”. National Bureau of Economic Research, Cambridge Mass.

---

## TERCER ARTÍCULO

# “CRECIMIENTO E INNOVACIÓN REGIONAL EN MÉXICO: UN ANÁLISIS DE DATOS DE PANEL DINÁMICO”

## **Introducción**

La relación entre la innovación y el crecimiento económico ha despertado un gran interés a nivel internacional en las últimas décadas, tanto en la esfera académica como en la gubernamental. Una economía innovadora se considera fundamental para alcanzar un crecimiento económico sostenido (Lucas, 1988; Romer, 1990; Grossman y Helpman 1991; Aghion y Howit, 1992) y genera los incentivos adecuados para la acumulación del capital físico (Romer, 1990).

Además, diversos estudios a nivel internacional han encontrado que los países con mayores niveles de innovación y tasas de crecimiento en los últimos años han sido aquellos que han invertido más recursos a la investigación y desarrollo (OCDE, 2015; Ulku, 2004). Esto resulta todavía más relevante si se toma en cuenta que desde en una perspectiva de largo plazo las diferencias en capacidades de innovación se han acrecentado en la mayoría de los casos (Fagerberg, Srholec y Verspagen, 2010).

Por otro lado, la progresiva integración de los mercados empuja a los países como México a sumarse a la ola del conocimiento e incrementar su capacidad de innovación y, consecuentemente, la productividad de sus sectores económicos, de tal suerte que este proceso lleve a que la innovación en el país se convierta en un verdadero motor de crecimiento de la economía.

Para el caso de México existen algunos estudios sobre esta línea de investigación que desde diferentes metodologías encuentran una relación positiva entre la innovación y el crecimiento económico. Guzmán y Gómez (2010) y Guzmán, López-Herrera y Venegas-Martínez (2012) estudian la relación de largo plazo entre las patentes y el PIB del país, y encuentran que no es posible rechazar la hipótesis de cointegración entre ambas series al uno por ciento de confianza. A nivel de entidad federativa Mendoza, Torres y Polanco (2008), Villarreal (2012) y Beltrán-Morales, Almendarez-Hernández y Jefferson (2018) encuentran un efecto positivo de la innovación sobre el crecimiento económico. Asimismo, Mungaray, Ríos, Aguilar y Ramírez (2015) y posteriormente Ríos-Flores y Ocegueda (2018) estiman un panel de datos dinámico y construyen, con algunos elementos en común, un índice de la capacidad innovadora de las entidades federativas el cual presenta un efecto positivo en el crecimiento económico.

En el grupo de los países de ingreso medio cada vez es más frecuente observar el esfuerzo académico por estudiar este binomio. En México los niveles de innovación son muy bajos en relación con el promedio de los países miembros de la OCDE, organismo en el que el promedio de solicitudes de patentes por cada 100 mil habitantes es de 45 solicitudes, en tanto que en el país la media es 0.67. Además, en México existen asimetrías regionales importantes en los principales factores que explican el crecimiento económico.<sup>35</sup> En materia de innovación la Ciudad de México tiene un promedio para el periodo de estudio de poco más de tres solicitudes de patente por cada 100 mil habitantes, mientras que en Guerrero es 0.04.<sup>36</sup> Si bien ambas están muy lejanas del promedio de la OCDE, la media en Guerrero es abismalmente inferior.

El objetivo central de este trabajo consiste en explorar la relación a largo plazo entre el grado de innovación en las entidades federativas del país y su nivel de ingreso *per cápita*, tomando en cuenta algunos factores regionales. Para cumplir este propósito se estima un panel de datos dinámico a partir de la metodología propuesta por Arellano y Bond (1991) para el periodo 1994-2017. La cantidad de observaciones de la base de datos permite que el método Arellano-Bond sea una buena opción para estimar los modelos econométricos, debido a que se utilizan como instrumentos los rezagos de la variable dependiente y las diferencias de las variables explicativas.

Las preguntas que guían esta investigación son: ¿cuál es el efecto de la innovación en el nivel de ingreso *per cápita* de las entidades federativas?, ¿cuáles son algunas características regionales y de política pública de fomento a la innovación que pueden explicar las diferencias en el efecto de la innovación sobre el nivel de ingreso de las entidades federativas?, y, ¿en qué sectores económicos la innovación presenta un mayor efecto sobre el ingreso *per cápita*?

La hipótesis que se propone sostiene que la innovación, vista a través de la acumulación de patentes, incide positivamente en el nivel de ingreso *per cápita* de las entidades federativas

---

<sup>35</sup> De acuerdo con datos de la Secretaría de Educación Pública el promedio de escolaridad más alto para el 2017 es de 11.4 años y se presenta en la Ciudad de México, mientras que el más bajo está en Oaxaca y en Chiapas y es de 7.7. Por otro lado, en Germán-Soto, Vicente (2008) el stock de capital industrial por trabajador más alto (sin tomar en cuenta a Campeche y Tabasco por su vocación petrolera) es el de Coahuila y Nuevo León con alrededor de 90 millones de pesos de 2017. Los niveles más bajos se observan en Oaxaca y Chiapas nuevamente (sin tomar en cuenta Quintana Roo por su vocación turística) con 9.4 millones y 7.9 millones de pesos de 2017.

<sup>36</sup> Los datos son cálculos propios realizados con base información obtenida del Banco Mundial para el periodo 1995-2017, <https://datos.bancomundial.org/indicador> Consulta realizada el 22 de octubre de 2018.

de México. Asimismo, se propone la hipótesis secundaria según la cual existen factores regionales económicos y de políticas públicas que explican parcialmente los distintos grados del efecto de la innovación sobre el ingreso *per cápita* en las entidades.

En este contexto, la identificación de características regionales y sectores estratégicos, así como el diseño adecuado de políticas públicas de fomento a la innovación pueden potenciar la productividad de algunas actividades económicas que a su vez contribuyan a impulsar el crecimiento sostenido del país y sus regiones.

Esta investigación contribuye a la línea de investigación al emplear criterios de regionalización no utilizados previamente, como la intensidad con que se participó en la política pública de fomento a la innovación privada más importante del país en los últimos años, el Programa de Estímulos a la Innovación (PEI).<sup>37</sup> También se ha regionalizado a partir del tamaño relativo de los sectores económicos de cada una de las entidades, lo cual permite realizar un acercamiento hacia el tipo de actividades económicas en los que la innovación tiene un mayor efecto sobre el ingreso *per cápita*.

Los hallazgos de esta investigación coinciden con la teoría. La innovación tiene un efecto positivo en el nivel de ingreso *per cápita* de las entidades, aunque ciertamente modesto. Los diferentes criterios de regionalización han resultado útiles para explicar algunas de las características particulares de las entidades que inciden en el tamaño del efecto de la innovación sobre su nivel de ingresos.

El resto del documento se estructura de la siguiente manera. El segundo apartado consiste en una breve presentación de la teoría más relevante que aborda el tema de la relación entre la innovación y el crecimiento económico, así como una revisión de algunos estudios empíricos aplicados para otras regiones del mundo y para México. Posteriormente, se describe la metodología y el modelo empleado para la estimación del panel de datos. En seguida se describen las variables utilizadas y se realiza un análisis descriptivo de los datos. En un quinto apartado se presentan los resultados obtenidos. Finalmente, se apuntan una serie de conclusiones y reflexiones.

## **1. Revisión de literatura**

---

<sup>37</sup> El Programa de Estímulos a la Innovación ha sido el principal instrumento de política pública en el país desde el año 2009 para fomentar la innovación en el sector empresarial.

Los dos pilares teóricos desde los que se postula la relación entre innovación y crecimiento son la economía evolucionista y la nueva teoría del crecimiento económico (Antonelli, 2017). La economía evolucionista se basa en las aportaciones de Joseph Schumpeter a principios del siglo pasado. Schumpeter (1942) señala que las ganancias por encima del promedio estimulan el proceso de innovación. El incentivo del beneficio monopólico es la base para que la innovación resulte un proceso endógeno.

Este enfoque también hace énfasis en los aspectos institucionales y políticos de cada región, así como elementos microeconómicos que inciden en el crecimiento económico, incluyendo el comportamiento de las empresas y su tamaño (Aghion, Akcigit y Howitt, 2015).

Desde la economía evolucionista, el cambio tecnológico se entiende como algo en movimiento constante que se explica a partir de mecanismos sistémicos presentes en este proceso, pero también por la presencia de elementos aleatorios que generan o renuevan alguna variación de los factores que inciden en el cambio tecnológico (Dosi y Nelson, 1994). En esta misma línea, Nelson y Winter (1982) se ocupan en teorizar en forma general sobre el cambio tecnológico, también desde un enfoque sistémico que aborda tanto el comportamiento de los agentes económicos, así como el papel que juegan algunos factores institucionales.

Dentro del enfoque evolucionista existen diversos trabajos que, con diferentes matices, analizan la relevancia de la innovación en una economía: Nelson (1995); Freeman (1990); Hamilton (1991); Verspagen, (1993 y 2001); Silverberg y Verspagen (1995), Mokyr (1998 y 2000) y Ziman (2000), entre muchos otros.

Por su parte, la nueva teoría del crecimiento económico postula la idea de un modelo de crecimiento sostenido a largo plazo haciendo énfasis en diferentes factores (Sala-i-Martin, 2000): a) externalidades del conocimiento, producto de la inversión física como insumo de la función de producción (Romer, 1986); b) acumulación de capital humano (Lucas, 1988); c) gasto público de capital de infraestructura (Barro, 1990) y d) gasto en Investigación y Desarrollo (I+D) (Romer, 1990).

En el modelo de Romer (1990) el crecimiento económico está impulsado por el cambio tecnológico, producto de la inversión de las personas en actividades de I+D+i que buscan maximizar sus ganancias. El capital humano determina la tasa de crecimiento, pues es la fuente de generación de conocimiento que produce el cambio tecnológico. En este modelo la

innovación es horizontal, es decir, toda la tecnología, anterior o nueva, no desaparece, sino que se acumula de forma indefinida en el tiempo. Una de las premisas centrales del modelo es la no rivalidad de las ideas, lo que permite la presencia de rendimientos crecientes a escala en el sector de I+D, además de cambiar el escenario de la competencia perfecta por el de la competencia monopolística.

La acumulación de conocimiento y de mejoras tecnológicas amplía el stock a partir del cual se dispone para realizar otras innovaciones (Romer, 1990; Stokey, 1995) y genera *spillovers* de los que potencialmente se benefician todos los agentes económicos, y no sólo aquellos que producen el conocimiento (Griliches, 1990).

Incluso si las innovaciones o las mejoras en los procesos de producción son a nivel local y se encuentran lejos de la frontera tecnológica, pueden ser muy importantes para el crecimiento de las economías en desarrollo (Fagerberg, Srholec y Verspagen, 2010), pues son cambios que no sólo incrementan la productividad local, sino que también generan “conocimiento endógeno” e incrementan la capacidad para asimilar o imitar nuevas tecnologías. En este mismo sentido, Ahlstrom (2015) concluye que las economías emergentes muchas veces pueden caer en la trampa de querer superar a los grandes productores internacionales con “algo mejor”, cuando bien podrían generar productos y procesos que mejoren la productividad de los mercados locales o incluso fomentar su creación.

Por su parte, Aghion y Howitt (1992) también proponen un modelo de crecimiento económico impulsado por el progreso tecnológico, pero sobre la base del concepto de “destrucción creativa” propuesto por Schumpeter (1942), lo que significa que la nueva tecnología desplaza a la existente (innovación vertical), a diferencia de lo propuesto por Romer (1990). De igual forma, el progreso tecnológico es estimulado por la competencia entre las empresas que buscan obtener rentas monopólicas a partir de sus innovaciones. Por lo tanto, la tasa de crecimiento en este modelo se encuentra en función de la cantidad y productividad de las innovaciones, así como del tamaño del capital humano.

Más recientemente, algunos autores han puesto el acento sobre el papel que juegan las instituciones como un entorno decisivo que bien puede fomentar o reprimir las actividades empresariales productivas e innovadoras que generan el crecimiento económico (Acemoglu y Robinson, 2012; Rodrik, Subramanian y Trebbi, 2004), resaltando su papel en la creación de nuevos mercados (Tomizawa, Zhao, Bassellier y Ahlstrom, 2019), como por ejemplo

aquellas que mejoran las reglas de propiedad intelectual para proteger a los agentes innovadores sin desincentivar las actividades de I+D+i del resto (Peng, Ahlstrom, Carraher, y Shi, 2017).

En uno de los primeros estudios empíricos para una muestra amplia de países de distintas regiones del mundo, Gould y Gruben (1995) encuentran un efecto positivo de la innovación sobre el crecimiento económico y apuntan que esta relación es sensible a la estructura de mercado de los países, favoreciendo a aquellas economías más abiertas y con sistemas de propiedad intelectual fuertes.

Para la Unión Europea Bilbao-Osorio y Rodríguez-Pose (2004) realizan una división geográfica entre países periféricos y no periféricos, y encuentran un efecto positivo entre la innovación y el crecimiento económico para la muestra completa y para el grupo de los países periféricos.

Ulku, (2004) realiza un estudio para 20 países de la OCDE y 10 países no miembros y encuentra que las innovaciones (stock de solicitudes de patentes) tienen un impacto positivo en el PIB *per cápita*, tanto en los miembros de la OCDE como para los no miembros. Posteriormente, Ulku (2007) realiza otro estudio para cuatro sectores manufactureros<sup>38</sup> de 17 países de la OCDE (incluyendo a México) en el que la innovación presenta una elasticidad muy cercana a la unidad respecto del PIB *per cápita*.

En otro estudio para 15 países de la Unión Europea, Rodríguez-Pose y Crescenzi (2008) encuentran una elasticidad positiva entre la tasa de crecimiento y el gasto en I+D. Asimismo, concluyen que el nivel productividad de una región es más bajo entre mayor es la distancia con la frontera tecnológica.

Dentro del grupo de estudios para los países de la OCDE, Pece, Oras y Salisteanu (2015) analizan el efecto de la innovación y el crecimiento económico, pero únicamente para tres países de ingreso medio: Polonia, Hungría y República Checa. En este estudio encuentran evidencia de una relación positiva, aunque con efectos de magnitud modesta.

Hasan y Tucci (2010) realizan un estudio que incluye una muestra de 58 países y los resultados muestran que en la mayoría de las estimaciones existe una relación positiva entre innovación y crecimiento. En una muestra de 38 países, Agénor y Neanides (2015)

---

<sup>38</sup> Los sectores manufactureros son: químicos, farmacéutica y medicina, maquinaria y transporte y eléctrica/electrónica.

encuentran que el nivel de innovación, junto con stock de infraestructura y el grado del logro educativo, tienen un efecto positivo y directo sobre la tasa de crecimiento económico *per cápita*.

En un estudio para 35 países en desarrollo (2004-2011) Feki y Mnif (2016) estiman un efecto negativo de la innovación en el corto plazo pero que se compensa con un resultado positivo y mayor en el largo plazo. Ríos y Castillo (2015) realizan un análisis con una muestra de 27 países y encuentran que las variables de innovación son positivas y significativas en los países desarrollados, mientras que ninguna resulta significativa para los que están en vías de desarrollo.

Pradhan, Arvin, Hall y Nair (2016) analizan 18 países de Europa y observan que tanto el desarrollo del sector financiero como una mayor capacidad innovadora contribuyen al crecimiento económico. En otro estudio sobre la Unión Europea, Kacprzyk y Doryń (2017) utilizan dos muestras: una para los miembros antiguos y otra para los nuevos. Los autores obtienen una relación positiva entre las patentes y el crecimiento para los países nuevos de la Unión Europea.

Dos estudios realizados para China encuentran que el progreso tecnológico es un elemento dominante en el crecimiento de la productividad de los sectores de agricultura, manufactura y servicios en las provincias de este país (Wu, Guo y Marinova, 2017) y que la educación superior aumenta la acumulación de capital humano y, por lo tanto, es una fuente importante que impulsa la innovación tecnológica y el crecimiento económico (Zhou y Luo, 2018).

A partir de una revisión teórica y empírica Christensen, Ojomo, y Dillon, (2019) identifican a las innovaciones que potencialmente pueden crear nuevos mercados como la clave para el crecimiento sostenido, así como para lograr la prosperidad de los países pobres.

Avila-Lopez, Chaofeng y Lopez-Leyva (2019) emplean la técnica de nexo causal de Granger para 12 países latinoamericanos. Entre sus resultados encuentran que países como México, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panamá, Paraguay y Uruguay, en general, existe una causalidad bidireccional entre innovación y crecimiento económico.

Otros dos estudios que utilizan la prueba de causalidad de Granger para analizar la relación entre innovación y crecimiento económico de 19 países europeos son: Maradana, Pradhan, Dash, Gaurav, Jayakumar y Chatterjee (2017) y Maradana, Zaki, Pradhan, Gaurav, Dash, Jayakumar y Sarangi, (2019). Ambos llegan a la conclusión de que existe interrelación entre

las variables de innovación y crecimiento en las que en algunos casos es unidireccional y en otros es bidireccional.

Esta serie de estudios a nivel internacional muestran, desde distintas metodologías, evidencia del efecto positivo de la innovación para la gran mayoría de los casos, lo que se encuentran en concordancia con la teoría expuesta previamente.

En México, recientemente ha crecido el interés por estudiar la relación que existe entre la innovación y el crecimiento económico. Se han realizado diagnósticos en los que se concluye que existe un sistema de ciencia y tecnología desarticulado, en el que la planeación y evaluación no establecen con claridad los sectores y actividades económicas que se quieren impulsar (Cabrero, Valadés y López-Ayllón, 2006). Asimismo, se ha detectado una fuerte desarticulación entre los esfuerzos que llevan a cabo gobierno, empresas y academia, además de una escasez de fuentes de financiamiento para proyectos de I+D+i (Bazdresch y Romo, 2005). También, como parte del diagnóstico nacional, a partir de un análisis de *clusters* a nivel de entidad federativa, Mendoza, Salazar y Hernández (2017) señalan que el limitado desarrollo tecnológico en el país obedece principalmente a los bajos niveles en infraestructura de tecnologías de información y de apoyo a la investigación y desarrollo.

Un par de estudios empíricos que utilizan un modelo de cointegración entre patentes y crecimiento económico de largo plazo encuentran que el cambio marginal en las patentes afecta positivamente la tasa de crecimiento del PIB (Guzmán y Gómez, 2010) y que no es posible rechazar la hipótesis de cointegración entre ambas series al uno por ciento de confianza (Guzmán, López-Herrera y Venegas Martínez, 2012). En otro estudio para todo el país del periodo 1998-2008, Beltrán-Morales, Almendarez-Hernández y Jefferson (2018) también estiman una relación positiva entre la razón del personal ocupado/patentes y el PIB per cápita.

A nivel de entidad federativa de México, Mendoza, Torres y Polanco (2008) encuentran un efecto modesto pero significativo entre la innovación y el crecimiento económico para el periodo 1995-2000, lo que también es encontrado por Villarreal (2012) en un estudio posterior para el periodo 2000-2010. No obstante, Germán-Soto, Gutiérrez y Malacara (2016) señalan que, si bien encuentran que las entidades con mayor ingreso generan mayor innovación, esto no indica necesariamente que la innovación sea un factor que explica el crecimiento de las entidades federativas.

En otro estudio para México en el que se emplea una metodología de econometría espacial, Torres-Preciado, Polanco-Gaytán y Tinoco-Zermeño (2014) estiman un efecto positivo de las patentes sobre la tasa de crecimiento del ingreso *per cápita* regional para el periodo 1995-2007, así como la presencia de externalidades positivas de la innovación.

Algunos estudios cuya principal contribución radica en la construcción de un índice de la capacidad innovadora y que encuentran una relación positiva con el nivel de ingreso son: Mungaray, Ríos, Aguilar y Ramírez (2015), para todo el país, y Ríos-Flores y Ocegueda (2017 y 2018), a nivel de entidad federativa.

En síntesis, la mayoría de los estudios, desde distintas metodologías, con diferentes variables de la innovación y el crecimiento, muestran que existe una relación estadísticamente significativa entre ambos fenómenos y que el efecto de la innovación sobre el crecimiento es aún modesto. Estos resultados, junto con los obtenidos en otras regiones del mundo, parecen ir comprobando lo que indica la teoría, aunque con ciertas condiciones de por medio, que efectivamente la innovación es un factor importante para explicar el crecimiento económico. No obstante, sobre todo en México y más a nivel regional, aún existen muchas aristas que no han sido exploradas y a lo cual pretende contribuir esta investigación.

## **2. Descripción del modelo y ecuación de estimación**

### *2.1. Modelo teórico*

De acuerdo con Romer (1990) una función de producción define la relación entre insumos y producto:

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

La producción final en el modelo de la ecuación (1) está en función del capital, el trabajo, el capital humano y un índice del nivel de desarrollo tecnológico. El capital se mide a partir del consumo para un bien dado en el sector de bienes finales y el trabajo por el número de personas. La característica particular y distintiva de la tecnología de producción asumida en este modelo es que desagrega el capital en un número infinito de tipos distintos de bienes duraderos para los productores, donde  $x(i)$  es justamente la lista de insumos utilizados por una empresa.

El trabajo y el capital humano se consideran fijos, mientras que el capital crece por la cantidad de consumo sacrificado. El proceso para la acumulación de nuevos diseños,  $A(t)$ , depende de

la cantidad de capital humano dedicado a la investigación, así como de la cantidad de conocimiento disponible para la persona que realiza la investigación.

Bajo el argumento de que los diseños se tratarán como objetos discretos e indivisibles y que son generados en un proceso de producción determinista, la tecnología de producción para los diseños tendría que tomar en cuenta de forma explícita la incertidumbre y las restricciones enteras, por lo que Romer (1990) le da el tratamiento de una variable continua y en la función de producción se reemplaza la sumatoria por una integral:

$$Y(H_y, L, x) = H_y^\alpha L^\beta \int_0^\infty x(i)^{1-\alpha-\beta} di \quad (2)$$

Con esta nueva forma, la producción de nuevos diseños por el investigador  $j$  es una función continua y determinista de los insumos aplicados, que son el capital humano con el que cuenta ( $H^j$ ), más el acceso a una parte del total del stock de conocimiento científico  $A^j$ . Por lo tanto, la producción de nuevos diseños del investigador  $j$  será  $\delta H^j A^j$ , donde  $\delta$  es el parámetro de productividad.

Como se asume la no rivalidad en el conocimiento, todos los investigadores pueden hacer uso de  $A$  al mismo tiempo, por lo que la suma de todas las personas dedicadas a la I+D genera una producción agregada de diseños de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\dot{A} = \delta H_A A \quad (3)$$

donde  $H_A$  es el total de capital humano empleado en el sector de I+D. En esta ecuación se asume que la producción de diseños es lineal tanto en  $H_A$  como en  $A$ , cuando el otro se mantiene constante. Es justamente esta linealidad en  $A$  lo que hace posible el crecimiento sostenido en el modelo.

Dado que  $A$  determina el rango de los bienes duraderos que se pueden producir y que se requieren  $\eta$  unidades de capital por bienes duraderos, la producción final  $Y$  se describe con la siguiente ecuación:

$$Y(H_y, L, x) = (H_y A)^\alpha (LA)^\beta (K)^{1-\alpha-\beta} \eta^{\alpha+\beta-1} \quad (4)$$

En la ecuación (4) el cambio tecnológico aumenta con el trabajo y el capital humano. Un nivel fijo de  $A$  llevará a un equilibrio con un estado estacionario en el que el nivel del capital estará determinado por la condición de que su producto marginal sea igual a la tasa de descuento.

En síntesis, este modelo de crecimiento endógeno muestra la manera en la que el cambio tecnológico produce un crecimiento sostenido de una economía a partir de la creación de nuevos bienes intermedios que se utilizan en la cadena de producción, así como a través del incremento del stock de conocimientos, ya que aumenta la productividad de la actividad económica y del capital humano encargado de generar nuevos conocimientos y diseños.

## 2.2. Metodología

En economía, el efecto de las variables explicativas sobre la variable dependiente no necesariamente es instantáneo, sino que puede ser rezagado y reproducirse a lo largo de un cierto periodo de tiempo. Los modelos econométricos que incorporan los efectos rezagados de las variables explicativas se denominan modelos de rezagos distribuidos.

Siguiendo el modelo lineal de la innovación, primero se requiere invertir recursos y tiempo en I+D, y una vez que se produce una innovación, su efecto sobre la productividad puede no ser inmediato, sino darse en forma paulatina y manifestarse con distintas intensidades en el eje temporal.

En este sentido, Griliches (1979) señala que se desconoce la estructura de rezagos temporal para el efecto de las actividades de innovación sobre el crecimiento económico y que además puede variar significativamente entre sectores. Así, el impacto económico y social de la innovación, además de su efecto en las organizaciones e instituciones, por lo general es observable en el mediano y largo plazo (Arellano y Alamilla, 2006).

Debido a lo anterior, el rezago en las variables de un modelo econométrico desempeña un papel muy importante en el estudio y explicación de la relación entre la innovación y el crecimiento económico. El modelo econométrico que no ha establecido *a priori* la cantidad de rezagos de las variables explicativas se denomina modelo de rezago distribuidos infinito, formalmente se puede representar de la siguiente manera:

$$Y_t = \alpha + \beta_0 X_t + \beta_1 X_{t-1} + \beta_2 X_{t-2} + \dots + \beta_p X_{t-p} + U_t \quad (5)$$

Para la estimación de los parámetros en un modelo de rezagos infinitos existen dos rutas: 1) estimación *ad hoc* y 2) restricciones *a priori* sobre los coeficientes  $\beta$ 's, asumiendo un patrón sistemático de comportamiento (Gujarati y Porter, 2010).

El segundo enfoque es el que se adopta en esta investigación. Se parte de la solución de Koyck (1954) quien considera que los efectos de los rezagos se distribuyen geoméricamente y establece una restricción en el comportamiento de los rezagos que se muestra en la siguiente ecuación:

$$\beta_i = \lambda^i \beta_0 \text{ con } 0 < \lambda < 1 \quad (6)$$

La restricción se puede desarrollar para cada rezago en el tiempo:

$$\begin{aligned} \beta_0 &= \lambda^0 \beta_0 = \beta_0 \\ \beta_1 &= \lambda^1 \beta_0 = \lambda \beta_0 \\ \beta_2 &= \lambda^2 \beta_0 \\ &\vdots \\ \beta_p &= \lambda^p \beta_0 \end{aligned}$$

Debido a que el valor de  $\lambda$  está entre 0 y 1, el efecto del rezago sobre  $Y_t$  va disminuyendo progresivamente en el tiempo. Si se incorpora la restricción al modelo, la ecuación queda la siguiente forma:

$$Y_t = \alpha + \beta_0 X_t + \lambda \beta_0 X_{t-1} + \lambda^2 \beta_0 X_{t-2} + \dots + \lambda^p \beta_0 X_{t-p} + U_t \quad (7)$$

Se rezaga la ecuación (5) un periodo y se multiplica por  $\lambda$ :

$$\lambda Y_{t-1} = \lambda \alpha + \lambda \beta_0 X_{t-1} + \lambda^2 \beta_0 X_{t-2} + \dots + \lambda^p \beta_0 X_{t-p} + \lambda U_{t-1} \quad (8)$$

Se restan las ecuaciones (5) y (7) y el resultado se muestra en la siguiente ecuación:

$$y_t = \alpha(1 - \lambda) + \lambda y_{t-1} + \beta_0 X_t + v_t \quad (9)$$

donde  $v_t = u_t - \lambda u_{t-1}$ , es un proceso de media móvil de  $u_t$  y  $u_{t-1}$ .

La adecuación de una estructura de serie de tiempo a un modelo de panel únicamente requiere introducir la dimensión transversal, lo que se muestra en la siguiente ecuación:

$$y_{it} = \alpha(1 - \lambda) + \lambda y_{it-1} + \sum_{k=1}^k \beta_k x_{it} + \eta_i + \varphi_t + v_{it} \quad (10)$$

donde  $v_{it} = u_{it} - \lambda u_{it-1}$ , continúa siendo un proceso de media móvil. El efecto individual no observable está representado por  $\eta_i$  y el efecto temporal por  $\varphi_t$ . El modelo considera hasta  $k$  variables explicativas y el término de perturbación  $v_{it}$  se supone independientemente distribuido entre los individuos y con media cero.

En este modelo el factor  $\lambda$  se conoce como la tasa de caída del rezago distribuido y  $(1-\lambda)$  representa la velocidad de ajuste. El posible problema de multicolinealidad se resuelve al sustituir  $p$  rezagos de  $x$  por  $y_{t-1}$ , además simplifica mucho el modelo ya que únicamente se requiere estimar tres parámetros:  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\lambda$ , en lugar de un número indeterminado de rezagos de las variables dependientes.

Al suponer  $\lambda < 1$  se asegura que la suma de las  $\beta$ , que proporciona el multiplicador de largo plazo, sea finita y se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$\sum_{l=0}^{\infty} \beta_l = \beta_0 \left( \frac{1}{1-\lambda} \right) \quad (11)$$

Existen dos medidas para este modelo que permiten caracterizar la naturaleza de la estructura de los rezagos y la velocidad con la que  $y$  responde a los cambios en  $x$ : la mediana de los rezagos y el rezago medio. La primera se refiere al tiempo requerido para que se presente la mitad del cambio total ocurrido en  $y$  como consecuencia de un cambio ocurrido en  $x$ , mientras que el rezago medio es el promedio ponderado de todos los rezagos de  $x$ , con los respectivos coeficientes  $\beta$  como ponderadores.

La estimación del modelo de la ecuación (10) por MCO no sería adecuada debido a que el rezago de la variable dependiente ocasiona un problema de endogeneidad, por lo que los estimadores no sólo resultarían sesgados, sino que serían inconsistentes.

Para tratar el problema de la endogeneidad existen básicamente dos rutas: el empleo de variables *proxy* que puedan servir de instrumentos para aquellas que presentan endogeneidad, y la estimación de parámetros por medio del Método Generalizado de Momentos (GMM).

Ya que el modelo de esta investigación utiliza el primer rezago de la variable dependiente, la estimación se realiza por GMM. La forma de tratar la endogeneidad por GMM es utilizar rezagos de la variable endógena como variables instrumentales, ya sea en niveles y/o en diferencias. Arellano y Bond (1991) desarrollaron una metodología que se basa en el GMM y utiliza las diferencias de los rezagos como instrumentos de las variables endógenas, lo que también elimina los efectos fijos y temporales del modelo de la ecuación (10). El tamaño del panel empleado en este trabajo permite disponer de una buena cantidad de datos y, consecuentemente, de un número de instrumentos suficientes para resolver el problema de endogeneidad a través de la metodología de Arellano y Bond (1991).

Para probar la validez de los instrumentos se utiliza la prueba de sobreidentificación de Sargan. Además, en la estimación de un modelo dinámico es importante comprobar que no

existe correlación serial en los errores de orden 2, para lo cual se emplea el test de Arellano-Bond en Stata. Finalmente, la estimación GMM se realizó en dos etapas ya que, de acuerdo con Arellano (1993), es óptimo en caso de que existiera problema de heteroscedasticidad.

### 2.3. Modelo empírico

Partiendo de las principales ideas propuestas en el modelo de Romer (1990), en esta investigación el capital se mide a partir del stock de capital industrial per cápita estimado por Germán-Soto (2008) y como *proxy* de fuerza laboral se ha tomado la densidad de población estatal. Como índice del nivel tecnológico se introdujo el número acumulado de solicitudes de patentes por cada 100 mil habitantes (coeficiente de inventiva), que es la variable explicativa de interés de esta investigación. Se hicieron varios intentos por incluir una variable *proxy* de capital humano, pero todas resultaron con alto nivel de correlación con el número de solicitudes de patentes, lo cual ocasionaba un problema de colinealidad y por lo tanto sesgo en los coeficientes de las estimaciones<sup>39</sup>, razón por la cual se omitió este factor en el modelo.

El modelo empírico base de esta investigación se presenta en la siguiente ecuación:

$$\ln PIBpc_{i,t} = \alpha(1 - \lambda) + \lambda \ln PIBpc_{i,t-1} + \beta_2 \ln PAT_{i,t} + \beta_3 \ln DEN_{i,t} + \beta_4 \ln STOCK_{i,t} + \beta_5 \ln TAM_{i,t} + v_{i,t} \quad (12)$$

donde PIBpc es el PIB per cápita, PAT es el patentamiento por habitante, DEN es la densidad de población, STOCK es el capital acumulado por habitante, TAM es el tamaño de economía y  $v_{i,t} = u_{i,t} - \lambda u_{i,t-1}$ , es un proceso de media móvil y  $\lambda$  es la tasa de descenso. Todas las variables se introducen en forma de logaritmo natural. La variable dependiente es el PIB per cápita por entidad federativa y su primer rezago se incluye como variable explicativa. En el modelo se introduce una variable del tamaño relativo de cada economía estatal, medido por el cociente del PIB estatal entre el nacional.<sup>40</sup>

Este modelo se regionalizó con base en los siguientes criterios: los niveles de ingreso per cápita de cada entidad; la cantidad de los recursos manejados dentro del PEI por entidad

<sup>39</sup> Entre las variables ensayadas estuvieron: promedio de escolaridad, matrícula universitaria, matrícula de secundaria y la esperanza de vida.

<sup>40</sup> Debido a que esta variable es un cociente y a que las economías estatales tienen un comportamiento hasta cierto punto independiente del agregado nacional, esta variable no es necesariamente endógena. Además, el método Arellano-Bond resuelve los problemas de endogeneidad a partir de los instrumentos que utiliza el método.

federativa; ubicación geográfica,<sup>41</sup> y el peso relativo de cada uno de los tres sectores económicos. Esta regionalización se puede representar de manera general de la siguiente forma:

$$\ln PIBpc_{i,t} = \alpha(1 - \lambda) + \lambda\beta_1 \ln PIBpc_{i,t-1} + \sum_{j=1}^3 DReg(\beta_{1j} \ln PAT_{i,t} + \beta_{2j} \ln TAM_{i,t} + \beta_{3j} \ln STOCK_{i,t} + \beta_{4j} \ln DEN_{i,t}) + v_{i,t} \quad (13)$$

donde la variable *Dreg* es una *dummy* que representa los tres niveles establecidos para los seis criterios de regionalización.

### 3. Datos y análisis estadístico

La base de datos construida para esta investigación contiene información a nivel de entidad federativa para el periodo 1994-2017, que corresponde a la totalidad de años para los que se dispone de información sobre el número de solicitudes de patentes a este nivel de desagregación. Las solicitudes de patentes por entidad federativa se obtuvieron de los informes anuales que presenta el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial (IMPI). A partir de este indicador se ha construido un coeficiente de inventiva para las entidades que frecuentemente es utilizado a nivel internacional, a saber, el número de solicitudes de patentes por cada 100 mil habitantes, el cual se utiliza como variable *proxy* de la innovación estatal.

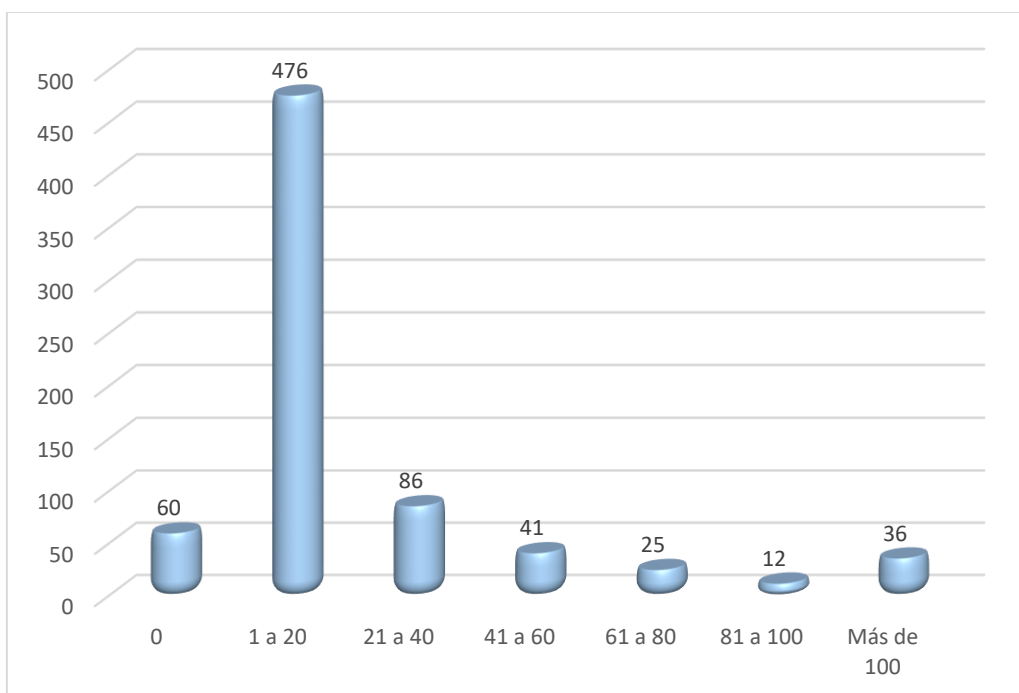
Como variables de control se han incluido también *proxys* de la fuerza de trabajo y del stock de capital físico. Para la primera se tomó el promedio la densidad poblacional por entidad, a partir de los datos que proporciona el INEGI y de acuerdo con la definición que este instituto establece. La variable *proxy* del stock de capital físico se introdujo a partir de las estimaciones del stock de capital industrial por trabajador realizadas por Germán-Soto (2008) y se proyectaron los valores para los periodos restantes. Asimismo, se construyó una variable para medir el tamaño relativo de cada economía estatal con el cociente del PIB de cada entidad entre el nacional, con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Finalmente, la variable dependiente que se utiliza para medir el crecimiento económico es el PIB per cápita de cada entidad, con datos del INEGI.

---

<sup>41</sup> En la regionalización geográfica, al igual que en el resto, se procuró que los tres grupos estuvieran balanceados en cuanto al número de entidades que agrupan.

En la Gráfica 1 se muestra la distribución de las solicitudes de patentes en las entidades federativas del país. La gran mayoría de las solicitudes de patentes se concentra en la parte baja de la distribución, dentro del intervalo de una a 20 solicitudes (65%), mientras que el intervalo mayor a 100 solicitudes sólo registra el 4.9 por ciento.

Gráfica 1. Distribución de la variable solicitudes de patentes

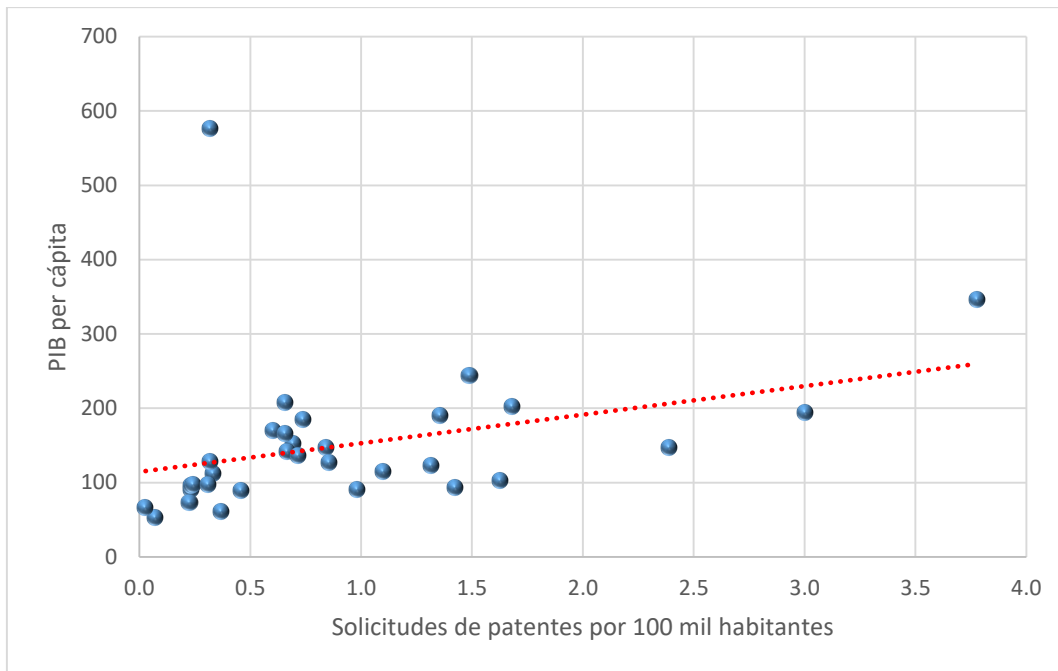


Fuente: Elaboración propia con base en información del IMPI.

La Gráfica 2 muestra la relación entre el número de solicitudes de patentes por cada 100 mil habitantes y el PIB per cápita por entidad federativa, para el año 2017, último del periodo de análisis. En esta gráfica se observa una relación positiva entre ambas variables, aunque ciertamente débil.

Las variables utilizadas en esta investigación se describen en el Cuadro 1. Una característica importante de los datos descriptivos, y que resulta representativa del alto grado de disparidad entre las entidades del país, es la gran distancia existente entre los valores máximos y mínimos las variables.

Gráfica 2. Relación entre solicitudes de patentes por cada 100 mil habitantes y PIB per cápita, 2017 (miles de pesos)



Fuente: Elaboración propia con base en información del INEGI y del IMPI.

El PIB per cápita presenta su pico máximo en la entidad de Campeche en el año 2003 (1,413 millones de pesos),<sup>42</sup> un ingreso similar al de países como Noruega y Finlandia, y superior al de los Estados Unidos. No obstante, hay que decir que el ingreso de Campeche obedece en gran medida a las actividades petroleras que se registran en esa entidad y cuyos recursos no permanecen en ésta, por lo que resulta un mejor parámetro de comparación el ingreso per cápita de la Ciudad de México, cuyo valor máximo es de 345,558 pesos anuales, que es similar al de Barbados, Lituania y la República Eslovaca. El valor más bajo del panel se observa en la entidad de Oaxaca en 1995 (49,185 pesos), semejante al de Nicaragua o Ghana.<sup>43</sup>

La densidad poblacional también muestra una varianza elevada: la Ciudad de México presenta el valor más alto en 2004 con 5,993 habitantes por km<sup>2</sup>, mientras el valor más bajo se observa en Baja California Sur en 1994 con cinco habitantes por km<sup>2</sup>.

<sup>42</sup> Todas las unidades monetarias en pesos están en valores constantes del año 2013.

<sup>43</sup> Los valores del PIB *per cápita* son constantes y el año de referencia es 2013. Los datos de los países con los que se comparan se tomaron del Banco Mundial y se convirtieron a pesos mexicanos de 2013.

Cuadro 1. Estadística descriptiva de las variables del modelo

	Obs.	Media	Desv. Estándar	Mínimo	Máximo
PIB per cápita	736	147,897	180,007	49,185	1,413,430
Patentes por 100 mil hab.	736	5.25	7.81	0.05	66.09
Tamaño de economía	736	3.13	3.22	0.51	17.89
Stock capital per cápita	736	70,278	86,985	87,094	734,545
Densidad poblacional	736	286	1,027	5	5,993

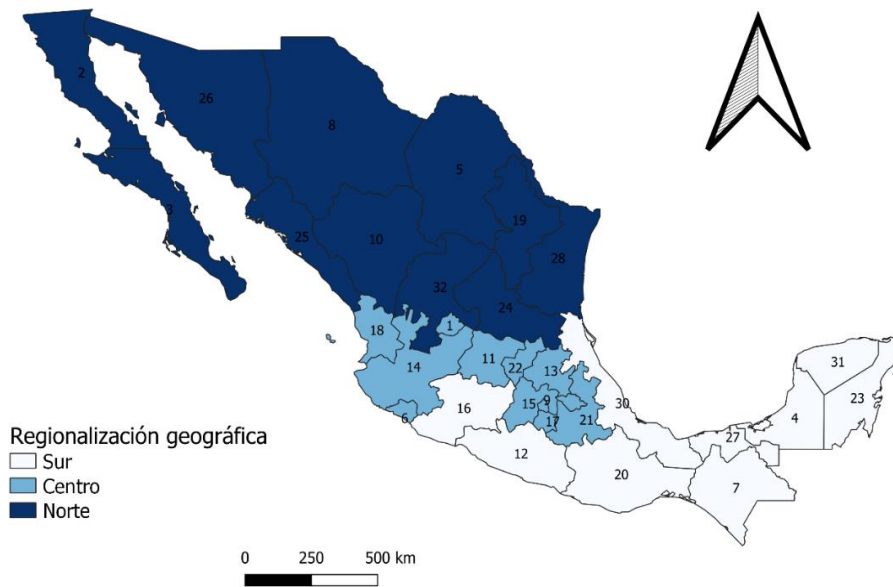
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al tamaño relativo de las economías estatales el valor más alto se presenta en la Ciudad de México en 1995, representando el 17.89 por ciento de la economía nacional, mientras que el valor más bajo se da en el estado de Colima en 2005, equivalente 0.51 por ciento del total del país. En el stock de capital industrial per cápita se observa que las dos entidades petroleras, Campeche y Tabasco, son las que tienen los niveles más altos para todos los años del periodo de análisis. El valor mínimo del stock de capital industrial se presenta en el estado de Quintana Roo en 2017, debido principalmente a su vocación turística.

En la Gráfica 3 se presenta una distribución de las entidades del país agrupadas en tres regiones: norte, centro y sur. La agrupación se hizo evidentemente de acuerdo con su localización en el país, pero también procurando que cada grupo se integrara por un número similar de entidades.

La Gráfica 4 muestra a las entidades del país clasificadas por nivel de ingreso, tomando el PIB per cápita promedio de cada entidad para el periodo 1994-2017. En la Gráfica 5 la clasificación se ha hecho de acuerdo con el nivel de recursos ejercidos dentro del Programa de Estímulos a la Innovación (PEI) por entidad federativa para el mismo periodo de tiempo. Tanto el Gráfica 4 como en la Gráfica 5 se observa que la concentración de los niveles más altos de ingreso y de los recursos ejecutados dentro del PEI se da el norte del país, la Ciudad de México, Jalisco y Querétaro, principalmente.

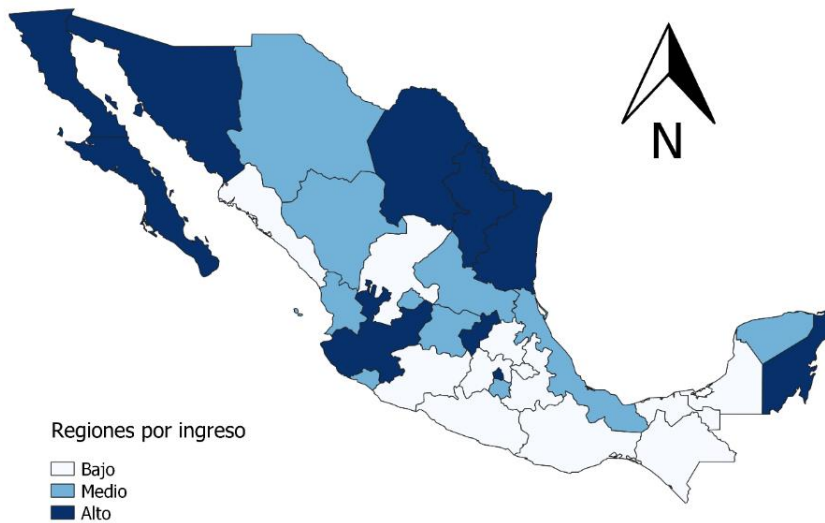
Gráfica 3. Regionalización geográfica



Notas: 1 Aguascalientes, 2 Baja California, 3 Baja California Sur, 4 Campeche, 5 Coahuila, 6 Colima, 7 Chiapas, 8 Chihuahua, 9 Ciudad de México, 10 Durango, 11 Guanajuato, 12 Guerrero, 13 Hidalgo, 14 Jalisco, 15 Estado de México, 16 Michoacán, 17 Morelos, 18 Nayarit, 19 Nuevo León, 20 Oaxaca, 21 Puebla, 22 Querétaro, 23 Quintana Roo, 24 San Luis Potosí, 25 Sinaloa, 26 Sonora, 27 Tabasco, 28 Tamaulipas, 29 Tlaxcala, 30 Veracruz, 31 Yucatán, 32 Zacatecas.

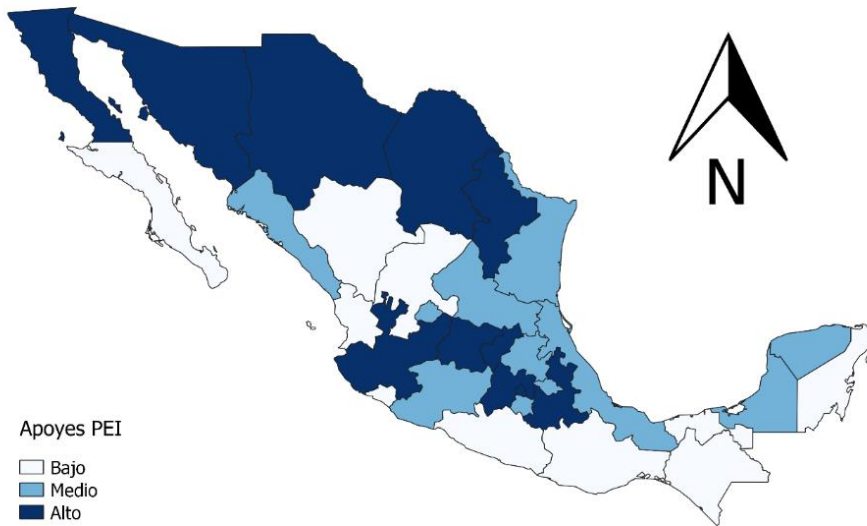
Fuente: elaboración propia con base en la ubicación geográfica y en el criterio de equidistribución.

Gráfica 4. Regionalización por nivel de ingreso



Fuente: Elaboración propia con base en información del INEGI.

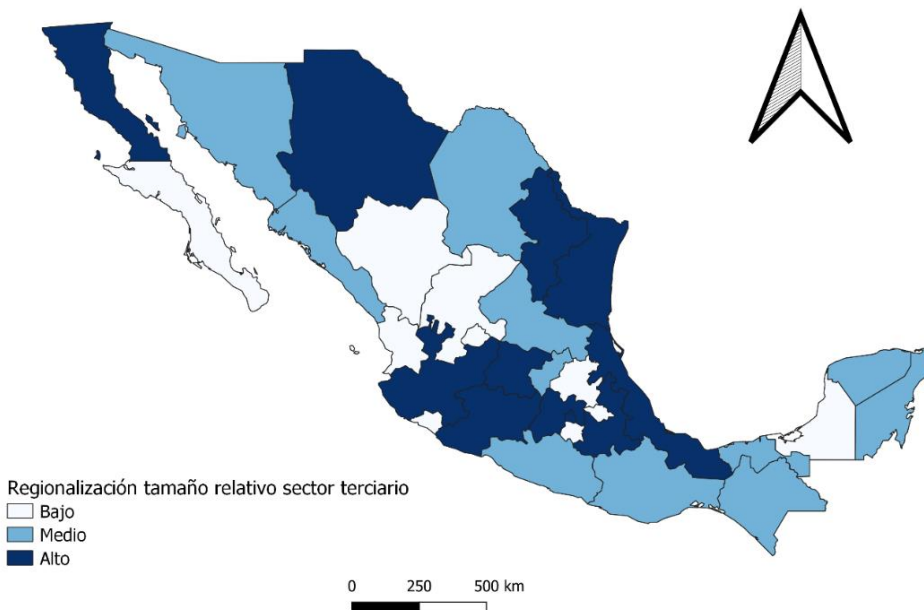
Gráfica 5. Regionalización por nivel de recursos ejercidos dentro del PEI



Fuente: Elaboración propia con base en información del Programa de Estímulos a la Innovación.

En la Gráfica 6 se observa un cierto patrón de concentración en el centro del país y en algunas entidades del norte como Tamaulipas, Nuevo León, Chihuahua y Baja California.

Gráfica 6. Regionalización por tamaño relativo sector terciario



Fuente: Elaboración propia con base en información del INEGI.

#### 4. Resultados

Los parámetros estimados por el método Arellano-Bond, GMM en diferencias bietápico, se presentan en los cuadros 2, 3 y 4. Los resultados del Cuadro 2 muestran que para el conjunto de las entidades del país la elasticidad de la innovación con respecto al ingreso per cápita es 0.049, lo que significa que por cada uno por ciento que se incremente el número de patentes por cada 100 mil habitantes (coeficiente de inventiva) se esperaría que el ingreso aumentara 0.049 por ciento. Si bien es un efecto modesto, resulta altamente significativo, además de ser similar a los estimados para otros países de ingreso medio que utilizan una variable de innovación y crecimiento comparables: Polonia (0.001); República Checa (0.005) y Hungría (0.006).<sup>44</sup>

Para una muestra más heterogénea (58 países) Hasan y Tucci (2010) estiman una elasticidad de 0.14 entre patentes concedidas y el PIB per cápita, mientras que Feki y Mnif (2016) en su estudio para países en desarrollo, estiman un efecto entre solicitudes de patentes y PIB per cápita de 0.018, menor al estimado en esta investigación.

Para países de la OCDE, Ulku (2004) encuentra que la elasticidad entre las solicitudes de patentes y el PIB per cápita es 0.297, en tanto que Agénor y Neanidis (2015) estiman una elasticidad de 0.992. En la Unión Europea las elasticidades estimadas por Kacprzyk y Doryń (2017) son de 0.133 para las patentes registradas en la EPO y de 0.124 para las registradas en la USPTO.<sup>45</sup>

Para el caso de México, Villareal (2012) encuentra una elasticidad de 0.088 entre el gasto en I+D y el PIB per cápita por entidad federativa para el periodo 2000-2010, resultado ligeramente mayor al de esta investigación y al obtenido por Ríos-Flores y Ocegueda (2018) entre su índice de capacidad innovadora y el PIB per cápita (0.031). Mungaray *et al.* (2015) estiman una elasticidad de 1.15 para su índice de capacidad de innovación, la cual resulta incluso mayor a la obtenida en los citados estudios para países de la OCDE y de la Unión Europea.

Los resultados de esta primera estimación son consistentes tanto con la teoría como con la gran mayoría de los estudios a nivel internacional y nacional. Asimismo, la comparación del

---

<sup>44</sup> Véase Pece, A. Oros, O. y Salisteanu, F. (2015).

<sup>45</sup> Este resultado fue para la muestra de los 13 países nuevos de la Unión Europea, el cual difiere en el tamaño de las elasticidades al obtenido por Ulku(2004) y más aún por las estimadas en Agénor y Neanidis (2015), entre otras razones, posiblemente por la separación que realizan entre las dos agencias de patentes.

tamaño de los efectos de la innovación entre economías no desarrolladas y desarrolladas respalda la teoría adoptada en esta investigación, en el sentido de que un mayor nivel de innovación tiene también un efecto más importante en el crecimiento económico.

Cuadro 2. Efecto de la innovación sobre el PIB *per cápita* de las entidades federativas del país

Variable	Toda la muestra
Ln( $Y_{t-1}$ )	0.38*** (28.7)
Ln(Patente)	0.049*** (19.8)
Ln(Capital Físico)	-0.017*** (-5.39)
Ln(Densidad Pob.)	0.037 (1.53)
Ln(Tamaño Econ.)	0.80*** (49.5)
Crisis 2008	-0.031*** (-40.9)
Constante	6.60*** (50.3)
Sargan	31.94
P -value	0.814
Correlación serial	
Orden 1	-3.83
P-vaue	0.000
Orden 2	0.782
P-vaue	0.434
Mediana de los rezagos	0.716
Rezago medio	0.613
Multiplicador de largo plazo	0.079

Notas: Valores de  $z$  entre paréntesis. \*\*\* indica significancia estadística al 1%. Estimación de dos etapas por GMM sistema. Los instrumentos utilizados son rezagos de la variable dependiente y diferencias de las variables exógenas.

Fuente: Elaboración propia. Estimaciones realizadas en Stata 14.

Por otro lado, la variable que representan el tamaño de la economía y el stock de capital físico local también tienen efecto positivo y significativo sobre el nivel de ingreso, con una elasticidad de 0.80. En este modelo se introdujo una variable *dummy* para capturar el efecto de la crisis económica de 2008, la cual efectivamente resulta negativa y significativa, lo que

es una evidencia más del impacto en el nivel de ingreso que tuvo este *shock* económico de ese año.

Se utiliza la prueba de Sargan para evaluar que las restricciones impuestas en el modelo sean válidas. El resultado de esta prueba de sobreidentificación indica la consistencia del modelo y la correcta selección de las condiciones de momentos. Por su parte, la prueba de Arellano-Bond muestra que en segundo orden deja de existir correlación serial.

A partir del coeficiente  $\lambda$ , que corresponde al rezago de la variable dependiente, es posible obtener indicadores de los efectos del modelo en su conjunto y de la innovación sobre ingreso per cápita. La mediana de los rezagos para el modelo del Cuadro 2 es 0.72, es decir, el 50 por ciento del cambio total en el ingreso per cápita se logra en aproximadamente el 70 por ciento de un periodo de tiempo. El valor de rezago medio es 0.61 y representa un promedio ponderado de todos los rezagos participantes en el tiempo. Finalmente, el multiplicador de largo plazo de la innovación, es decir, un incremento sostenido de uno por ciento en el coeficiente de inventiva producirá un aumento de 0.79 por ciento en el ingreso per cápita de las entidades federativas.

En los modelos regionalizados de los Cuadros 3 y 4 los resultados de las pruebas de sobreidentificación y de correlación serial también indican que éstos son adecuados. En la primera columna del Cuadro 3 se muestran los resultados de la regionalización a partir del nivel de ingreso per cápita de las entidades. La mayor elasticidad de la variable de innovación sobre la variable dependiente se observa en la región de más alto ingreso (0.057), mientras que el efecto más reducido se encuentra en la de menor ingreso (0.033). El coeficiente de la región de ingreso medio resultó no significativo probablemente debido a que al estimar un modelo interregional el efecto diferencial no es tan importante con respecto a las otras dos regiones.

Estos resultados no son muy diferentes a los obtenidas por Hasan y Tucci (2010), ya que las elasticidades de los países de alto, medio y bajo ingreso son de 0.047, 0.025 y 0.044 respectivamente. Por otra parte, Ulku (2004) encuentra resultados opuestos en magnitudes a los de esta investigación: los países de alto ingreso presentan una elasticidad menor que los de bajo ingreso: 0.191 para los primeros y 0.317 para los segundos.

El mayor efecto multiplicador de largo plazo se observa en la región de más alto ingreso, el cual indica que un incremento sostenido de uno por ciento en el coeficiente de inventiva se

traduciría en 0.113 por ciento más ingreso per cápita para las entidades de este grupo, ligeramente superior al efecto estimado para la muestra completa.

Cuadro 3. Efecto de la innovación sobre el PIB per cápita por regiones de ingreso, PEI y geográfica

Variables	Ingreso	PEI	Geográfica
Ln( $Y_{t-1}$ )	0.497*** (17.6)	0.447*** (25.8)	0.536*** (23.1)
ln(patente)*D1	0.057*** (3.7)	0.003 (0.067)	0.029 (0.827)
ln(patente)*D2	0.02 (0.915)	0.035 (1.35)	0.021 (0.862)
ln(patente)*D3	0.033*** (2.83)	0.044** (2.36)	0.039 (1.60)
ln(Tamaño economía)*D1	1.11*** (18.8)	1.44*** (10.6)	0.853*** (9.56)
ln(Tamaño economía)*D2	0.836*** (11.3)	0.698*** (24.8)	0.644*** (7.74)
ln(Tamaño economía)*D3	0.601*** (19.4)	0.511*** (7.41)	0.465*** (7.43)
ln(Capital Físico)*D1	0.003 (0.149)	0.018 (0.705)	-0.092** (-2.53)
ln(Capital Físico)*D2	0.0003 (0.131)	0.066*** (2.93)	0.103*** (2.94)
ln(Capital Físico)*D3	0.03 (1.38)	-0.002 (-0.081)	0.016 (0.57)
ln(Densidad Pob.)*D1	-0.591*** (-6.52)	-0.152 (-0.356)	-332 (-0.64)
ln(Densidad Pob.)*D2	0.142 (0.449)	0.244 (0.531)	0.231 (0.546)
ln(Densidad Pob.)*D3	0.112 (0.368)	-0.177 (-0.541)	-0.146 (-0.38)
Constante	5.4*** (16)	5.32*** (10.1)	4.86*** (8.72)
Sargan	31.68	31.50	31.45
P -value	0.823	0.829	0.831
Correlación serial			
Orden 1	-4.66	-4.25	-3.95
P-value	0.000	0.000	0.000
Orden 2	-0.108	0.894	0.828
P-value	0.914	0.371	0.408
Mediana de los rezagos	0.991	0.765	1.11
Rezago medio	0.988	0.678	1.15

Mult. de largo plazo región 1	0.113	No significativo	No significativo
Mult. de largo plazo región 2	No significativo	No significativo	No significativo
Mult. de largo plazo región 3	0.066	0.08	No significativo

Notas: Valores de  $z$  entre paréntesis. \*\*\*, \*\*, \* indican la significancia estadística al 1%, 5% y 10%, respectivamente. Estimación de dos etapas por GMM sistema. Los instrumentos utilizados para la variable endógena son rezagos de la misma y las primeras diferencias de las variables exógenas.

Las regiones se describen a continuación:

D1 = En la columna “ingreso” se refiere a las entidades con los ingresos per cápita más elevados. En la columna “PEI” hace referencia a las entidades que ejercieron una mayor cantidad de recursos dentro de este programa.

En la columna “geográfica” se refiere a las entidades del norte del país.

D2 = En la columna “ingreso” se refiere a las entidades que pertenecen al segundo estrato de ingresos per cápita. En la columna “PEI” agrupa a las entidades que también se encuentran en el segundo estrato a partir de los recursos ejercidos a través de este programa. En la columna “geográfica” se refiere a las entidades del centro del país.

D3 = En la columna “ingreso” se refiere a las entidades agrupadas en el tercer estrato de ingresos *per cápita*. En la columna “PEI” hace referencia a las entidades que también se encuentran en el tercer estrato a partir de los recursos ejercidos a través de este programa. En la columna “geográfica” se refiere a las entidades del sur y sureste del país.

Fuente: Elaboración propia. Estimaciones realizadas en Stata 14.

En la columna 2 del Cuadro 3 se muestran los resultados del modelo regionalizado de acuerdo con la cantidad de recursos ejercidos dentro del PEI. El único coeficiente significativo fue el de la región con menor gasto relativo en este programa. Este resultado contra intuitivo posiblemente se deba a que las entidades agrupadas en esta región se caracterizan por un bajo gastos en I+D y bajos niveles de innovación, por lo que un cambio marginal produce un efecto mayor, siguiendo una lógica similar a la planteada en las Condiciones de Inada.

En la regionalización geográfica las elasticidades de las tres regiones resultaron no significativas, a diferencia de los resultados obtenidos por Ríos-Flores y Ocegueda (2018) para la zona norte del país entre su índice de capacidad innovadora y el PIB per cápita de esa región (0.075).<sup>46</sup>

Los resultados de la regionalización realizada a partir del tamaño relativo de cada sector económico se presentan en el Cuadro 4. El efecto del coeficiente de inventiva sobre el ingreso per cápita no es significativo para el grupo de entidades con mayor tamaño relativo del sector primario, posiblemente debido al limitado uso de la tecnología en este sector. El segundo y tercer grupo del sector primario presentan efectos de corto plazo de la innovación sobre el ingreso per cápita de 0.06 y 0.045, respectivamente, lo que puede sugerir una menor dependencia de este sector para el crecimiento de estos dos grupos y, probablemente en

<sup>46</sup> La zona norte en Ríos-Flores y Ocegueda (2018) fue la única región con coeficiente significativo en su estudio.

algunos casos, la existencia un sistema de producción primario más avanzado en estas entidades. Un incremento sostenido de uno por ciento del coeficiente de inventiva se traduciría en un efecto positivo sobre el ingreso para las regiones 2 y 3 de 0.12 y 0.091 por ciento, respectivamente.

La regionalización de entidades realizada a partir del tamaño relativo del sector secundario presenta una jerarquización de mayor a menor en cuanto al efecto de la innovación sobre el ingreso per cápita. Para la región 1 el coeficiente de inventiva presenta una elasticidad con respecto al ingreso de 0.069 por ciento, ligeramente superior a la encontrada para el grupo de entidades con ingreso alto. En tanto, el efecto de largo plazo indica que un incremento sostenido de uno por ciento en el coeficiente de inventiva incide positivamente sobre el ingreso de las entidades en 0.129 por ciento. Estos resultados muestran una mayor importancia de este sector en el nivel de innovación en las entidades del país y el efecto de ésta sobre el PIB per cápita, que también es consistente con el perfil productivo del país. Estos resultados son inferiores a la elasticidad encontrada por Ulku (2007) que es cercana a la unidad, aunque su estudio se limita a cuatro sectores manufactureros caracterizados por un dinamismo tecnológico alto y a 17 países de la OCDE.

Dentro de la regionalización hecha con base en el tamaño relativo del sector terciario se observa que la elasticidad entre la variable de innovación y el ingreso per cápita es significativa en las tres regiones, la mayor en la región 2 con una elasticidad de 0.064. Un incremento sostenido en el coeficiente de inventiva en la región 2 se traduciría en un aumento del nivel de ingreso de 0.12 por ciento.

Cuadro 4. Efecto de la innovación sobre el PIB per cápita por sectores económicos

Variables/Sector	Sector primario	Sector secundario	Sector terciario
Ln( $Y_{t-1}$ )	0.508*** (18.5)	0.464*** (15.8)	0.47*** (20.1)
ln(patente)*D1	0.022 (0.498)	0.069*** (5.24)	0.052*** (3.26)
ln(patente)*D2	0.06*** (2.89)	0.039*** (5.34)	0.064*** (4.97)
ln(patente)*D3	0.045** (1.97)	0.046*** (6.03)	0.033*** (7.37)
ln(Tamaño economía)*D1	0.89*** (4.17)	0.721*** (6.62)	1.09*** (7.01)

In(Tamaño economía)*D2	0.761*** (11.8)	0.991 (9.85)	0.784*** (9.63)
In(Tamaño economía)*D3	0.641*** (24.1)	0.537*** (8.19)	0.553*** (5.18)
In(Capital Físico)*D1	0.012 0.388	0.071** (2.33)	0.027 (0.826)
In(Capital Físico)*D2	-0.043 (-1.34)	0.007 (0.237)	-0.020 (-0.755)
In(Capital Físico)*D3	0.063*** (2.82)	-0.035 (-1.89)	0.040 (1.49)
In(Densidad Pob.)*D1	0.045 (0.079)	-0.245*** (-2.21)	-0.285** (-2.02)
In(Densidad Pob.)*D2	-0.294 (-0.735)	-0.166 (1.04)	-0.333*** (-2.71)
In(Densidad Pob.)*D3	-0.091 (-0.289)	-0.108 (-0.969)	0.002 (0.020)
constante	5.38*** (9.68)	6.12*** (14.2)	6.09*** (19.2)
Sargan	31.49	31.34	31.34
P -value	0.829	0.8346	0.8346
Correlación serial:			
Orden 1	-4.39	-4.08	-4.08
P-vaue	0.00	0.000	0.000
Orden 2	1.32	0.542	0.542
P-vaue	0.186	0.588	0.588
Mediana de los rezagos	1.02	0.903	0.918
Rezago medio	1.03	0.867	0.887
Mult. de largo plazo región 1	No significativo	0.129	0.098
Mult. de largo plazo región 2	0.12	0.073	0.121
Mult. de largo plazo región 3	0.091	0.085	0.062

Notas: Valores de z entre paréntesis. \*\*\*, \*\*, \*, indican la significancia estadística al 1%, 5% y 10%, respectivamente. Estimación de dos etapas por GMM sistema. Los instrumentos utilizados para la variable endógena son rezagos de la misma y las primeras diferencias de las variables exógenas.

Las regiones se describen a continuación:

D1 = Entidades de mayor tamaño relativo por sector económico respecto del nacional.

D2 = Entidades de tamaño medio relativo por sector económico respecto del nacional.

D3 = Entidades de menor tamaño relativo por sector económico respecto del nacional.

Fuente: Elaboración propia. Estimaciones realizadas en Stata 14.

Estos resultados también muestran la importancia relativa del sector terciario en el grado de innovación y de su efecto sobre el ingreso per cápita de las entidades. Los distintos efectos estimados de la innovación sobre el ingreso per cápita de las entidades a partir de los criterios de regionalización empleados permiten afirmar no sólo la pertinencia de estos, sino que

arrojan luz sobre diferentes características económicas de las entidades que pueden resultar de utilidad al momento de diseñar políticas públicas de fomento la innovación.

Es importante señalar que al tratarse de un modelo interregional diseñado a partir de variables *dummys*, algunas variables de control resultan no significativas debido a que se reduce el número de datos. No obstante, este tipo de modelos permite comparar distintas regiones en sin necesidad de hacer estimaciones separadas.

Finalmente, en el Cuadro 5 se presentan las pruebas de raíz unitaria de todas las series originales utilizadas en este trabajo. Los resultados de las pruebas muestran que se rechaza la hipótesis nula según la cual todos los paneles tienen raíz unitaria.

Cuadro 5. Pruebas de estacionariedad (valores de las variables en logaritmos)

Test/Variable	PIB per cápita	Patentes	Densidad	Capital físico	Tamaño Economía
Fisher (DFA)	94.47	662.21	179.50	101.22	101.22
p-value	0.008	0.000	0.000	0.002	0.002
Levin-Lin-Chu	-3.59	-10.56	-13.58	-4.79	-4.79
p-value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Im-Pesaran-Shin	-5.65	-7.33	-1.26	-2.27	-2.27
p-value	0.000	0.000	0.104	0.012	0.012

Fuente: Elaboración propia. Estimaciones realizadas en Stata 14.

## 5. Conclusiones

Los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con la teoría revisada y reafirman la idea según la cual la innovación es un factor que genera crecimiento económico. Si bien es cierto que el efecto de la innovación sobre el nivel de ingreso per cápita de las entidades del país es modesto, también lo es que éste es muy similar a los niveles que presentan otros países de ingreso medio, incluso dentro de la OCDE.

Además, es importante señalar que el camino que conduce a convertirse en una economía innovadora es una ruta larga por lo que es conveniente diseñar instrumentos de políticas pública que permitan pavimentar el recorrido. No obstante, también es preciso rescatar que incluso si las innovaciones tienen un efecto modesto en las entidades o sólo son a nivel local y se encuentran lejos de la frontera tecnológica, éstas son y pueden ser cada vez más importantes en el crecimiento económico, pues no sólo incrementan la productividad, sino también la capacidad de asimilar y, eventualmente, producir nuevas tecnologías. En este

sentido también es importante tomar en consideración lo que Ahlstrom (2015) llama la trampa de “algo mejor”, es decir, invertir demasiados recursos en tratar de superar las innovaciones de los países más desarrollados tecnológicamente, cuando bien se pueden generar productos y procesos que mejoren endógenamente la productividad de los mercados locales o incluso fomentar la creación de éstos, para lo cual prácticamente todas las actividades económicas del país presentan áreas de oportunidad.

También es importante destacar que el efecto de la innovación en el crecimiento económico ha variado con la presencia de políticas públicas como el PEI. El grado de participación de las entidades en lo que fue la política pública más importante de fomento a la innovación produjo variaciones en el tamaño del efecto de la innovación sobre el ingreso per cápita, por lo que es importante mejorar y reforzar este tipo de intervenciones públicas de tal suerte que su efecto en el crecimiento se vea potenciado.

Asimismo, se observó que el nivel de ingreso de las entidades refuerza el efecto de la innovación sobre éste y produce una especie de círculo virtuoso, como lo sugieren los resultados de Avila-Lopez, Chaofeng y Lopez-Leyva (2019), Maradana *et al.* (2017) y Maradana *et al.* (2019).

De igual forma se encontró evidencia de que el efecto de la innovación sobre el ingreso es más notorio en aquellas entidades con mayor tamaño relativo de los sectores secundario y terciario. Aquí se puede abrir una línea de investigación que permita estudiar de manera más detallada cuáles son aquellas actividades económicas en particular dentro de estos sectores que son más intensivas en términos de innovación y que tienen un mayor efecto sobre el crecimiento económico de las entidades federativas. Esto permitiría diseñar políticas públicas que fomenten la innovación a partir de proyectos de I+D+i en aquellas actividades económicas en las que la innovación pueda tener un mayor efecto sobre el crecimiento económico. En un país como México que ha llegado tarde a la cita de la innovación es de vital importancia elegir con precisión aquellos campos de batalla en los que se concentrarán los esfuerzos y no dispersar recursos, por definición escasos, de forma improductiva en querer abarcar gran parte del espectro de la economía

Posiblemente la principal conclusión de esta investigación es que sí existe un efecto positivo y significativo de la innovación sobre el crecimiento económico y que, además, este puede ser potenciado por políticas públicas de fomento a la inversión en proyectos de innovación

como el PEI y rendir mayores frutos en ciertas actividades económicas, sobre todo en aquellas regiones más rezagadas. Por esta razón es importante retomar y afinar el diseño de estos instrumentos de política pública, que además tomen en cuenta estas diferencias estructurales regionales.

Al final del día, estas políticas son los instrumentos que pueden incidir de manera determinante en la ruta tecnológica que siga el país en los próximos lustros.

## Referencias

- Acemoglu, D. y Robinson, J. (2012). *Why nations fail: The origins of power, prosperity and poverty*. New York: Crown Books.
- Agénor, P. y Neanidis, K. (2015). "Innovation, public capital, and growth," *Journal of Macroeconomics*, Vol. 44(C), pp. 252-275.
- Aghion, P. y Howitt, P. 1992. "A Model of Growth Through Creative Destruction." *Econometrica* Vol. 60(2), pp. 323-351.
- Aghion, P. Akcigit, U. y Howitt, P. (2015). "The Schumpeterian Growth Paradigm". *Annual Review of Economics*, vol. 7, pp. 557-575.
- Ahlstrom, D. (2015). Innovation and growth in emerging economies. En: Austrian Council for Research and Technology Development (Ed). *Designing the future: Economic, societal, and political dimensions of innovation*. Vienna, Echomedia.
- Antonelli, C. (2017). *Endogenous Innovation. The Economics of an Emergent System Property*. First edition. Antonelli. USA y UK. Edward Elgar Publishing.
- Arellano, D. y Alamilla, M. (2006). Evaluación de resultados e impacto en los proyectos científicos y tecnológicos: retos y necesidades. El caso de los fondos sectoriales y mixtos. En: Cabrero, E. Valadés, D. López-Ayllón (eds), *El diseño institucional de la política de ciencia y tecnología en México*, México, UNAM y CIDE, pp. 201-244.
- Arellano, M. y Bond, S. (1991). "Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations". *Review of Economic Studies*, Vol. 58(2), pp. 277-297.
- Arellano, M. (1993). "On the testing of correlates effects with panel data". *Journal of Econometrics*, Vol. 59(1-2), pp.87-97.

- Avila-Lopez, L. Chaofeng L. y Lopez-Leyva S. (2019). "Innovation and growth: evidence from Latin American countries", *Journal of Applied Economics*, Vol. 22(1), 287-303.
- Barro, R. (1990). "Government spending in a simple model of endogenous growth". *Journal of Political Economy*, Vol. 98(5), pp.103-125.
- Bazdresch, C. y Romo, D. (2005). "El impacto de la ciencia y la tecnología en el desarrollo de México", Documento de Trabajo, CIDE CyT 05-01.
- Beltrán-Morales, L. Almendarez-Hernández, M. y Jefferson, D. (2018). "El efecto de la innovación en el desarrollo y crecimiento de México: una aproximación usando las patentes", *Revista Problemas del Desarrollo*, Vol. 195(49), pp. 55-76.
- 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), pp. 434-455.
- Cabrero, E. Valadés, D. López-Ayllón (2006). El diseño institucional de la política de ciencia y tecnología en México: revisión y propuestas para su reforma. En: Cabrero, E. Valadés, D. López-Ayllón (eds), *El diseño institucional de la política de ciencia y tecnología en México*, México, UNAM y CIDE, pp. 1-33.
- Christensen, C. Ojomo, E. y Dillon, K. (2019). *The prosperity paradox: How innovation can lift nations out of poverty*. New York: Harper Business.
- Dosi, G. y Nelson, R. (1994). "An Introduction to Evolutionary Theories in Economics". *Journal of Evolutionary Economics*. Vol. 4(3), pp.153-172.
- Fagerberg, J. Srholec, M. y Verspagen, B. (2010). Innovation and economic development, En: Hall, B. y Rosenberg, N. (eds.), *Handbook of economics of innovation*, Vol. (2), Elsevier B. V., Amsterdam, Holanda, pp. 833-872.
- Feki, Ch. y Mnif, S. (2016). "Entrepreneurship, Technological Innovation, and Economic Growth: Empirical Analysis of Panel Data", *Journal of the Knowledge Economy*, Vol. (7), pp. 984-999.
- Freeman, C. (1990). *Economics of Innovation*. Aldershot: Edward Elgar.
- Germán-Soto, V. (2008). "El stock de capital industrial medido a través de la relación inversión-empleo: estimaciones para los estados mexicanos". *Ensayos*, Vol. 27(1), pp. 53-80.
- Germán-Soto, V. Gutiérrez, L. y Malacara, H. (2016). Aglomeración, concentración industrial y educación: impactos en la innovación regional de México, 1994-2012.

- En: *Perspectivas y retos actuales de la innovación en México: Regiones, sectores y empresa*. Ediciones De Laurel y Universidad Autónoma de Coahuila, México, pp. 115-152.
- Gould, D. y Gruben, W. (1995). “El papel de los derechos de propiedad intelectual en el crecimiento económico”. *Economía Mexicana, Nueva Época*, Vol. 4(2), 265-299.
- Griliches, Z. (1979). “Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth,” *Bell Journal of Economics*, Vol. 10(1), pp. 92-116.
- Griliches, Z. (1990). “Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey”. *Journal of Economic Literature*, Vol. 28(4), pp. 1661-1707.
- Grossman, G. y Helpman, E. (1991). *Innovation and Growth in the Global Economy*. Cambridge MA: The MIT Press.
- Gujarati, D. y Porter, D. (2010). *Econometría*. Quinta Edición. México. McGraw-Hill.
- Guzmán, A. y Gómez, H. (2010). Brechas tecnológicas y procesos de convergencia entre países emergentes e industrializados en la industria bio-farmacéutica, 1980-2005. En: J. Guillén (Coord.), *Una década de estudios sobre economía social*, México: Juan Pablos, pp. 38-65.
- Guzmán, A. López-Herrera, F. y Venegas Martínez, F. (2012). “Un análisis de cointegración entre patentes y crecimiento económico en México, 1980-2008”. *Investigación Económica*, Vol. 71(281), pp. 83-115.
- Hamilton, D. (1991). *Evolutionary Economics: A Study in Change in Economic Thought*. New York. Transaction Publishers.
- Hasan, I. y Tucci, Ch. (2010). “The innovation–economic growth nexus: Global evidence”. *Research Policy*, Vol. 39, pp. 1264-1276.
- Kacprzyk, A. y Doryń, W. (2017). “Innovation and economic growth in old and new member states of the European Union”, *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, Vol 30(1), pp. 1724-1742.
- Koyck, L. (1954). *Distributed Lags and Investment Analysis*. North-Holland, Amsterdam.
- Lucas, R. (1988). “On the Mechanics of Economic Development”. *Journal of Monetary Economics*, Vol. 22, pp. 3-42.

- 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), pp. 1-23.
- Maradana, R. Zaki, D. Pradhan, R. Gaurav, K. Dash, S. Jayakumar, M. y Sarangi, A. (2019). “Innovation and economic growth in European Economic Area countries: The Granger causality approach”, *IIMB Management Review* Vol. 31, pp. 268–282.
- Mendoza, J. Salazar, B. y Hernández, M. (2017). “Diagnóstico y distribución de capacidades tecnológicas en México. Análisis y comparación entre entidades federativas”, *Investigación Administrativa*, Vol. 6(120). Consultado en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=456052444001>
- Mendoza, J. Torres, V. y Polanco, M. (2008). “Desigualdad del crecimiento económico regional e innovación tecnológica en México”. *Comercio Exterior*, 58(7), pp. 507-521.
- Mungaray, A. Ríos, J. Aguilar, J. y Ramírez, M. (2015). “La capacidad innovadora de la economía mexicana”. *Economía: Teoría y Práctica*, Vol. 43, pp. 11-36.
- Mokyr, J. (1998). “Induced technical innovations and medical history: an evolutionary approach”. *Journal of Evolutionary Economics*, Vol. 8, pp. 119–137.
- Mokyr, J. (2000). Evolutionary phenomena in technological change. En: Ziman, J. (ed.) *Technological innovation as an evolutionary process*. Cambridge. Cambridge Univ. Press.
- Nelson, R. y Winter, S. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge: Harvard University Press.
- Nelson, R. (1995). “Recent evolutionary theorizing about economic change”. *Journal of Economic Literature*, Vol. 33(1), pp. 48-90.
- OCDE (2015). *Estudios económicos de la OCDE México*. México, OCDE.
- Pece, A. Oros, O. y Salisteanu, F. (2015). “Innovation and economic growth: An empirical analysis for CEE countries”. *Procedia Economics and Finance*, Vol. 26, pp. 461-467.
- Peng, M. Ahlstrom, D. Carraher, S. y Shi, W. (2017). “An institution-based view of global IPR history”. *Journal of International Business Studies*, Vol. 48(7), pp. 893–907.

- Pradhan, R. Arvin, M. Hall, J. y Nair, M. (2016). "Innovation, financial development and economic growth in eurozone countries". *Applied Economics Letters*, Vol. 23(16), pp. 1141-1144
- 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*, Vol. (64), pp. 109-138.
- Ríos-Flores, J. y Ocegueda, J. (2017). "Capacidad innovadora y crecimiento regional en México: un enfoque espacial". *Economía, sociedad y territorio*, Vol. 17(55), pp. 743-775.
- Ríos-Flores, J. y Ocegueda, J. (2018). "Efectos de la capacidad innovadora en el crecimiento económico de las entidades federativas en México 2018". *Estudios fronterizos*, Vol. 19(13).
- Rodríguez-Pose, A. y Crescenzi, R. (2008). "Research and development, spillovers, innovation systems, and the genesis of regional growth in Europe". *Regional studies*, 42 (1), pp. 51-67.
- Rodrik, D. Subramanian, A. y Trebbi, F. (2004). "Institutions rule: The primacy of institutions over geography and integration in economic development". *Journal of Economic Growth*, Vol. 9(2), pp. 131-165.
- Romer, P. (1986). "Increasing Returns and Long-run Growth". *The Journal of Political Economy*, Vol. 94(5), pp. 1002-1037.
- Romer, P. (1990). "Endogenous Technological Change". *The Journal of Political Economy*, Vol. 98(5), pp. s71-s102.
- Sala-i-Martin, X. (2000). *Apuntes de Crecimiento Económico*. Segunda Edición. Barcelona. Antoni Bosh.
- Silverberg, G. y Verspagen, B. (1995). "Long-term Cyclical Variations of Catching Up and Falling Behind. An Evolutionary Model", *Journal of Evolutionary Economics*, Vol. 5, pp. 209-227.
- Schumpeter, J. (1942). *Capitalism, Socialism and Democracy*. Nueva York. Harper & Brothers.
- Stokey, N. (1995). "R&D and Economic Growth". *The Review of Economic Studies*, Vol. 62(3), pp. 469-489.

- Tomizawa, A. Zhao, L. Bassellier, G. y Ahlstrom, D. (2019). “Economic growth, innovation, institutions, and the Great Enrichment”, *Asia Pacific Journal of Management*, Vol. 37, pp. 7-31.
- Torres-Preciado, V. Polanco-Gaytán, M. Tinoco-Zermeño, M. (2014). “Technological innovation and regional economic growth in Mexico: a spatial perspective”. *Ann Reg Sci*, Vol. 52, pp. 183-200.
- Ulku, H. (2004). “R&D, Innovation, and Economic Growth: An Empirical Analysis”, *International Monetary Fund Working Papers*, pp. 2-35.
- Ulku, H. (2007). “R&D, innovation, and growth: evidence from four manufacturing sectors in OECD countries”, *Oxford Economic Papers*, Vol. 59(3), pp. 513–535.
- Verspagen, B. (1993). *Uneven Growth Between Interdependent Economies. The Evolutionary Dynamics of Growth and Technology*, Aldershot: Avebury.
- Verspagen, B. (2001). *Economic growth and technological change: an evolutionary interpretation*. OECD Directorate for Science, Technology and Industry, STI Working Papers; Vol. 2001(1).
- Villareal, E. (2012). “Innovación y crecimiento regional en México 2000-2010”. XXXVIII Reunión de Estudios Regionales. En Congreso de la Asociación Española de Ciencia Regional, xxxviii Reunión de Estudios Regionales. Consultado en <http://old.aecr.org/web/congresos/2012/Bilbao2012/htdocs/pdf/p596.pdf>
- Wu, Y. Guo, X. y Marinova, D. (2017). “Productivity, Innovation and China’s Economic Growth”, En: Song, L. Garnaut, R. Fang C. y Johnston, L. (Eds.), *China's New Sources of Economic Growth: Human Capital, Innovation and Technological Change*. Australia, ANU Press.
- Zhou, G. y Luo, S. (2018). “Higher Education Input, Technological Innovation, and Economic Growth in China”. *Sustainability*. Vol. 10(8), pp. 1-15.
- Ziman, J. (ed.) (2000). *Technological innovation as an evolutionary process*. Cambridge. Cambridge Univ. Press.

## **Conclusiones Generales**

En conjunto, los tres artículos que conforman el trabajo de investigación doctoral realizan una serie de aportaciones a la línea de investigación de la relación entre la innovación y el crecimiento económico en el país y sus regiones.

El primer artículo presenta el estado del arte de la literatura que postula a la innovación como el motor del crecimiento, abordando tanto las aportaciones “clásicas” como los desarrollos teóricos y empíricos más recientes, así como algunos modelos que plantean el escenario de una economía en desarrollo. Además, este artículo también aborda la literatura que muestra la relevancia del financiamiento público y el tamaño de las empresas en el proceso de innovación, lo que constituye una revisión sin precedentes, al menos en el país. Esta revisión junto con la estadística descriptiva de los datos internacionales y nacionales permiten delinear con nitidez el estado en que se encuentra esta línea de investigación concluir la pertinencia y validez de los objetivos y las hipótesis de trabajo que se desarrollan en los dos artículos subsecuentes.

En el segundo artículo se emplea la base de datos del PEI que permite estimar la relevancia tanto del financiamiento público como del tamaño de empresa para un periodo de tiempo y a un nivel de desagregación que hasta nuestro conocimiento no se había realizado para el país. Los resultados de este artículo muestran evidencia del efecto positivo del PEI en el número de solicitudes de patentes, lo cual reafirma lo señalado por la teoría en el sentido que los esquemas de financiamiento público ayudan a resolver algunas de las fallas del mercado de la innovación e incentivan a las empresas a involucrarse en actividades de I+D+i. Asimismo, se comprueba la hipótesis schumpeteriana según la cual son las grandes empresas las que más invierten en actividades de I+D+i y las que más producen innovaciones.

La muestra de las 19 entidades que más participaron dentro del PEI permitió observar con mayor precisión el efecto de este programa y el de las empresas de estas entidades en el nivel de innovación, cuya magnitud fue alrededor del doble en comparación con los resultados obtenidos para el total de las entidades. Estos resultados constituyen evidencia relevante en el sentido que las empresas que participan en estos esquemas de financiamiento pueden incrementar su productividad a partir de los resultados de sus proyectos de innovación. Si bien el efecto de las pequeñas y medianas empresas no fue significativo en el número de solicitudes de patentes, todas las empresas realizan algún tipo de mejora tecnológica con el

propósito de incrementar su productividad. Así, las economías estatales y, consecuentemente, la nacional pueden experimentar mayores tasas de crecimiento y generar un monto de ingresos per cápita más grande que permita alcanzar eventualmente niveles de desarrollo más elevados.

No obstante, hay que señalar que el efecto del PEI, incluso dentro de la muestra de 19 entidades, y el estimado para las grandes empresas es relativamente modesto. Retomar políticas públicas como el PEI, tomando en cuenta las lecciones aprendidas, podrían convertirse en instrumentos eficaces para el fomento de la productividad como consecuencia de la innovación. También podría explorarse el diseño de esquemas diferenciados para pequeñas y medianas empresas en donde el objetivo central sea la mejora incremental de su productividad y, por otro lado, involucrar a las grandes empresas en procesos continuos de innovación que incrementen sus capacidades tecnológicas y científicas, de tal manera que puedan proponer soluciones rentables a los principales problemas regionales y del país, así como reducir la brecha tecnológica.

También es importante resaltar la idoneidad de la metodología de estimación (Poisson y Binomial Negativa) empleada en el segundo artículo dada la naturaleza de la variable dependiente (solicitudes de patente) ya que se trata de una variable de conteo, con lo que la interpretación de los efectos de las variables explicativas resulta más clara y directa. Por otro lado, también debe destacarse la importancia del capital humano (medido en años de escolaridad promedio) como un factor fundamental en el proceso de innovación, ya que esta variable presentó los efectos marginales más importantes en todos los modelos econométricos estimados.

De este artículo se pueden tomar varias lecciones. Primero, que los esquemas de financiamiento público como el PEI tienen un efecto positivo en el grado de innovación. Sin duda el diseño y la implementación de este programa (como todas las políticas públicas) pueden presentar áreas de oportunidad que, a partir de la evidencia generada, pueden ser atendidas con mayor precisión. Segundo, las empresas grandes son las que cuentan con las capacidades para generar innovaciones de mayor calado. En este punto se requiere mayor información para identificar en qué sectores se encuentran estas empresas innovadoras y evaluar la posibilidad y conveniencia de concentrar los esfuerzos de política pública en algunos de ellos. Los países como México que llegan tarde a la cita de la vanguardia necesitan

escoger con mayor cuidado los campos en los que se concentrarán los esfuerzos y evitar caer en la trampa de invertir demasiados recursos en proyectos demasiado grandes e inciertos para los que no se cuente con un respaldo técnico y científico. Tercero, la importancia de fomentar la construcción de capital humano. Si bien el capital humano se compone de varios elementos, la educación formal pareciera ser el componente principal en la esfera de la innovación. En este terreno también se requieren acciones de política pública que faciliten el acceso y permanencia en el sistema educativo, así como incrementar su calidad, lo cual sin duda es una tarea de más largo aliento. Finalmente, a pesar de que las pequeñas y medianas empresas no producen mejoras tecnológicas de tal magnitud que ameriten una solicitud de patente, constituyen alrededor del 97 por ciento de las unidades económicas del país, por lo que un proceso incremental y sostenido de mejora de su productividad sin duda se vería reflejado en la economía en su conjunto, razón por la cual no debería desestimarse el apoyo a estas empresas.

En el tercer artículo de esta tesis se muestra evidencia de un efecto modesto pero significativo de la innovación sobre el crecimiento económico de las entidades del país. A pesar de la austeridad del efecto, o incluso si las mejoras tecnológicas son únicamente a nivel de empresa o local y se encuentran lejos de la frontera tecnológica, éstas son importantes pues no sólo incrementan la productividad de las unidades económicas, sino también su capacidad de asimilación y, con el tiempo, de producir nuevas tecnologías. Este proceso de aprendizaje gradual puede conducir a una economía agregada más eficiente y al desarrollo de innovaciones de mayor trascendencia que tengan un efecto más importante en el crecimiento económico.

Esta ruta incremental de innovación puede ser pavimentada a partir de políticas públicas como el PEI cuya regionalización muestra efectos diferenciados en el ingreso per cápita, además de la evidencia positiva más específica encontrada en el segundo artículo.

Por otra parte, el nivel de ingreso de las entidades parece reforzar el efecto de la innovación sobre éste y sugiere una especie de círculo virtuoso. Esto apunta hacia la implementación de estrategias que incidan positivamente en otros factores de producción como el trabajo y el capital, tanto público como privado.

Asimismo, el efecto significativo de la innovación en los sectores económicos secundario y terciario invita a identificar en futuras investigaciones aquellas actividades económicas en

particular que pueden ser palanca de crecimiento para determinadas regiones del país y fomentar la inversión de esas empresas en I+D+i.

Posiblemente la principal conclusión de esta investigación es que sí existe un efecto positivo y significativo de la innovación sobre el crecimiento económico y que, además, este puede ser potenciado por políticas públicas de fomento a la inversión en proyectos de innovación como el PEI y rendir mayores frutos en ciertas actividades económicas. En este sentido, el papel del Estado, entendido como el conjunto de instituciones que organizan la vida en una sociedad, así como el hacedor de políticas públicas que articulan los esfuerzos de los sectores público, académico y empresarial, es fundamental en los resultados que se puedan obtener en materia de innovación y su efecto en el crecimiento económico en los próximos lustros.

Al final del día, todo el entramado institucional que regula la vida económica y social constituyen los instrumentos que pueden incidir de manera determinante en la ruta tecnológica que siga el país en los próximos lustros.