

Factores de innovación en los estados de México. ¿A qué se deben las diferencias entre estados con mayor y menor dinamismo innovador?

Gregorio Giménez^a ▪ María del Pilar Pastor Pérez^{b,d}
▪ Héctor Manuel Malacara Hernández^c

Resumen

Este trabajo utiliza un panel de datos balanceado, de los 31 estados mexicanos, durante 1997-2012 para identificar a qué se deben las diferencias entre estados con mayor y menor dinamismo innovador. Para ello, se aplica la descomposición de Oaxaca-Blinder y el estimador propuesto por Driscoll y Kraay. La diferencia en términos de éxito innovador se explica, fundamentalmente, por la discrepancia en dotaciones y aprovechamiento en el factor capital humano: los estados más innovadores tienen más dotaciones y saben sacarles mejor provecho. La inversión pública en investigación y desarrollo y el gasto en educación superior son factores que también contribuyen a explicar el éxito innovador. Además, los estados más innovadores cuentan con mayor densidad poblacional y más científicos, sin embargo los estados menos innovadores saben sacar mejor provecho de estos factores.

Palabras clave: México, innovación, patentes, educación, capital humano, descomposición Oaxaca-Blinder.

Clasificación JEL: I25, O31, O38.

Abstract

This work uses a balanced panel data, from the 31 Mexican states during 1997-2012, to identify the reasons of the differences between states with greater and lesser innovative dynamism. To do this, the Oaxaca-Blinder decomposition and the estimator proposed by Driscoll and Kraay are applied. The differences, in terms of innovative success, are mainly explained by the discrepancy in the amount and use of the human capital

Manuscrito recibido el 16 de diciembre de 2015; aceptado el 26 de junio de 2017.

a Facultad de Economía y Empresa, Universidad de Zaragoza (España).

b Facultad de Contaduría y Administración, Universidad Autónoma de San Luis Potosí (México).

c Centro de Investigaciones Socioeconómicas, Universidad Autónoma de Coahuila (México).

d Autor para correspondencia: pilar.pastor@uaslp.mx

© 2017 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Economía. Este es un artículo *Open Access* bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

factor: the most innovative states have more human capital and make a better use of it. Public investment in research and development, as well as the spending on higher education, are factors that contribute also to explain the innovative success. Besides, the most innovative states have greater population density and more scientists, however, less innovative states make better use of these last factors.

Keywords: Mexico, innovation, patents, education, human capital, Oaxaca-Blinder decomposition.

JEL Classification: I25, O31, O38.

INTRODUCCIÓN

Desde el surgimiento de los modelos de crecimiento endógeno existe consenso en que la innovación tecnológica juega un papel fundamental en el crecimiento económico a largo plazo (Romer, 1986; Lucas, 1988; Aghion y Howitt, 1998; Jones, 2002; Barro y Sala-i-Martin, 2004; Helpman, 2004; Vandenbussche, Aghion y Meghir, 2006; Aghion y Durlauf, 2009, o Benhabib, Perla y Tonetti, 2014). Es más, la concentración de la actividad innovadora en ciertas ciudades, regiones y sectores explica en gran medida las diferencias en crecimiento entre territorios (Feldman y Florida, 1994; Moreno, Paci y Usai, 2005). Profundizar en la comprensión de por qué unas regiones son más innovadoras que otras ayuda a entender sus diferencias en desarrollo. Para ello, se requiere, por un lado, medir y comparar los niveles de innovación. Por otro, entender el proceso de generación de innovación y analizar el origen de las disparidades en las dotaciones de insumos tecnológicos y en la eficiencia en su utilización.

En los últimos años, el crecimiento de México, medido por el incremento anual promedio de su producto interno bruto (PIB), ha sido menor que el de otras potencias emergentes. El país experimentó un crecimiento medio acumulativo de 1.8% entre 2000 y 2010, que dista del 3.3% alcanzado por el conjunto de países que conforman la región de América Latina y el Caribe (cifras de *Indicadores de Desarrollo Mundial* del Banco Mundial). En una economía cada vez más globalizada, es necesario alcanzar mayores niveles de competitividad si se desea lograr tasas de crecimiento que permitan converger con los países más avanzados; y esta mayor competitividad pasa, sin duda, por la innovación. Sin embargo, la economía mexicana está lejos de poder considerarse una economía con relevante capacidad innovadora en el contexto internacional.

Además, se observan fuertes contrastes a nivel subnacional (Jordaan y Rodríguez-Oreggia, 2012; Ocegueda, 2015), a pesar de que desde la década de 1940

se pusieron en marcha políticas urbano-regionales con la intención de favorecer el crecimiento de las regiones del país y la descentralización económica del Distrito Federal (DF) (Delgadillo y Torres, 2011). Esta realidad ha motivado estudios empíricos sobre la dinámica del crecimiento económico regional, y entre ellos hay evidencia de que las diferencias en innovación contribuyen a las disparidades en el crecimiento de los estados mexicanos (Torres-Preciado, Polanco-Gaytán y Tinoco-Zermeño, 2014). No obstante, los trabajos que se centran en la innovación a nivel regional no profundizan en las causas del mayor dinamismo innovador de ciertos estados. Esto es, si las entidades más innovadoras lo son debido a sus mayores dotaciones factoriales y/o al mejor uso de las capacidades disponibles.

En este contexto, esta investigación se plantea como objetivo el identificar los factores que explican las diferencias en el desempeño innovador de los estados mexicanos.¹ Para su realización se estimó un modelo en el que las variables explicativas de la innovación, medida a través del *stock* de patentes acumuladas por cada 100 000 habitantes, son la inversión pública en investigación y desarrollo, el número de científicos, el gasto en educación superior, los años de escolaridad, dos índices de localización industrial y la densidad de población. En el análisis econométrico se emplearon datos de los estados de México en el periodo 1997-2012, y se estimaron los coeficientes del modelo de datos de panel con efectos fijos a través del estimador propuesto por Driscoll y Kraay. La técnica de datos de panel ha sido utilizada en otras investigaciones sobre los determinantes de la innovación. Dentro de la literatura internacional es usada en los trabajos de Cincera (1997), Crepon y Duguet (1997), Roper y Arvanitis (2009), Raymond *et al.* (2013) o Love, Roper y Vahter (2014). Estos contemplan una perspectiva microeconómica, frente al enfoque macro que nosotros adoptamos. En el caso de México, la técnica también ha sido usada anteriormente por Hernández y Díaz (2007), Germán-Soto, Gutiérrez y Tovar (2009), Germán-Soto y Gutiérrez (2012 y 2013) o Ríos y Marroquín (2013).

A diferencia de las técnicas de estimación de panel usadas en todos estos trabajos, la técnica que utilizamos es robusta ante la presencia de correlación

1 El territorio de los Estados Unidos Mexicanos está dividido en 32 entidades federativas, de las cuales 31 son estados libres y soberanos y el restante es la entidad federal denominada Ciudad de México. En este trabajo se respeta el nombre de Distrito Federal cuando se refieren investigaciones publicadas en fecha previa al cambio de nombre de la capital del país (el 29 de enero de 2016). Adicionalmente, al referirnos al caso mexicano, en ocasiones se emplea *región* como sinónimo de Estado.

espacial y temporal de orden desconocido y no ha sido empleada anteriormente para la estimación de funciones de innovación. Otra novedad radica en la propuesta de análisis de las diferencias en el desempeño innovador regional. Para ello, usaremos la metodología de Oaxaca y Blinder, que permite no sólo cuantificar las diferencias entre regiones más y menos innovadoras, sino determinar las causas últimas de estas diferencias y, en concreto, conocer si estas se deben a las distintas dotaciones en factores productivos o bien al uso que se hace de los mismos. En este sentido, esta técnica nos ofrece una herramienta de análisis mucho más potente que la mera descomposición grupal mediante el uso de regresiones.

Los resultados obtenidos permiten constatar que el capital humano —cantidad y calidad— es el factor más importante a la hora de explicar el éxito innovador.

El documento se estructura de la siguiente manera. Las secciones segunda y tercera contextualizan la investigación y analizan los factores que determinan la innovación a partir de trabajos internacionales y referidos al caso mexicano. En la sección cuarta se explica el modelo econométrico propuesto para estimar la función de producción de innovación en los estados mexicanos. La quinta ofrece las estimaciones del modelo —que tienen en cuenta la posible endogeneidad entre variables y la correlación espacial y temporal de las observaciones—. Además, analiza los resultados obtenidos, primero, en lo concerniente a los factores de innovación en los estados y, en segundo lugar, en lo relativo a la identificación de las causas de las diferencias en el dinamismo innovador entre estos. Finalmente, en el sexto epígrafe se resumen las conclusiones de la investigación.

DETERMINANTES DE LA INNOVACIÓN

La capacidad innovadora, entendida como la habilidad de producir y comercializar un flujo de innovaciones a lo largo del tiempo (Furman, Porter y Stern, 2002), es clave para la comprensión de las divergencias en el desempeño innovador y el crecimiento de las economías. Dicha habilidad es el resultado de múltiples factores y esto se puede representar a través de una función de producción del conocimiento, en la que la variable explicada es la innovación que depende de diversos *input* (Griliches, 1979; Jaffe, 1989).

A la hora de medir la innovación, la variable más utilizada en literatura empírica son las patentes (Griliches, 1990; Acs, Anselin y Varga, 2002; Jalles, 2010).

Las patentes protegen derechos de propiedad industrial, facilitan la apropiación de los beneficios de la innovación y, *a priori*, la incentivan. Sin embargo, su uso como indicador de los resultados innovadores no está exento de críticas, entre las que se encuentran su parcialidad, ya que hay conocimiento intangible que no se protege a través de las patentes, no todas acumulan el mismo nivel de innovación, y existen otras formas de apropiación de los beneficios de la generación de nuevo conocimiento. Lo anterior provoca que el número de patentes infravalore los resultados innovadores de un territorio.² A pesar de esto, existen numerosos estudios que describen la relación positiva del patentamiento, como *proxy* de la innovación, y los factores que la explican.³

En cuanto al análisis de los elementos que determinan el desempeño innovador, destacan las actividades de investigación y desarrollo (I+D) y el capital humano.⁴ Los recursos que se destinan a I+D son cruciales para mejorar las capacidades tecnológicas de una economía, porque se transforman en nuevo conocimiento que contribuye a la acumulación de capital humano y la producción de innovaciones. Además, las actividades de I+D son intensivas en capital humano, lo que implica que las economías con mayor dinamismo innovador demandan más trabajadores con altos niveles de formación. Es decir, para innovar es necesario destinar recursos económicos y humanos a la I+D y, además, el conocimiento que se crea incrementa el capital humano disponible. Por ejemplo, Frantzen (2000) corrobora la complementariedad de la I+D y el capital humano, y el efecto positivo en el crecimiento de la productividad de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), entre 1961 y 1991. Zachariadis (2003), a partir del análisis de la industria manufacturera en Estados Unidos (1963-1988), observa un impacto positivo de la I+D en la innovación. Ulku (2004) confirma la existencia de una relación positiva y significativa entre la I+D acumulada y la innovación, especialmente en las economías de la OCDE con mercados más grandes, durante el periodo

2 Para profundizar en el análisis del uso de patentes como indicador de la innovación se sugiere consultar Griliches (1990). Otros indicadores utilizados para medir los resultados de la innovación son las ventas de nuevos productos, la adopción de nuevas tecnologías (medida a través de la inversión en maquinaria y equipo), o la (alta) cualificación de los trabajadores. Por otro lado, hay trabajos que recurren al gasto en investigación y desarrollo como medida del esfuerzo innovador.

3 Véanse Jaffe (1986), Feldman y Audretsch (1999), Acs, Anselin y Varga (2002), Fritsch y Franke (2004), Cabrer-Borrás y Serrano-Domingo (2007) y Fritsch y Slavtchev (2011).

4 Algunos de los primeros trabajos relevantes fueron publicados por Romer (1986 y 1990), Lucas (1988) y Grossman y Helpman (1991).

1981-1997. Por su parte, Teles y Joiozo (2011) encuentran una relación positiva de largo plazo entre el *stock* de capital humano y la innovación, en el caso de la educación terciaria.

En la perspectiva de la economía espacial se enmarca el debate sobre la influencia del espacio en la explicación del resultado innovador, más allá de los *inputs* con los que se cuenta. Brenner y Broekel (2011) identifican cuatro ámbitos que condicionan la influencia del territorio en el desempeño innovador, al provocar diferenciación en términos de la mayor o menor atracción y facilitación de actividades innovadoras. Estos son, las particularidades geográficas y la dotación de recursos naturales, las características demográficas y culturales, la configuración de las políticas y la estructura económica. Dichos ámbitos se interrelacionan dando lugar a que las características geográficas, poblacionales y económicas afecten la configuración política, y esta a su vez reaccione ante las primeras. Consecuentemente, la elección de la unidad territorial de análisis es relevante en los estudios de innovación. En este sentido, Leydesdorff y Fritsch (2006), en un trabajo que parte del distrito como unidad de análisis, pero en el que consideran otros niveles de agregación, como lo son regiones, estados (*Länder*) y la nación, concluyen que los estados son una unidad de análisis más importante en el estudio de la economía basada en el conocimiento que el país en su conjunto.

Otro asunto ampliamente analizado por su efecto en los resultados innovadores es el de las externalidades asociadas a las derramas de conocimiento derivadas de las actividades de I+D. La dimensión espacial de la innovación adquiere relevancia porque es más probable que dichas externalidades se produzcan en áreas con mayor densidad de población, empleo y actividad innovadora.⁵ La evidencia empírica sugiere que la localización y la proximidad son aspectos importantes en el desempeño innovador, porque potencian el aprovechamiento de las externalidades derivadas de la generación de conocimiento y condicionan la transferencia del mismo. En este sentido, la propensión de la actividad innovadora a estar geográficamente concentrada tiende a ser mayor en las industrias intensivas en conocimiento (Audretsch y Feldman, 1996; Moreno, Paci y Usai, 2005).⁶

5 Véanse Jacobs (1969), Romer (1986), Lucas (1988), Porter (1990) y Krugman (1991). Para ahondar en el tema de derramas del conocimiento y la dimensión espacial de la innovación véase Audretsch y Feldman (2004).

6 Otros trabajos que aportan evidencia empírica sobre el hecho de que las derramas de conocimiento se producen en el entorno geográfico próximo al origen del conocimiento son Jaffe, Trajtenberg y Henderson (1993), Acs, Anselín y Varga (1992) y Anselín, Varga y Acs (1997).

Derivado de lo anterior, aparecen trabajos que analizan cómo la competencia de los mercados y la estructura productiva afectan la innovación. Por ejemplo, Glaeser *et al.* (1992) y Feldman y Audretsch (1999) hallan evidencia a favor de que la competencia y la diversidad productiva, más que la especialización, favorecieron las derramas de conocimiento y el crecimiento de las urbes en Estados Unidos.⁷ Carlino, Chatterjee y Hunt (2007) plantean un modelo en el que, además de explicar el rendimiento innovador en función de variables referentes al capital humano y la I+D, incorporan el análisis del efecto de la densidad de empleo, el tamaño de las ciudades y la estructura del mercado. El estudio efectuado para las áreas metropolitanas de Estados Unidos, en la década de los noventa, aporta evidencia a favor de que la intensidad de patentamiento está positivamente relacionada con la densidad de empleo en las urbes más densamente pobladas; y que los mercados más competitivos y aquellos con estructura industrial más diversificada tienden a ser más innovadores.⁸

La consideración del territorio y de las derramas de conocimiento en el estudio de la innovación abrió la discusión a lo que sucede en entidades subnacionales. La estimación de la función de producción del conocimiento evolucionó de la exploración de unidades espaciales amplias, como los países, a otras más reducidas geográficamente, como las regiones y ciudades (Audretsch y Feldman, 2004).⁹ En el terreno de la discusión empírica, a partir de la idea de que los resultados innovadores de una región no obedecen sólo a las capacidades locales y la estructura económica, sino también a la actividad innovadora del entorno, Cabrer-Borrás y Serrano-Domingo (2007) analizan el efecto de las derramas de conocimiento entre regiones españolas (1989-2000). Mediante el uso de técnicas de econometría espacial, sus resultados muestran que la innovación de determinada región dependió de la I+D llevada a cabo, de su trayectoria innovadora y del capital humano disponible. Además, las derramas de conocimiento que se derivaron de la especialización productiva y del comercio interregional tuvieron

7 Respecto a la especialización productiva, no hay consenso generalizado. Por ejemplo, Paci y Usai (2000), para el caso de regiones europeas, y Cabrer-Borrás y Serrano-Domingo (2007), quienes estudiaron las regiones españolas, encontraron que la especialización productiva está positivamente correlacionada con la innovación.

8 Otros estudios empíricos sobre la influencia de la estructura productiva y del mercado en la innovación son: Anselin, Varga y Acs (1997) y Fritsch y Franke (2004).

9 Véanse también Anselin, Varga y Acs (1997), Feldman y Audretsch (1999) o Acs, Anselin y Varga (2002).

efecto positivo. Por su parte, Fritsch y Slavtchev (2011) utilizan técnicas de los enfoques deterministas y estocásticos de frontera para evaluar la eficiencia de los sistemas regionales de innovación alemanes en el periodo 1995-2000. Sus conclusiones destacan diferencias considerables en la eficiencia tecnológica —medida por las solicitudes de patentes— y señalan que aquellas con similar eficiencia se encuentran geográficamente próximas entre sí. Las regiones más innovadoras cuentan con un sector de I+D mayor —en términos de empleo en el sector privado—, más vinculación público-privada, están más densamente pobladas y aprovechan la presencia de actividad industrial intensiva en conocimiento y las externalidades derivadas de un entorno innovador.

De lo anterior, resulta que el análisis a nivel subnacional permite obtener una mejor radiografía de cuáles son las capacidades locales y de cómo estas impactan en la innovación, considerando, además, la influencia de factores tales como la estructura productiva, la aglomeración y la localización. Este conocimiento es útil para definir políticas públicas más adecuadas a la realidad particular y, por tanto, justifica la realización de estudios como el que se presenta en este trabajo.

DETERMINANTES DE LA INNOVACIÓN EN MÉXICO

El hecho de profundizar en la comprensión de la innovación en México es altamente relevante, ya que si bien es uno de los países emergentes de mayor tamaño en términos de producción, su crecimiento económico ha sido anodino en las últimas décadas y con grandes disparidades entre estados. Asimismo, se ha observado que la contribución de la innovación al crecimiento del país es positiva pero reducida.¹⁰ Entre las razones de esta realidad se encuentran la escasez relativa de recursos destinados a I+D,¹¹ los cuales, además, están concentrados en ciertos estados que logran un mejor desempeño económico. Por ejemplo,

10 Véanse Mendoza, Torres y Polanco (2008), Ríos y Marroquín (2013), Gutiérrez, Germán-Soto y Gallegos (2014), Torres-Preciado, Polanco-Gaytán y Tinoco-Zermeño (2014) y Rodríguez-Pose y Villarreal (2015).

11 El Gasto en Investigación Científica y Desarrollo Experimental (GIDE) en México se ha estancado y desde 1980 no ha rebasado el 0.5% del PIB. Aunque desde 1993 se observa una tendencia de crecimiento positiva, el gasto relativo sigue siendo bajo, en comparación con las grandes economías en desarrollo y el promedio de la OCDE. En 2012, el GIDE fue de 66720 millones de pesos mexicanos, lo que representó 0.43% del PIB [datos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), citados en el *Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2014-2018*, publicado el 30 de julio de 2014 en el *Diario Oficial de la Federación*].

Torres-Preciado, Polanco-Gaytán y Tinoco-Zermeño (2014) concluyen que los estados que producen más innovaciones —en términos de patentes, modelos de utilidad y marcas— alcanzaron un mayor crecimiento promedio del PIB per cápita entre 1995 y 2007.

Por su parte, Rodríguez-Pose y Villarreal (2015) estiman un modelo estático y otro dinámico para analizar cómo la innovación y la política pública de ciencia y tecnología condicionan el crecimiento regional. El análisis incluye variables como la inversión en I+D y otras relativas a las circunstancias sociales necesarias para que una economía pueda generar y asimilar conocimiento —entre las que se encuentran indicadores del capital humano disponible—. Los resultados muestran que el crecimiento regional proviene de la inversión en I+D en las regiones con condiciones sociales favorables, que también se benefician de las derramas de conocimiento y de la proximidad a estados con un contexto social adecuado. Esto se traduce en que los estados que invierten en I+D un mayor porcentaje de su PIB han tenido un mejor desempeño económico en la primera década del siglo XXI.

En relación con el análisis de los factores que determinan el desempeño innovador de las regiones de México, Ruiz Durán (2008) afirma que la concentración de capacidades productivas en ciertos estados ha dado lugar a un proceso de aprendizaje regional, con la formación de cúmulos que han acelerado la innovación en algunas entidades. A partir de la metodología de medias recortadas, el autor calcula un índice de potencial de innovación estatal, como el promedio simple de tres constructos: construcción de capacidades productivas, contribución del Estado al avance de insumos innovadores y creación de redes innovadoras. La geografía de la innovación resultante evidencia las disparidades entre las regiones del país y, en particular, muestra que los estados con mayor capacidad de innovación son aquellas que cuentan con mayores economías de aglomeración, beneficiarias de los esfuerzos públicos y con mayor presencia de redes de innovación, consecuencia de la inversión extranjera en los sectores de media y alta tecnología.

Los trabajos de Germán-Soto, Gutiérrez y Tovar (2009) y Germán-Soto y Gutiérrez (2010 y 2012) destacan la importancia de la liberalización comercial que atrajo la inversión extranjera directa (IED) a partir de la década de los años ochenta, y en particular con la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte en 1994. Esta apertura supuso un cambio estructural para la economía y, derivado de ello, la captación de recursos que facilitaron el aprendizaje

tecnológico, especialmente en los estados donde se concentró la IED. Este impulso generó conocimiento en el sector productivo y aceleró el desarrollo de la industria de alta tecnología, lo que también tuvo un impacto positivo en la innovación del país (Germán-Soto y Gutiérrez, 2011, 2012 y 2013).

Además del efecto de los recursos internacionales, el gasto destinado a I+D ha impactado positivamente en la innovación de los estados. Ríos y Marroquín (2013) utilizan un modelo que involucra una función de innovación tecnológica y otra de producción para establecer el nivel de interacción entre las variables de innovación y de crecimiento del PIB per cápita regional. A partir del análisis econométrico de mínimos cuadrados ordinarios (MCO), para estimar la función de innovación, en el periodo 1994-2006, constatan el papel relevante del *stock* de conocimientos —medido a través del gasto acumulado en I+D— en la generación de innovaciones.

En lo relativo al capital humano, la evidencia del impacto en la innovación a nivel regional es clara. Es el factor más presente en los estudios que existen y, dada la diversidad de indicadores utilizados por los autores para medir el capital humano,¹² la variedad de técnicas utilizadas para el análisis y los distintos periodos observados, puede afirmarse que existe consenso en torno al efecto favorable del capital humano disponible en el desempeño innovador.¹³

Otra de las conclusiones que se deriva al revisar la literatura empírica en México es la concentración de los recursos y resultados de innovación en el país, lo que está afectando su dinámica de crecimiento. Esta concentración coincide con los estados más densamente poblados, lo que hace que estos sistemas regionales se beneficien de las economías de aglomeración (Germán-Soto y Gutiérrez, 2013). Adicionalmente, las derramas de conocimiento que se producen favorecen a las entidades vecinas.¹⁴

En definitiva, se observa para el caso mexicano que los factores que según la literatura condicionan el desempeño innovador sí impactan positivamente en la innovación de las entidades federativas, que son la unidad territorial de análisis recurrente en los estudios empíricos. Sin embargo, su peso específico en la economía es pequeño y, por tanto, el efecto en el crecimiento es discreto.

12 Véase Giménez, López-Pueyo y Sanaú (2015).

13 Véanse Hernández y Díaz (2007), Germán-Soto, Gutiérrez y Tovar (2009), Germán-Soto y Gutiérrez (2011 y 2013), Torres-Preciado, Polanco-Gaytán y Tinoco-Zermeño (2014).

14 Véanse Gutiérrez, Germán-Soto y Gallegos (2014), Torres-Preciado, Polanco-Gaytán y Tinoco-Zermeño (2014) y Rodríguez-Pose y Villarreal (2015).

Asimismo, la desigualdad, en términos sociales y en la disponibilidad de factores de innovación, influyen en este hecho.

Es entonces que la presente investigación sigue la perspectiva teórica, presentada en los epígrafes segundo y tercero, de los determinantes de la innovación tecnológica. Para ello, utilizamos funciones de producción del conocimiento, que continúan en exploración, sobre todo en economías emergentes y, más aún, a nivel regional. A diferencia de los estudios que ya existen sobre la innovación en México, el uso de la descomposición de Oaxaca-Blinder, en este estudio, contribuye a profundizar en la comprensión de la innovación regional, analizando no sólo de qué factores depende (como lo hacen Hernández y Díaz, 2007; Germán-Soto, Gutiérrez y Tovar, 2009; Germán-Soto y Gutiérrez, 2012 y 2013; Ríos y Marroquín, 2013), sino también identificando si las diferencias entre el grupo de estados más y menos innovadores se deben a la desigualdad en la dotación de factores o al aprovechamiento que los estados hacen de estas. En la siguiente sección se explica el modelo utilizado, que expresa la relación entre la innovación en los estados de México y los factores que la determinan.

PLANTEAMIENTO DEL MODELO. LA ESTIMACIÓN DE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN DE INNOVACIÓN

El modelo base en esta investigación se fundamenta en el planteado por Germán-Soto y Gutiérrez (2013) para evaluar los determinantes del patentamiento en los estados de México. No obstante, en este trabajo se incluyen dos variables adicionales que son importantes en la explicación de la innovación medida por el número de patentes: el número de científicos, que da cuenta del factor trabajo necesario en la función de producción de innovación, y la inversión en I+D, como medida fundamental del factor capital. El modelo empleado se puede expresar sintéticamente como:

$$\begin{aligned}
 \text{Patentes}_{it} = & \alpha_i + \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Densidad}_{it} + \beta_2 \cdot \text{Índice baja tecnología}_{it} \\
 & + \beta_3 \cdot \text{Índice alta tecnología}_{it} + \beta_4 \cdot \text{Años escolaridad}_{it} \\
 & + \beta_5 \cdot \text{Gasto educación superior}_{it} + \beta_6 \cdot \text{Científicos}_{it} \\
 & + \beta_7 \cdot \text{Inversión pública I+D}_{it} + \varepsilon_{it}
 \end{aligned} \tag{1}$$

donde $i = 1, \dots, 31$ denota los estados y $t = 1997, \dots, 2012$ los años. La estructura del panel es balanceada. α_i indica la posible existencia de efectos fijos. Las

definiciones, fuentes, estadísticos y matriz de correlaciones de las variables empleadas se encuentran en un apéndice, al final del trabajo.

Medir los resultados del proceso innovador es siempre una tarea complicada. El uso de las patentes no está exento de problemas. Por un lado, el número de patentes no refleja con fidelidad su importancia ni valor económico. Además, surgen complicaciones legales: existen importantes diferencias legislativas entre países. En algunos casos, las innovaciones no pueden ser patentadas y en otros las patentes son registradas meramente como arma económica estratégica (Greenhalgh y Rogers, 2010). En numerosas ocasiones, las empresas innovadoras deciden no patentar sus descubrimientos, bien por los elevados costos administrativos y de vigilancia que conlleva una patente o bien porque optan por mantener las innovaciones estratégicamente en secreto (Giménez, 2017).

A pesar de ello, los trabajos empíricos emplean con asiduidad las patentes como indicador de innovación, ya que tienen importantes ventajas. Los registros sobre patentes son muy rigurosos y detallados. Éstas pasan diferentes mecanismos de control para comprobar su novedad y los datos sobre las mismas son fácilmente accesibles y ofrecen una larga perspectiva temporal. Además, como las patentes tienen costos de registro y mantenimiento, suelen ir asociadas a innovaciones viables y susceptibles de explotación comercial. Para una justificación de la utilización de las patentes como indicador de innovación y revisión exhaustiva de trabajos véanse Pavitt (1982 y 1985), Patel y Pavitt (1995) y Griliches (1998).

En el caso de México, es un país que presenta muy bajos niveles de patentamiento en función de su nivel de desarrollo (Aboites y Soria, 1999). Los datos podrían no captar su verdadero potencial innovador. Con todo, este problema lo presentarían, de igual manera, otros indicadores de innovación. Además, la asociación entre patentes y el resto de indicadores es estrecha. La OECD (2014) constata que las patentes, como resultado final del proceso innovador, guardan una fuerte relación estadística con los indicadores sintéticos de intensidad tecnológica y los *inputs* del proceso de innovación en una muestra de 66 países, que incluye a México y otras economías latinoamericanas.

Por todo ello, en nuestro trabajo hemos optado por utilizar las patentes como aproximación a los resultados del proceso innovador. En concreto, usamos el *stock* de patentes acumuladas por cada 100 000 habitantes. La consideración de la serie anual de acumulación se justifica porque la innovación es un proceso dependiente de la trayectoria histórica. El impacto de una patente sobre la economía perdura a través del tiempo. Las magnitudes acumuladas representan el

rendimiento no sólo de un periodo, sino de los anteriores, lo que permite tener en cuenta las derramas de conocimiento.

En cuanto a las variables explicativas de la innovación se incluye el financiamiento público destinado a I+D, como lo hacen Ulku (2004) y Rodríguez-Pose y Villarreal (2015) —contabilizado en este caso a través de la inversión pública en investigación y desarrollo, en millones de pesos constantes por cada 100 000 habitantes—. Además, al igual que Carlino, Chatterjee y Hunt (2007), Ulku (2007), Germán-Soto y Gutiérrez (2012) y Ríos y Marroquín (2013), se considera el número de investigadores —medido en este trabajo a través del total de científicos que pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) por cada 100 000 habitantes—. Estas dos variables representan los recursos, de capital y trabajo, que se destinan a investigación y desarrollo en cada entidad federativa.

El personal que se dedica a tareas de investigación y desarrollo se nutre de trabajadores altamente cualificados. La importancia que tanto la cantidad como la calidad de la educación tienen sobre las actividades de innovación ha sido constatada en numerosos trabajos (Messinis y Ahmed, 2013; Giménez, López-Pueyo y Sanaú, 2015 y López-Pueyo, Barcenilla y Giménez, 2018, ofrecen un amplio repaso). Así, en la línea de Carlino, Chatterjee y Hunt (2007), Teles y Joiozo (2011) y Germán-Soto y Gutiérrez (2012 y 2013), al objeto de recoger las capacidades actuales y potenciales del capital humano de cada Estado, se incorporan los años de escolaridad promedio de la población y el gasto en educación superior —representado por el gasto por alumno en educación superior, en miles de pesos constantes—. La primera variable, que es una variable *stock*, estaría relacionada con la cantidad de capital humano, y la segunda con la calidad de la educación superior. Cabe esperar que la mayor inversión, tanto en I+D como en capital humano, tenga efectos positivos en la innovación.

Entre los *inputs* también se incluye la posible existencia de factores de aglomeración a través de la densidad de población (véanse Carlino, Chatterjee y Hunt, 2007; Germán-Soto y Gutiérrez, 2013) —medida como el número de habitantes por kilómetro cuadrado—. La densidad tiene una relación positiva con la innovación, esto como resultado del aprovechamiento de las externalidades y las derramas de conocimiento. Aquellos territorios más poblados deberían innovar más. Adicionalmente, para tener en cuenta la diversificación industrial —como Carlino, Chatterjee y Hunt (2007) y Germán-Soto y Gutiérrez (2013)— se construyen dos coeficientes de localización industrial, uno de baja y otro de alta tecnología. Estos se calculan como el porcentaje del PIB estatal en

industrias de baja y alta tecnología, respectivamente, dividido por el porcentaje de PIB nacional en dichas industrias.¹⁵ Es de esperar que los estados donde haya mayor concentración de empresas de alta tecnología sean más innovadores, porque estas requieren de la innovación para ser competitivas y generan mayor derrama de conocimiento.

Para el análisis econométrico se conformó un panel balanceado con información de las variables para los 31 estados de México, en el periodo 1997-2012; por lo tanto, se trabajó con 496 observaciones. La elección del Estado como unidad espacial de análisis se justifica porque estos son las entidades básicas de la organización territorial y política de México, en los que recae la corresponsabilidad de implementación de gran parte de las políticas federales y quienes, además, tienen capacidad normativa en muchas esferas de la vida económica, política y social del país. La Ciudad de México cuenta con un estatus especial, y presenta singularidades de índole administrativa que lo distinguen del resto de estados. Las diferencias también son notables en términos de desempeño económico en general e innovador en particular. Estas podrían sesgar el análisis empírico, por lo que es recomendable tratarlo aparte. Así, Venture Institute (2014) publica el *Índice Nacional de Innovación 2013*, en el que el DF ocupa el primer lugar, con 70.65 de los 100 puntos posibles, mientras que Nuevo León es el segundo, con 44.82 puntos; además, el DF se posiciona como el número uno en seis de los siete pilares del índice. Por su parte, El Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC. (FCCyT) realiza un *Ranking de Innovación* en el que mide las capacidades y oportunidades de los sistemas estatales de ciencia, tecnología e innovación. En su informe de 2013, el DF ocupa el primer lugar en la posición global y en siete de las diez dimensiones que evalúan. Con el propósito de establecer conglomerados entre las entidades, estas se someten a un análisis de clúster, en el que identifican tres agrupaciones. El organismo no incluye al DF en el análisis porque “se trata de una entidad que representa un punto extremo, debido a las claras diferencias que muestra respecto al resto de los grupos (...).

15 Los coeficientes de localización industrial, uno de baja y otro de alta tecnología, se calcularon tomando en cuenta los trabajos de Hatzichronoglou (1997) y Fisher y Vargas (2003). Las actividades de baja tecnología son: *a*) alimentos, bebidas y tabaco; *b*) textiles, prendas de vestir e industrias del cuero; *c*) industrias de la madera y productos de madera, y *d*) papel, productos del papel, imprentas y editoriales. Las actividades de alta tecnología son: *a*) sustancias químicas, derivados del petróleo y productos de caucho y plástico; *b*) productos de minerales no metálicos, exceptuando derivados del petróleo y carbón, y *c*) productos metálicos, maquinaria y equipo. Véase más información en el apéndice.

De esta manera, el análisis tiene consistencia y los puntos de referencia son comparables” (FCCYT, 2014, p. 54). En este estudio seguiremos dicho criterio.

En el siguiente apartado se procede primeramente a la estimación del modelo planteado mediante diferentes técnicas econométricas. Se espera que los coeficientes de las variables explicativas de la innovación regional, medida a través del *stock* acumulado de patentes, posean signo positivo, excepto en el caso del índice de baja tecnología. En segundo lugar, se realiza un análisis de las causas de las diferencias entre estados más y menos innovadores, esperando que los estados más exitosos sean los que más invierten y mejor capitalizan la inversión en educación e investigación y desarrollo.

RESULTADOS DEL ANÁLISIS EMPÍRICO

Factores que explican la innovación en los estados de México

El modelo planteado es altamente susceptible de presentar problemas de simultaneidad, esto es, doble causalidad entre la variable a explicar y las explicativas. Así, por ejemplo, la innovación, medida a través del *stock* acumulado de patentes, va a depender de la inversión en capital humano, pero, a su vez, esta dependerá del peso que tiene el sector innovador en la actividad económica. Cuanto más desarrollado esté, más incentivos habrá a invertir en educación superior, ya que se producirá una mayor demanda de trabajadores altamente cualificados. Esta doble causalidad es muy frecuente en los modelos de innovación y es susceptible de darse en el caso de varias de las variables explicativas contempladas en el modelo propuesto: años medios de estudio, gasto en educación, número de científicos o inversión en I+D.

Ante la presencia de doble causalidad, tendríamos que se rompe la hipótesis de independencia de los residuos y nos encontraríamos con endogeneidad dentro del modelo: $E(\varepsilon_i | X_i) \neq 0$. De modo que el empleo de técnicas de estimación basadas en la utilización de variables instrumentales nos permitiría obtener estimadores consistentes e insesgados. No obstante, si usáramos dichas técnicas sin existir endogeneidad, obtendríamos errores estándar muy elevados, y el estimador MCO tradicional resultaría más eficiente. Por lo tanto, en primer lugar, es imprescindible comprobar la presencia de endogeneidad en el modelo. Para ello, planteamos una prueba de endogeneidad de Hausman, con la hipótesis

nula de que las variables explicativas susceptibles de presentar problemas de doble causalidad son exógenas. Para llevar a cabo la prueba, empleamos dos estimaciones alternativas del modelo: 1) la estimación MCO y 2) la estimación por variables instrumentales mediante el método generalizado de momentos (MGM). En este segundo caso usamos los retardos de las variables años de escolaridad, gasto por alumno en educación superior, científicos e inversión pública en I+D como sus instrumentos. El resultado de la prueba, recogido en el cuadro 1, ($\chi^2_{(6)} = 6.24$) implica que aceptamos la hipótesis nula de exogenidad en las variables explicativas. Por ende, el estimador MCO resulta más eficiente que la estimación mediante variables instrumentales y MGM, y será el método de estimación utilizado.

Cuadro 1
Estimación de los factores de innovación en los estados de México
 (Variable dependiente: *stock* de patentes acumuladas por cada 100 000 habitantes)

	Estimador de la matriz de covarianzas	
	<i>Regresión MCO con errores estándar i.i.d.</i>	<i>Regresión MCO con errores estándar Driscoll y Kraay</i>
	(1)	(2)
Densidad de población	0.017*** (0.006)	0.017*** (0.002)
Índice de localización de baja tecnología	0.620 (0.917)	0.620 (0.715)
Índice de localización alta tecnología	1.973*** (0.516)	1.973*** (0.458)
Años de escolaridad promedio	1.159*** (0.194)	1.159*** (0.239)
Gasto por alumno en educación superior	0.044** (0.021)	0.044* (0.023)
Científicos	0.079* (0.043)	0.079** (0.036)
Inversión pública en I+D	0.258*** (0.031)	0.258*** (0.022)
Constante	-11.373*** (1.911)	-11.373*** (2.315)
Efectos fijos	Sí	Sí
Prueba de Hausman de efectos fijos robusto en datos de panel propuesto por Wooldridge (2010)	4.430	

Cuadro 1, continuación...

	Estimador de la matriz de covarianzas	
	<i>Regresión MCO con errores estándar i.i.d.</i>	<i>Regresión MCO con errores estándar Driscoll y Kraay</i>
	(1)	(2)
Prueba de Hausman de efectos fijos consistente ante dependencia espacial propuesto por Hoechle (2007)		266.390
Prueba de endogenidad de Hausman	6.240	
Prueba de la razón de verosimilitud	0.000	
Prueba de Woolridge de autocorrelación en datos de panel implementado por Drukker (2003)	36.909	
Autocorrelación de orden 1	0.978	
Autocorrelación de orden 2	0.938	
Autocorrelación de orden 3	0.884	
Autocorrelación de orden 4	0.816	
Autocorrelación de orden 5	0.745	
Autocorrelación de orden 6	0.670	
Prueba de dependencia en corte transversal propuesto por Pesaran (2004)		4.472
N	496	496
r ² <i>within</i>	0.661	0.661
r ² <i>between</i>	0.467	
r ² conjunto	0.501	

Nota: el cuadro ofrece las estimaciones de los coeficientes de la regresión del modelo 1, de acuerdo al panel de datos formado por 31 estados entre los años 1997 y 2012. Los errores estándar se encuentran entre paréntesis. Significatividad: (***) valor $p < 0.01$, (**) valor $p < 0.05$, (*) valor $p < 0.1$.

Fuente: elaboración propia sobre la base de los datos de la investigación.

La columna 1 del cuadro 1 presenta los resultados de la estimación del modelo MCO de efectos fijos bajo el supuesto de errores independientes e idénticamente distribuidos (i.i.d.). La conveniencia de plantear efectos fijos frente aleatorios se constata mediante la realización de una prueba de Hausman robusto en datos de panel (con un valor de 4.43, columna 1) y, en su caso, consistente ante dependencia espacial y temporal (con valor de 266.39, columna 2). Los valores de los estadísticos nos llevan a rechazar, a cualquier nivel estándar de significatividad, la hipótesis de que los coeficientes estimados para ambos modelos son

iguales. Por lo tanto, el estimador de efectos aleatorios resulta inconsistente y estimamos el modelo aceptando la presencia de efectos fijos.

Los resultados de la regresión confirman las hipótesis planteadas en relación con los signos de los coeficientes. Además, todas las variables, excepto el índice de localización de actividades de baja tecnología, resultan significativas, presentando, en general, significatividades muy elevadas.

A pesar de que el supuesto de errores i.i.d. es una condición *sine qua non* para que las estimaciones sean consistentes, dicha asunción es poco realista. Más en un panel con una estructura de datos como la que manejamos, que combina observaciones de corte transversal y serie temporal y, por tanto, donde los problemas de heterocedasticidad y correlación temporal en los residuos pueden ser particularmente pronunciados.

Así, efectivamente, la existencia de heterocedasticidad en los residuos queda constatada mediante la prueba de la razón de verosimilitud. El estadístico presenta un valor $\chi^2_{(30)} = 0.00$ que lleva a aceptar la presencia de heterocedasticidad a cualquier nivel estándar de significatividad. De otro lado, el valor altamente significativo del estadístico $F(1, 30) = 36.91$ de la prueba de autocorrelación en datos de panel indica la presencia de correlación serial.

Por ende, la presencia de heterocedasticidad y autocorrelación pone en evidencia que, en el caso de la estimación de la columna 1, los errores estándar obtenidos podrían estar sesgados, y no resultarían robustos. Driscoll y Kraay (1998) proponen una técnica de estimación que, más allá de ofrecer errores estándar robustos en presencia de heterocedasticidad y procesos de autocorrelación de tipo AR(1), facilita estimaciones robustas ante dependencia espacial y temporal de orden desconocido.¹⁶ Este parece ser el caso del panel elaborado, ya que:

1. Por un lado, existen muchos rasgos comunes a los distintos estados que llevan a que se dé correlación espacial entre las variables explicativas. Además, pueden existir muchos factores comunes a los estados que estén omitidos en el análisis, lo que causaría que la correlación se extienda a la parte no explicada por el modelo. La correlación espacial de los residuos queda demostrada mediante la prueba propuesta por Pesaran (2004) de dependencia en corte transversal, que arroja un valor de 4.47, lo que permite rechazar, a cualquier nivel estándar de significatividad, la hipótesis nula de que los residuos están incorrelados entre las unidades de corte transversal.

16 Hoechle (2007) desarrolla una rutina para facilitar este tipo de estimación con el software económico STATA.

2. Por otro lado, es fácil presuponer la existencia de fuerte dependencia temporal en las variables de innovación. Esta dependencia temporal se puede hacer extensiva a los residuos generados al estimar el modelo. La autocorrelación queda constatada para diferentes retardos (se han probado hasta seis) mediante las correspondientes pruebas de autocorrelación, que presentan correlaciones que van de 0.98 en el caso del primer retardo a 0.67 para el retardo de orden seis.

Por todo ello, la columna 2 ofrece las estimaciones con errores estándar Driscoll y Kraay, robustos ante la presencia de correlación espacial y temporal de orden desconocido. Los coeficientes presentan los mismos valores, si bien existen cambios evidentes en los errores estándar calculados, lo que corrobora que la inferencia estadística del modelo planteado depende de forma importante de la elección del estimador de la matriz de covarianzas y resulta robusta sólo en este segundo caso.

En síntesis, las estimaciones del cuadro 1 confirman las hipótesis formuladas en cuanto al signo y capacidad explicativa de las variables recogidas dentro de la función de producción de innovación. Un alto porcentaje de variación muestral del *stock* de patentes en los estados logra ser explicado por el modelo. El r-cuadrado promedio para cada una de los estados sería de 0.66 (entre estados de 0.47 y el conjunto de 0.50).

Causas de las diferencias en el dinamismo innovador de los estados

La sección anterior analiza los factores que contribuyen a explicar la innovación en los estados de México. Esta sección, irá un paso más allá y tratará de responder a la siguiente pregunta: ¿qué hace que ciertos estados sean más innovadores?

La denominada descomposición de Oaxaca-Blinder constituye una potente herramienta de análisis para dar respuesta a esta cuestión y entender cuáles son, en última instancia, los factores que más influyen en el éxito innovador. Fortin, Lemieux y Firpo (2011) explican exhaustivamente esta metodología que, en síntesis, permite analizar a qué se deben las diferencias en resultados alcanzados por dos grupos de individuos a través de dos componentes del modelo: una componente observada y una componente no observada. Para ello, se calculan sendas regresiones para cada grupo y se analiza qué proporción de la diferencia en resultados alcanzados se debe a la existencia de características observables diferentes entre ambos. La componente observada se calcula en función de las diferentes características propias de los individuos de cada grupo. La com-

ponente no observada tiene un carácter residual: estaría recogiendo toda aquella parte no explicada por el modelo planteado en función de las características grupales. Incluye la omisión de características relevantes no incorporadas al modelo y todos los elementos inobservables.

Así, tendremos que las diferencias grupales entre los resultados de dos grupos A y B, suponiendo que nos interesa observar estas diferencias para el grupo B eligiendo a A como grupo de referencia, se pueden descomponer en tres factores. El primer factor se corresponde con la que hemos denominado componente observada y el segundo y tercero forman la componente no observada:

1. La primera componente es el denominado efecto dotaciones, y recoge las diferencias debidas a las distintas características que tienen, en media, los individuos de cada grupo. Se calcula como la diferencia en resultados que se produciría en el grupo B si sus individuos tuvieran, en media, las mismas características que los individuos del grupo A.
2. La segunda componente recoge el efecto de las diferencias en los coeficientes, incluido el término independiente. Se calcula como la diferencia en resultados que se produciría en el grupo B si este grupo de individuos obtuviera los mismos coeficientes que los del grupo A. Así, tendríamos la diferencia entre cómo la estimación del modelo valoraría las dotaciones del grupo B, de acuerdo a cómo la valora para el grupo A, y cómo la estimación las valora realmente.
3. Finalmente, la tercera componente es un término de interacción que recoge el hecho de que las diferencias tanto en dotaciones como en coeficientes se dan simultáneamente entre los dos grupos.

Al objeto de aplicar la descomposición Oaxaca-Blinder, en primer lugar se procede a dividir la muestra en dos grupos:

1. Grupo +I. Agrupa a los estados más innovadores, definidos como aquellos que presentan un *stock* de patentes superior a la media (que se situó en 4.18 patentes por cada 100 000 habitantes durante el periodo de análisis). Un total de nueve estados pertenecen a este grupo: Aguascalientes, Baja California Sur, Coahuila, Colima, Jalisco, Estado de México, Morelos, Nuevo León y Querétaro.
2. Grupo -I. Agrupa a los estados menos innovadores, que se sitúan por debajo de la media. Un total de 22 estados pertenecen a este grupo: Baja California, Campeche, Chiapas, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán, y Zacatecas.

La diferencia (D) en el valor esperado en el *stock* de patentes para cada uno de los grupos se expresa como:

$$D = E(\text{Patentes}_{+I}) - E(\text{Patentes}_{-I}) =$$

$$\underbrace{\{E(X_{+I}) - E(X_{-I})\}'\beta_{-I}}_{\substack{\text{Efecto dotaciones} \\ \text{Componente observada}}} + \underbrace{E(X_{-I})' - (\beta_{+I} - \beta_{-I})}_{\text{Efecto coeficientes}} + \underbrace{\{E(X_{+I}) - E(X_{-I})\}'(\beta_{+I} - \beta_{-I})}_{\substack{\text{Efecto interacción} \\ \text{Componente no observada}}} \quad [2]$$

Siendo \mathbf{X} el vector de características observables, o dotaciones poseídas, que agrupa a las variables que explican la innovación y β el vector de coeficientes, que incluye un término independiente.

Es importante señalar que, lógicamente, la metodología de Oaxaca-Blinder adolecerá de los problemas derivados de los errores de especificación presentes en el modelo con el que se trabaja. Por este motivo, cuanto más eficiente sea el estimador empleado, más eficiente será la descomposición resultante. Por las razones esgrimidas en la sección anterior, el estimador utilizado será el propuesto por Driscoll y Kraay, calculado con efectos fijos.

El cuadro 2 muestra los resultados de la descomposición. El poder explicativo del modelo resulta, para ambos grupos, muy elevado: el *r*-cuadrado *within* es de 0.83 y 0.72 respectivamente. De la columna 1 se extrae que el valor predicho del *stock* de patentes para los estados más innovadores sería de 9.10 y para las menos innovadores de 2.16. Esto supone una diferencia de 6.94 patentes, altamente significativa. Esta diferencia queda descompuesta (columna 2) en el efecto dotaciones (2.16), coeficientes (3.82) e interacción (0.96). La parte de la diferencia que se debe a diferencias en factores de innovación, o efecto observable, supone el 31%, frente al 69% del efecto no observable.

Dentro de las diferencias en factores (columna 3), el elemento que más ayuda a explicar las diferencias de éxito en innovación es la variable años de escolaridad (5.06). De igual forma, la inversión pública en I+D (1.40) y el gasto en educación superior (0.44) aumentan las diferencias. Por lo tanto, estos factores favorecen el éxito de los estados más dinámicos. Por el contrario, la densidad (-3.16) y el número de científicos (-1.65) presentan signo negativo, esto es, son factores que contribuyen a reducir las diferencias entre estados. Los índices de localización aportan muy poco poder explicativo y no resultan significativos.

Cuadro 2
Descomposición Oaxaca-Blinder de las causas de las diferencias
entre estados mexicanos más y menos innovadores.
Estimador Driscoll y Kraay con efectos fijos

(Variable dependiente: *stock* de patentes acumuladas por cada 100 000 habitantes)

	<i>Diferencial</i>	<i>Descomposición</i>	<i>Dotaciones</i>	<i>Coefficientes</i>	<i>Interacción</i>
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Predicción estados más innovadores	9.100*** (0.686)				
Predicción estados menos innovadores	2.161*** (0.117)				
Diferencia	6.939*** (0.696)				
Dotaciones		2.163** (0.851)			
Coefficientes		3.818*** (1.002)			
Interacción		0.958 (1.084)			
Densidad			-3.161*** (0.659)	-5.899*** (1.198)	3.680*** (0.862)
Índice baja tecnología			0.055 (0.156)	-0.069 (3.984)	-0.002 (0.134)
Índice alta tecnología			0.012 (0.330)	-1.483 (0.976)	0.508 (0.343)
Años de escolaridad			5.064*** (0.535)	33.805*** (3.399)	-3.881*** (0.488)
Gasto por alumno en educación superior Científicos			0.440* (0.234)	2.985*** (1.110)	-0.517** (0.252)
Inversión pública I+D			-1.645*** (0.410)	-4.941*** (0.795)	2.799*** (0.557)
Constante			1.398*** (0.242)	2.476*** (0.297)	-1.628*** (0.278)
				-23.055*** (6.559)	
Observaciones entidades federativas más innovadoras					144
Observaciones entidades federativas menos innovadoras					352
Observaciones totales					496
r ² <i>within</i> entidades federativas más innovadoras					0.828
r ² <i>within</i> entidades federativas menos innovadoras					0.718

Nota: los errores estándar se encuentran entre paréntesis. Significatividad: (***) valor $p < 0.01$, (**) valor $p < 0.05$, (*) valor $p < 0.1$.

Fuente: elaboración propia sobre la base de los datos de la investigación.

En cuanto al uso de los factores (columna 4), el aprovechamiento que los estados más innovadores hacen del factor educativo (33.81) explica de forma muy importante por qué estos tienen mayor éxito innovador. Lo mismo ocurre con el aprovechamiento del gasto en educación superior (2.99) y la inversión pública en I+D (2.48). El signo negativo en el efecto coeficientes de la densidad (-5.90) y del número de científicos (-4.94) indicaría que los estados con menor dinamismo innovador saben sacar más provecho a estos dos factores, lo que reduciría las diferencias en *output* innovador.

Finalmente, en el efecto de interacción (columna 5) los años de escolaridad (-3.89), la inversión pública en I+D (-1.63) y el gasto en educación superior (-0.52) reducirían la brecha. La densidad (3.68) y el número de científicos (2.80) la aumentarían. Los coeficientes de los índices tecnológicos son, como en los efectos dotaciones y coeficientes, muy bajos y no resultan significativos.

En síntesis, la diferencia en términos de éxito innovador, medida a través del *stock* de patentes entre aquellos estados que resultan más y menos dinámicos se explica, fundamentalmente, por la diferencia en dotaciones y aprovechamiento en el factor capital humano, medido a través de los años de escolaridad promedio: los estados que más innovan tienen más dotaciones y saben sacarles mejor provecho. La inversión pública en I+D y el gasto en educación superior son factores que, tanto por dotaciones como por su aprovechamiento, también estarían contribuyendo a explicar el éxito de los estados más dinámicos. A pesar de que los estados con mayor éxito innovador también cuentan con mayor densidad y más científicos, estos factores no ayudan a aumentar las diferencias y su utilización juega a favor de los menos innovadores.

CONCLUSIONES

México ha registrado en los últimos años un crecimiento económico moderado, lejos del observado en periodos precedentes e inferior a la media de América Latina y el Caribe. Bajo la perspectiva de las teorías del crecimiento endógeno, la innovación es un instrumento indispensable para alcanzar un crecimiento significativo y sostenido del PIB; y ésta depende de las capacidades innovadoras de los territorios. A este respecto, las capacidades existentes en el país son reducidas en términos relativos y, además, la heterogeneidad de los estados es clara desde muchas perspectivas. Por ende, es complicado pensar que una política pública uniforme impulse la innovación en todas las regiones por igual; al contrario,

para potenciar el crecimiento del país, es recomendable conocer las particularidades regionales de la innovación. En este trabajo, a partir de un panel de datos balanceado con información de los 31 estados de México, durante el periodo 1997-2012, se identifican las causas de las diferencias entre estados con mayor y menor dinamismo innovador —es decir, entre el grupo de los que presentan un *stock* de patentes superior a la media y el de los que se sitúan por debajo—.

La discrepancia se explica, fundamentalmente, por la diferencia en dotaciones y aprovechamiento en el factor capital humano —medido a través de los años de escolaridad—. Nuestro trabajo corrobora que el nivel educativo general de la población es un factor de desarrollo esencial para la innovación. Además, introduce un nuevo elemento de reflexión. En un país donde el esfuerzo educativo de las últimas décadas se ha centrado en la expansión de la escolarización, especialmente a nivel de educación primaria, los resultados evidencian la importancia que tiene no sólo la cantidad de educación, sino también la calidad —entendida como el aprovechamiento de los recursos—, y especialmente en ámbitos formativos superiores. La inversión pública en I+D y el gasto en educación superior son factores que, tanto por dotaciones como por su aprovechamiento, también contribuyen a explicar el éxito de los estados más dinámicos. Estos resultados son coherentes con la literatura que resalta la importancia del capital humano en la actividad innovadora (Frantzen, 2000; Carlino, Chatterjee y Hunt, 2007; Ulku, 2007; Germán-Soto, Gutiérrez y Tovar, 2009; Teles y Joiozo, 2011; Germán-Soto y Gutiérrez, 2013).

En un segundo grupo de conclusiones tenemos que los estados que más patentan tienen mayor densidad de población y más científicos; sin embargo, estos factores no contribuyen a aumentar las diferencias con los menos innovadores y su utilización juega a favor de este segundo grupo de estados. En referencia a lo primero, de acuerdo con Germán-Soto y Gutiérrez (2013), la aglomeración, medida por la densidad de población, es una variable con gran influencia en la acumulación de patentes; con todo, a partir de los hallazgos aquí presentados, se puede matizar que no explica las diferencias entre las entidades federativas.

En relación con la cantidad de científicos, Germán-Soto y Gutiérrez (2012), a partir de sus resultados, afirman que el SNI es una buena estrategia del gobierno mexicano para dinamizar el patentamiento regional; no obstante, cabe precisar que el número relativo de investigadores que pertenecen al SNI, en cada Estado, tampoco es significativo a la hora de esclarecer las desigualdades en el nivel de patentamiento.

Respecto a la especialización de la economía, si bien Germán-Soto y Gutiérrez (2013) concluyen que el aumento del empleo en alta tecnología impacta positivamente en el nivel de patentes regional, nuestro análisis muestra que los índices de localización industrial aportan poco poder explicativo y no resultan significativos.

Las implicaciones de estas conclusiones, en términos de política pública, sugieren que es importante invertir en capital humano, tanto en escolaridad promedio como en calidad educativa. Además, se aporta evidencia a favor de la necesidad de incrementar la inversión pública en I+D, que si bien es elevada por el tamaño de la economía, es poco significativa en términos relativos al PIB y en comparación con economías desarrolladas. Para mejorar el impacto de la innovación en el crecimiento del país, las políticas públicas deberían definirse a partir de las particularidades regionales, buscando no sólo el incremento de los insumos disponibles en los sistemas estatales de innovación, sino un mejor aprovechamiento de estos y la disminución de la disparidad de recursos con los que estos cuentan.

Finalmente, hay que reconocer que la falta de crecimiento de la economía mexicana tiene causas multifactoriales, entre las que destaca la desigualdad extrema, la cual limita significativamente el crecimiento (Esquivel, 2015).¹⁷ En esta línea, Dutrénit, Moreno-Brid y Puchet (2014), en su análisis sobre crecimiento económico, innovación y desigualdad en América Latina (1990-2011), aportan evidencia empírica sobre la inexistencia de relación directa y unívoca entre el patrón de crecimiento, la innovación y el bienestar, afirmando que no es suficiente con crecer e innovar para que mejore el bienestar —medido en términos de PIB per cápita y de la disminución de la desigualdad—. Lo anterior reafirma la idea de que para mejorar el impacto de la innovación en el crecimiento y el bienestar, además del acompañamiento de medidas relacionadas con la distribución del ingreso, la definición de políticas debería considerar las particularidades regionales.

Entre las limitantes de este estudio, reconocemos las restricciones de las variables utilizadas para representar la realidad que pretenden medir, así como la existencia de dinámicas territoriales distintas a las que se reflejan en los estados, y que, entre otras razones, se derivan de las externalidades asociadas a las derramas de conocimiento provocadas por la I+D, así como de la ubicación

17 Cingano (2014) estima que, entre 1985 y 2005, el aumento de la desigualdad en México redujo el crecimiento del PIB en un monto acumulado superior al 10%.

de los estados en contextos socioeconómicos favorables. Por ello, en futuras investigaciones sería relevante explicar las diferencias en el desempeño innovador de regiones, distintas a las entidades federativas.

REFERENCIAS

- Aboites, J. y Soria, M. (1999). *Innovación, propiedad intelectual y estrategias tecnológicas. La experiencia de la economía mexicana*. México: Porrúa y Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco (UAM-X).
- Acs, Z., Anselin, L. y Varga, A. (2002). Patents and innovation counts as measures of regional production of new knowledge. *Research Policy*, 31(7), pp. 1069-1085.
- Aghion, P. y Howitt, P. (1998). *Endogenous growth theory*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Aghion, P. y Durlauf, S.N. (2009). *From Growth Theory to Policy Design, Commission on Growth and Development* [Working Paper no. 57]. International Bank for Reconstruction and Development y The World Bank, Washington, DC.
- Anselin, L., Varga, A. y Acs, Z. (1997). Local geographic spillovers between university research and high technology innovations. *Journal of Urban Economics*, 42(3), pp. 422-448.
- Audretsch, D.B. y Feldman, M.P. (1996). R&D spillovers and the geography of innovation and production. *American Economic Review*, 86(4), pp. 253-273.
- Audretsch, D.B. y Feldman, M.P. (2004). Knowledge spillovers and the geography of innovation. En: V. Henderson y J.F. Thisse (eds.), *Handbook of Regional and Urban Economics: Cities and Geography*, Vol. 4 (pp. 2713-2739). Amsterdam: Elsevier.
- Barro, R. y Sala-i-Martin, X. (2004). *Economic Growth*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Benhabib, J., Perla, J. y Tonetti, C. (2014). Catch-up and fall-back through innovation and imitation. *Journal of Economic Growth*, 19(1), pp. 1-35.
- Brenner, T. y Broekel, T. (2011). Methodological issues in measuring innovation performance of spatial unit. *Journal Industry and Innovation*, 18(1), pp. 7-37.
- Cabrer-Borrás, B. y Serrano-Domingo, G. (2007). Innovation and R&D spillover effects in Spanish regions: A spatial approach. *Research Policy*, 36(9), pp. 1357-1371.
- Carlino, G., Chatterjee, S. y Hunt, R. (2007). Urban density and the rate of invention. *Journal of Urban Economics*, 61(3), pp. 389-419.

- Cincera, M. (1997). Patents, R&D, and technological spillovers at the firm level: Some evidence from econometric count models for panel data. *Journal of Applied Econometrics*, 12(3), pp. 265-280.
- Cingano, F. (2014). *Trends in income inequality and its impact on economic growth* [OECD Social, Employment and Migration Working Papers no. 163]. OECD Publishing, París, Francia.
- Crepon, B. y Duguet, E. (1997). Estimating the innovation function from patent numbers: GMM on count panel data. *Journal of Applied Econometrics*, 12(3), pp. 243-263.
- Delgadillo, J. y Torres, F. (2011). *Estudios regionales en México: aproximaciones a las obras y sus autores*. México: Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM.
- Driscoll, J. y Kraay, A.C. (1998). Consistent covariance matrix estimation with spatially dependent data. *Review of Economics and Statistics*, 80(4), pp. 549-560.
- Drukker, D.M. (2003). Testing for serial correlation in linear panel-data models. *Stata Journal*, 3, pp. 168-177.
- Dutrénit, G., Moreno-Brid, J.C. y Puchet, M. (2014). Economic growth, innovation and inequality in Latin America: Improvements, setbacks and pending issues post-Washington Consensus. En: G. Dutrénit y J. Sutz (eds.), *National Innovation Systems, Social Inclusion and Development: The Latin American Experience* (pp. 304-348). Cheltenham: Edward Elgar.
- Esquivel, G. (2015). *Desigualdad extrema en México: Concentración del poder económico y político*. México: OXFAM México.
- Feldman, M. y Audretsch, D. (1999). Innovation in cities: Science-based diversity, specialization and localized competition. *European Economic Review*, 43(2), pp. 409-429.
- Feldman, M. y Florida, R. (1994). The geographic sources of innovation: Technological infrastructure and product innovation in the United States. *Annals of the Association of American Geographers*, 84(2), pp. 210-229.
- Fisher, M.M. y Vargas, A. (2003). Spatial knowledge spillovers and university research: Evidence from Austria. *The Annals of Regional Science*, 37(2), pp. 303-322.
- FCCyT (2014). *Ranking nacional de ciencia, tecnología e innovación. Capacidades y oportunidades de los sistemas estatales de CTI*. México: FCCyT. Disponible a través de: Foro Consultivo Científico y Tecnológico <foroconsultivo.org.mx/libros_editados/ranking_2013.pdf> [Consultado el 11/10/2015].
- Fortin, N., Lemieux, T. y Firpo, S. (2011). Decomposition methods in economics. En: O. Ashenfelter y D. Card (eds.), *Handbook of Labor Economics*, vol. 4 (pp. 1-102). Amsterdam: Elsevier.

- Frantzen, D. (2000). R&D, Human capital and international technology spillovers: A cross-country analysis. *Scandinavian Journal of Economics*, 102(1), pp. 57-75.
- Fritsch, M. y Franke, G. (2004). Innovation, regional knowledge spillovers and R&D cooperation. *Research Policy*, 33(2), pp. 245-255.
- Fritsch, M. y Slavtchev, V. (2011). Determinants of the efficiency of regional innovation systems. *Regional Studies*, 45(7), pp. 905-918.
- Furman, J.L., Porter, M.E. y Stern, S. (2002). The determinants of national innovative capacity. *Research Policy*, 31(6), pp. 899-933.
- Germán-Soto, V. (2014). *Population statistics by Mexican federal entity*. Disponible a través de: bepress <http://works.bepress.com/vicente_german_soto/54>.
- Germán-Soto, V., Gutiérrez, L. y Tovar, S. (2009). Factores de relevancia geográfica del proceso de innovación regional en México, 1994-2006. *Estudios Económicos*, 24(2), pp. 225-248.
- German-Soto, V. y Gutiérrez, L. (2010). Time series tests of structural change among innovation and trade liberalization in Mexico. *Journal of the Knowledge Economy*, 1(3), pp. 219-237.
- German-Soto, V. y Gutiérrez, L. (2011). Measurement of the agglomeration and the geographic concentration of the innovation across Mexican states. En: F. Vargas, A. Ivanova, G. Meijer y B. Burgos (eds.), *New Challenges, New Methodologies* (pp. 118-134). Hermosillo: Pearson Education.
- Germán-Soto, V. y Gutiérrez, L. (2012). A standardized coefficients model to analyze the regional patents activity: Evidence from the Mexican states. *Journal of Knowledge Economy*, 6(1), pp. 72-89.
- Germán-Soto, V. y Gutiérrez, L. (2013). Assessing some determinants of the regional patenting: An essay from the Mexican states. *Technology and Investment*, 4, pp. 1-9.
- Giménez, G. (2017). La inversión en tecnología. En: *Introducción al crecimiento económico y desarrollo* (pp. 147-190). Madrid: Ediciones Pirámide.
- Giménez, G., López-Pueyo, C. y Sanaú, J. (2015). Human capital measurement in OECD countries and its relation to economic growth and technological indicators. *Revista de Economía Mundial*, 39, pp. 77-107.
- Glaeser, E.L., Kallal, H.D., Scheinkman, J.A. y Shleifer, A. (1992). *Growth in cities* [NBER Working Papers no. 3787]. Disponible a través de: National Bureau of Economic Research <<http://www.nber.org/papers/w3787>>.
- Greenhalgh, C. y Rogers, M. (2010). The Measurement of Innovation, Productivity, and Growth. En: C. Greenhalgh y M. Rogers, 2010. *Innovation,*

- Intellectual Property, and Economic Growth* (pp. 57-84). Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Griliches, Z. (1979). Issues in assessing the contribution of reaeerch and development to productivity growth. *The Bell Journal of Economics*, 10(1), pp. 92-116.
- Griliches, Z. (1990). Patent statistics as economic indicator: A survey. *Journal of Economic Lireature*, 28, pp. 1661-1707.
- Griliches, Z. (1998). Patent satistics as economic indicators: A survey. En: Z. Griliches (ed.), *R&D and Productivity: The Econometric Evidence* (pp. 287-343). Chicago: University of Chicago Press.
- Grossman, G.M. y Helpman, E. (1991). *Innovation and Growth in the Global Economy*. Cambridge MA: The MIT Press.
- Gutiérrez, L., Germán-Soto, V. y Gallegos, D.A. (2014). A regional perspective of the innovation, the knowledge capital and the productivity in Mexico. *Equilibrio Económico, Revista de Economía, Política y Sociedad*, 10(2), pp. 203-232.
- Guzmán, A.G., López-Herrera, F. y Venegas-Martínez, F. (2012). Un análisis de cointegración entre patentes y crecimiento económico en México, 1980-2008. *Investigación Económica*, 71(281), pp. 83-115.
- Hatzichronoglou, T. (1997). *Revision of the high-technology sector and product classification* [OECD Science, Technology and Industry Working Papers no. 1997/02]. OECD Publishing, París, Francia.
- Helpman, E. (2004). *The Mystery of Economic Growth*. Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press.
- Hernández, S. y Díaz, E. (2007). La producción y el uso del conocimiento en México y su impacto en la innovación: análisis regional de las patentes solicitadas. *Análisis Económico*, 22(50), pp. 185-217.
- Hoechle, D. (2007). Robust standard errors for panel regressions with cross-sectional dependence. *Stata Journal, StataCorp LP*, 7(3), pp. 281-312.
- Jacobs, J. (1969). *The Economy of Cities*. Nueva York: Random House.
- Jaffe, A. (1986). Technological opportunity and spillovers of R&D: Evidence from firms' patents, profits and market value. *American Economic Review*, 76(5), pp. 984-999.
- Jaffe, A. (1989). Real effects of academic research. *The American Economic Review*, 79(5), pp. 957-970.
- Jaffe, A., Trajtenberg, M. y Henderson, R. (1993). Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations. *Quarterly Journal of Economics*, 108, pp. 576-598.

- Jalles, J.T. (2010). How to measure innovation? New evidence of the technology growth linkage. *Research in Economics*, 64(2), pp. 81-96.
- Jones, C. (2002). *Introduction to Economic Growth*. Nueva York: Norton.
- Jordaan, J. y Rodríguez-Oreggia, E. (2012). Regional growth in Mexico under trade liberalisation: How important are agglomeration and FDI? *Annals of Regional Science*, 48(1), pp. 179-202.
- Krugman, P.R. (1991). *Geography and Trade*. Cambridge: The MIT Press.
- Leydesdorff, L. y Fritsch, M. (2006). Measuring the knowledge base of regional innovation systems in Germany in terms of a Triple Helix dynamics. *Research Policy*, 35(10), pp. 1538-1553.
- López-Pueyo, C., Barcenilla, S. y Giménez, G. (2018). The two faces of human capital and their effect on technological progress, *Panoeconomicus*, On-Line-First, Issue 00. [en línea] Disponible en: <<https://doi.org/10.2298/PAN151002014L>>.
- Love, J.H., Roper, S. y Vahter, P. (2014). Dynamic complementarities in innovation strategies. *Research Policy*, 43(10), pp. 1774-1784.
- Lucas, R. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22, pp. 3-42.
- Messinis, G. y Ahmed, A.D. (2013). Cognitive skills, innovation and technology diffusion. *Economic Modelling*, 30(C), pp. 565-578.
- Mendoza, J.E., Torres, V.H. y Polanco, M. (2008). Desigualdad del crecimiento económico regional e innovación tecnológica en México. *Comercio Exterior*, 58(7), pp. 507-521.
- Moreno, R., Paci, R. y Usai, S. (2005). Geographical and sectoral clusters of innovation in Europe. *Annals of Regional Science*, 39(4), pp. 715-739.
- Ocegueda, J.M. (2015). Divergencias de tasas de crecimiento entre las economías estatales de México, 1993-2000. *Región y Sociedad*, 27(64), pp. 139-182.
- OECD (2014). *Latin American Economic Outlook 2015 Education, Skills and Innovation for Development*. París: OECD Publishing.
- Paci, R. y Usai, S. (2000). Technological enclaves and industrial districts. An analysis of the regional distribution of innovative activity in Europe. *Regional Studies*, 34(2), pp. 97-114.
- Patel, P. y Pavitt, K. (1995). Patterns of technological activity: Their measurement and interpretation. En: P. Stoneman (ed.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technical Change* (cap. 2, pp. 14-51), Oxford: Basil Blackwell.
- Pavitt, K. (1982). R&D, patenting and innovative activities: A statistical exploration. *Research Policy*, 11(1), pp. 33-51.

- Pavitt, K. (1985). Patent statistics as indicators of innovative activities: Possibilities and problems. *Scientometrics*, 7(1-2), pp. 77-89.
- Pesaran, M.H. (2004). *General diagnostic tests for cross section dependence in panels* [Cambridge Working Papers in Economics no. 0435]. University of Cambridge, Faculty of Economics, Cambridge, Reino Unido.
- Porter, M.E. (1990). *The Comparative Advantage of Nations*. Nueva York: Free Press.
- Raymond, W., Mairesse J., Mohnen, P. y Palm, F.C. (2013). *Dynamic models of R&D, innovation and productivity: Panel data evidence for Dutch and French manufacturing* [MERIT Working Papers no. 025]. United Nations University-Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology, Maastricht, Países Bajos.
- Ríos, H. y Marroquín, J. (2013). Innovación tecnológica como mecanismo para impulsar el crecimiento económico. Evidencia regional para México. *Contaduría y Administración*, 58(3), pp. 11-37.
- Rodríguez-Pose, A. y Villarreal, E.M. (2015). Innovation and regional growth in Mexico: 2000-2010. *Growth and Change*, 46(2), pp. 172-195.
- Romer, P.M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), pp. 1002-1037.
- Romer, P.M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98(5), pp. S71-S102.
- Roper, S. y Arvanitis, S. (2009). *From Knowledge to Added Value: A Comparative, Panel-data Analysis of the Innovation Value Chain in Irish and Swiss Manufacturing Firms*, [KOF Working Papers no. 09-244], KOF Swiss Economic Institute, ETH Zurich, Zurich, Suiza.
- Ruiz Durán, C. (2008). México: geografía económica de la innovación. *Comercio Exterior*, 58(11), pp. 756-768.
- Teles V.K. y Joiozo, E. (2011). Human capital and innovation: Evidence from panel cointegration tests. *Applied Economics Letters*, 18(17), pp. 1629-1632.
- Torres-Preciado, V.H., Polanco-Gaytán, M. y Tinoco-Zermeño, M.A. (2014). Technological innovation and regional economic growth in Mexico: A spatial perspective. *Annals of Regional Science*, 52(1), pp. 183-200.
- Ulku, H. (2004). *R&D, innovation, and economic growth: An empirical analysis* [IMF Working Paper no. 04/185]. International Monetary Fund, Washington, DC.
- Ulku, H. (2007). R&D, innovation and output: Evidence from OECD and non-OECD countries. *Applied Economics*, 39, pp. 291-307.
- Vandenbussche, J., Aghion, P. y Meghir, C. (2006). Growth, distance to frontier and composition of human capital. *Journal of Economic Growth*, 11(2), pp. 97-127.

- Venture Institute (2013). *Índice Nacional de Innovación 2013*. Disponible en: <<http://index.institute.vc/reporteINI.pdf>>. [Consultado el 14/10/2015].
- Wooldridge, J.M. (2010). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, 2ª edición. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Zachariadis, M. (2003). R&D, innovation, and technological progress: A test of the schumpeterian framework without scale effects. *Canadian Journal of Economics*, 36(3), pp. 566-686.

APÉNDICE

Definiciones, fuentes, estadísticos y matriz de correlaciones de las variables empleadas

Patentes: stock de patentes acumuladas por cada 100 000 habitantes. La información sobre patentes se obtuvo del Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual (IMPI) de acuerdo a sus informes anuales sobre la situación del país en este rubro. Los datos utilizados fueron los de solicitudes de patentes hechas anualmente por personas, grupos o empresas en cada Estado.

Densidad: densidad de población, medida como el número de habitantes por kilómetro cuadrado. En el caso de las estimaciones de 1997-2010 se utilizó la información de Germán-Soto (2014). Para el caso de 2011 y 2012 se emplearon las proyecciones que realiza el Consejo Nacional de Población (CONAPO), que a su vez se basan en los *Censos de Población y Vivienda* del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) de los años 1995, 2000, 2005 y 2010.

Índice baja tecnología e índice de alta tecnología: los coeficientes de localización industrial, uno de baja y otro de alta tecnología, se calcularon tomando en cuenta los trabajos de Hatzichronoglou (1997) y Fisher y Vargas (2003). Las actividades de baja tecnología fueron: *a)* alimentos, bebidas y tabaco; *b)* textiles, prendas de vestir e industrias del cuero; *c)* industrias de la madera y productos de madera, y *d)* papel, productos del papel, imprentas y editoriales. Las actividades de alta tecnología fueron: *a)* sustancias químicas, derivados del petróleo y productos de caucho y plástico; *b)* productos de minerales no metálicos, exceptuando derivados del petróleo y carbón, y *c)* productos metálicos, maquinaria y equipo. El cálculo se realizó de la siguiente forma:

$$LQ_i = \frac{Q_{mi} / Q_{ti}}{Q_{mn} / Q_{tn}}$$

donde LQ_i es el índice de localización de baja/alta tecnología; Q_{mi} es el PIB manufacturero baja/alta tecnología en región i ; Q_{ti} es el PIB total manufacturero en la región i ; Q_{mn} es el PIB manufacturero baja/alta tecnología nacional, y Q_{tn} es el PIB total manufacturero nacional. Un $LQ_i > 1$ significa que la región i se encuentra especializada/concentrada en la industria de baja/alta tecnología con respecto a la estructura a nivel nacional.

Años escolaridad: años de escolaridad promedio. La información se obtuvo de los *Censos de Población y Vivienda* publicados por el INEGI.

Gasto educación superior: gasto por alumno en educación superior, en miles de pesos constantes de 1993. La información sobre el subsidio y alumnos hasta 2006 se obtuvo del compendio realizado por el Seminario de Educación Superior de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Los datos a partir de 2007 se obtuvieron de la Secretaría de Educación Pública (SEP), así como de los anuarios estadísticos de licenciatura y posgrado de la Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Educación Superior (ANUIES).

Científicos: científicos que pertenecen al SNI por cada 100 000 habitantes. La información se calculó a partir de datos del CONACYT.

Inversión pública I+D: inversión pública en I+D en millones de pesos constantes de 2008 por cada 100 000 habitantes. Esta información se obtuvo del CONACYT con base en sus informes *Actividad por Estado* de 1997 al 2012.

Cuadro A1
Estadísticos de las variables

<i>Variable</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Observaciones</i>
Patentes acumuladas por 100 000 habitantes	4.175	4.562	0.080	30.830	496
Densidad de población	97.003	123.620	5.380	720.430	496
Índice de localización de baja tecnología	1.115	0.642	0.030	2.940	496
Índice de localización alta tecnología	0.983	0.726	0	2.800	496
Años de escolaridad promedio	7.913	0.993	5.100	10.100	496
Gasto por alumno en educación superior	15.896	8.253	3.340	74.930	496
Científicos	7.721	8.114	0.180	46.680	496
Inversión pública en I+D	3.157	4.714	0.040	43.534	496

Fuente: elaboración propia sobre la base de los datos de la investigación.

Cuadro A2
Correlaciones entre variables

	<i>Patentes acumuladas por cada 100 000 habitantes</i>	<i>Densidad de población</i>	<i>Índice de localización de baja tecnología</i>	<i>Índice de localización de alta tecnología</i>	<i>Años de escolaridad promedio</i>	<i>Gasto por alumno en educación superior</i>	<i>Científicos</i>	<i>Inversión pública en I+D</i>
Patentes acumuladas por 100 000 habitantes	1.000							
Densidad de población	0.225	1.000						
Índice de localización de baja tecnología	0.053	0.291	1.000					
Índice de localización alta tecnología	0.353	0.335	0.271	1.000				
Años de escolaridad promedio	0.574	0.137	-0.060	0.174	1.000			
Gasto por alumno en educación superior	0.327	-0.218	-0.135	-0.292	0.341	1.000		
Científicos	0.505	0.184	-0.139	-0.027	0.329	0.314	1.000	
Inversión pública en I+D	0.719	0.143	-0.053	0.078	0.321	0.290	0.696	1.000

Fuente: elaboración propia sobre la base de los datos de la investigación.