

Factores que estimulan la actividad de innovación en América Latina: un enfoque VECM

Factors which stimulate innovation activity in Latin America: a VECM approach

LUIS GUTIÉRREZ FLORES*
JONATHAN FLORES PÉREZ*

Abstract

This document presents the results of an inquiry studying the factors that stimulate innovation in Latin America during 2006-2017. Methodologically, the research is based on a vector error correction model (VECM) which estimates the value of long-term equilibrium between the variables. The results suggest the existence of a positive and significant relationship of equilibrium. It is concluded that in the countries of the region dominated by economic activities with low technological content, the absorption of enterprise technology is more important than spending on R+D at the company level.

Keywords: *innovation, vector error correction model, cointegration, Latin America*

Resumen

En este documento se exponen los resultados de una investigación que indagó en los factores que incentivan la actividad de innovación en América Latina durante 2006-2017. Metodológicamente, la investigación se apoya en un modelo de corrección de errores (VECM) que estima la relación de equilibrio de largo plazo entre las variables. Los resultados sugieren la existencia de una relación de equilibrio positiva y significativa. Se concluye que en los países de la región donde predominan actividades económicas con escaso contenido tecnológico es más importante la absorción de tecnología empresarial que el gasto en I+D a nivel empresa.

Palabras clave: innovación, vector de corrección de errores, cointegración, América Latina.

* Centro de Investigaciones Socioeconómicas de la Universidad Autónoma de Coahuila. correos-e: luis.gutierrez@uadec.edu.mx, jonathan.flores@uadec.edu.mx

Introducción

El proceso de innovación se ha convertido en una de las modalidades preferidas por los países como estrategia de crecimiento. En las últimas décadas, se ha posicionado en el centro de los temas relevantes de los investigadores de la ciencia económica, así como de los formuladores de políticas públicas de los gobiernos. A finales de los ochenta, con el surgimiento de la teoría del crecimiento endógeno, la innovación retomó un lugar importante al considerarse un elemento endógeno al sistema económico. Desde esa perspectiva, el progreso técnico se consideró quizá el elemento más importante para lograr mejores tasas de crecimiento y progreso de las naciones (Romer, 1986, 1990; Lucas, 1988; Barro y Sala-i-Martin, 1990; Aghion y Howitt, 1992; Freeman, 1993; Grossman y Helpman, 1994).

No obstante, actualmente existen diferencias tecnológicas importantes en las regiones del mundo, las cuales están relacionadas con las características propias del entorno en que se desenvuelven, por ello es importante examinar el contexto, las capacidades y las particularidades tecnológicas de dichas regiones, para entender los procesos de innovación, más aún de aquellas constituidas principalmente por países en vías de desarrollo, ya que la innovación científica y tecnológica es el mecanismo capaz de hacer que el crecimiento y el desarrollo económico de estos países se acelere, incluso podría sacarlos de la condición de subdesarrollo (Montoya, 2004).

En este estudio se analiza la región de América Latina, que posee una débil estructura de innovación para generar su propio progreso tecnológico. De acuerdo con datos del Banco Mundial, en 2015, la región apenas invertía 0.7% del Producto Interno Bruto (PIB) en investigación y desarrollo (I+D), muy por debajo del 2.8% de los Estados Unidos y del 2.5% de los miembros de la OCDE.

En el mismo año, cifras de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología indicaban que América Latina contaba con 4.7 doctorados por cada 100,000 habitantes mientras que España y Estados Unidos tenían 15 y 18, respectivamente. De la misma manera, en tanto que la región tenía en promedio 1.5 investigadores por cada 1,000 trabajadores de la población económicamente activa (PEA), España tenía 9.3 y Portugal 15.5.

Lo anterior evidencia el bajo desempeño en los esfuerzos de innovación en la región; la atención que se le da a la innovación en los sectores productivos con bajo contenido tecnológico es escasa en comparación con las actividades económicas con un nivel alto de tecnología (OCDE-Eurostat, 2005), sin embargo, fomentarla en sectores con escaso volumen tecnológico puede tener un impacto significativo en el crecimiento económico a causa del peso que representa en la economía total.

Esta investigación tiene como objetivo estudiar los factores que estimulan la actividad de innovación en los países de América Latina durante el periodo 2006-2017. Si bien los trabajos respecto a esta temática para la región son diversos, estos se han centrado en analizar un grupo reducido de países asociados a un acuerdo o tratado comercial y, aunque en ocasiones se han estudiado individualmente, es difícil encontrar un análisis empírico para la muestra que aquí se contempla.

Además de la propuesta de un modelo de corrección del error vectorial (VECM) que recoge la relación de equilibrio de las variables, una contribución adicional de esta investigación es la consideración de una muestra más completa que implica escudriñar en los determinantes de la innovación en 17 economías de la región.

Con este propósito se formula la siguiente hipótesis: En los países de América Latina, la apertura comercial, el gasto en I+D a nivel empresa, la capacidad de innovación, la formación en educación superior, la absorción de tecnología empresarial y la protección a la propiedad intelectual tienen una relación de equilibrio de largo plazo y, por lo tanto, inciden positiva y significativamente en el nivel de innovación de la región.

Adicionalmente, en los países de la región las empresas realizan una escasa inversión en I+D porque se dedican a actividades productivas con un bajo contenido tecnológico. Lo anterior se debe a que más de 80% de las empresas son fundamentalmente microempresas de menos de 10 empleados y una proporción superior a 75% pertenecen a sectores tradicionales y de baja tecnología (OEI, 2012).

Por esta razón, no sólo es fundamental examinar la relación que guardan las variables entre sí, también es importante diferenciar los elementos que estimulan el nivel de innovación en la región donde predominan las actividades productivas con escaso nivel de tecnología. La evidencia empírica muestra, que en los sectores de alta tecnología, el gasto en I+D desempeña un rol importante en las actividades de innovación, mientras que los sectores económicos con bajo contenido tecnológico podrían apoyarse más en la adopción del conocimiento y tecnología (Freeman, 1982; Freeman *et al.*, 1982; Freeman y Soete, 1987; Conte y Vivarelli, 2005; Tunzelmann von y Acha, 2005; Lambardí y Mora, 2014). Por lo tanto, la segunda hipótesis que se plantea en esta investigación sugiere que, en los países de América Latina, el impacto en la innovación de un aumento en la absorción de tecnología empresarial es superior al efecto que presenta el gasto en I+D a nivel empresa.

La estructura del documento es la siguiente: después de la introducción se presenta una revisión teórica sobre la innovación en el crecimiento; en la segunda sección se comentan algunos trabajos internacionales recientes sobre factores que incentivan la actividad de innovación, posteriormente se realiza

una breve contextualización de los niveles de innovación en América Latina; en la cuarta sección se expone el modelo teórico y empírico de estimación; el apartado cinco trata la base de datos y las estimaciones del modelo. Finalmente se presentan las conclusiones del trabajo.

1. Revisión teórica

La preocupación sobre lo que determina el valor de la producción de las naciones ha sido un tema central desde comienzos de la ciencia económica. Adam Smith (1776), en su obra *Una investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones*, reconoce al trabajo como fuente de toda riqueza, orientó su interés en los adelantos de la maquinaria y en la manera en que la división del trabajo podría incentivar las invenciones para facilitarlas. Así, el avance en el conocimiento tecnológico es resultado de la división del trabajo, porque los trabajadores son más propensos a descubrir nuevos métodos que les permitan realizar la actividad de forma más rápida y fácil cuando su mente se concentra en una sola actividad, que cuando reparten su trabajo en una serie de actividades.

A principios del siglo XX, la obra de Schumpeter (1934), *The theory of economic development*, sentó las bases del papel de la innovación en el crecimiento económico. El autor sostenía que sólo la innovación hace posible el aumento del valor agregado bruto nacional. En su análisis, partió de una economía en equilibrio que carecía de cambios, sin embargo, se presentaban “interrupciones de equilibrio” provenientes de la capacidad innovativa de los empresarios, lo que transformaba la situación estática en un proceso dinámico de desarrollo económico.

Posteriormente, el trabajo de Robert Solow (1956) ofreció una forma diferente a la de las investigaciones anteriores que explicaban el crecimiento económico. El aporte de Solow, también conocido como modelo exógeno del crecimiento, es en la actualidad el soporte de la escuela neoclásica del pensamiento económico. Desde esta perspectiva, el concepto económico de la innovación es interpretado como un elemento exógeno al sistema económico donde las decisiones de inversión en innovación son un elemento central, aunque determinado fuera del modelo. Así, el crecimiento de largo plazo es totalmente independiente de las decisiones de política económica, es decir, los hacedores de política poco pueden hacer para conseguir que el país alcance un mayor nivel de crecimiento de equilibrio a largo plazo.

No obstante, en la década de los noventa toman fuerza los trabajos de la teoría del crecimiento endógeno, donde el papel de la innovación retomó un lugar importante al considerarse un elemento endógeno al sistema

económico (Romer, 1986, 1990; Lucas, 1988; Aghion y Howitt, 1992). De esta forma, la incorporación de la tecnología en el proceso productivo es reconocida como uno de los principales medios para alcanzar adecuados niveles de crecimiento y desarrollo económico, pero también es un elemento determinante en las mejoras de los estándares de innovación (Germán-Soto y Gutiérrez, 2013).

Romer (1986) y Lucas (1988) fueron pioneros en la construcción de los modelos de crecimiento endógeno. A diferencia de los modelos neoclásicos de crecimiento exógeno, estas aportaciones aseguran que puede existir una tasa de crecimiento positiva del producto per cápita, aunque no exista una variable (progreso tecnológico) que crezca de manera exógena. En este contexto, Romer (1986) consideró al cambio tecnológico como endógeno y argumentó que el crecimiento económico de largo plazo es impulsado principalmente por la acumulación del conocimiento por parte de los agentes que maximizan sus beneficios. Sobre lo mismo, Lucas (1988) destacó el importante papel del capital humano como motor de crecimiento de los países haciendo notar las externalidades del capital humano como un bien de acumulación.

Bajo la misma línea, Romer (1990) resaltó la importancia de la inversión en investigación tecnológica como determinante del crecimiento a largo plazo. Señaló que el cambio tecnológico aporta el incentivo necesario para la acumulación continua de capital, por lo que en conjunto son responsables de gran parte del incremento de la productividad. Así, el cambio tecnológico surgiría de las acciones intencionales realizadas por las personas que responden a los incentivos del mercado.

Freeman (1993) afirmó que los países con un alto índice de competitividad son los que invierten en investigación y desarrollo en ciencias básicas y aplicadas, así como en equipos y formación de recursos humanos. Grossman y Helpman (1994) argumentaron que la innovación sostiene la acumulación de capital y el crecimiento; estos autores defendieron el valor del capital humano en el largo plazo, por lo que una economía con mayor mano de obra podría emprender más I+D generando una mayor tasa de productos innovadores. Otros trabajos que relacionan los efectos de las actividades privadas y universitarias de I+D sobre la innovación son los documentos seminales de Griliches (1979), Jaffe (1989) y recientemente el trabajo desarrollado por Fischer y Varga (2003).

Por lo tanto, en la nueva teoría,¹ el crecimiento económico no está fuera de la política económica, sino que más bien tiene efectos sobre el crecimiento de largo plazo porque brinda alternativas de desarrollo que

¹ La teoría del crecimiento endógeno también es conocida en la literatura como la nueva teoría del crecimiento.

se centran en la educación, la inversión nacional, el desarrollo de nuevas tecnologías para el mercado mundial y la investigación en ciencia aplicada, por lo que analizar los factores que estimulan la actividad de innovación se vuelve fundamental en la investigación económica.

2. Factores que estimulan la innovación. Una revisión de los estudios previos

Los trabajos más recientes dedicados al estudio de los determinantes de la innovación son muy diversos. Los resultados varían según el contexto, espacio geográfico y temporal del que son objeto, mientras algunos autores destacan la importancia del tamaño de las empresas, su nivel de conocimiento y el acceso a la tecnología externa para estimular el nivel de innovación (Crespi y Zúñiga, 2012; Crespi *et al.*, 2016 y Guzmán *et al.*, 2016), otros distinguen el papel del capital humano medido por el nivel de educación (Santander y Álvarez, 2008; Germán-Soto *et al.*, 2009; Crespi *et al.*, 2016).

Otros trabajos han examinado la relación de los derechos de propiedad y la innovación. Los resultados de este campo de análisis sugieren que las empresas se sienten motivadas a innovar cuando cuentan con una adecuada protección para sus invenciones, porque de esta forma aseguran el retorno de sus inversiones (Schneider, 2005; Allred y Park, 2007; Santander y Álvarez, 2008; Chen, 2008; Guzmán *et al.*, 2016). En algunos de estos trabajos se ha encontrado que el efecto de los derechos de propiedad sobre la innovación es menos significativo para los países en vías de desarrollo en comparación a los países desarrollados. Lo anterior sugiere que la innovación en los países subdesarrollados está más relacionada con la imitación o la adaptación de tecnologías (Santander y Álvarez, 2008).

Conte y Vivarelli (2005) realizaron un análisis empírico para analizar los determinantes de la innovación en productos y en procesos para el sector industrial italiano durante el periodo 1998-2000. Sus hallazgos muestran que la investigación y desarrollo están fuertemente ligados a la innovación en productos, mientras que la adquisición de nueva tecnología está más relacionada con la innovación en procesos. También se encontró evidencia de que las pequeñas empresas y firmas pertenecientes a sectores de baja tecnología dependen más de la adquisición de tecnologías externas y de acuerdos de cooperación; las empresas más grandes en sectores de alta tecnología dependen más de su propia investigación y desarrollo.

Con el mismo interés, Lambardi y Mora (2014) realizaron el análisis para las empresas manufactureras de Colombia, entre los resultados más

importantes concluyeron que, del total de las empresas, 27% invirtieron en innovación de productos mientras que 42% lo hizo en innovación de procesos. Los resultados son consistentes con el trabajo de Conte y Vivarelli (2005) ya que la evidencia muestra que en su mayoría las empresas colombianas cuentan con un bajo contenido tecnológico y, en general, es más importante la imitación tecnológica que los factores relacionados a la investigación y desarrollo.

Por otro lado, existen trabajos que relacionan positivamente la capacidad de innovación y la absorción de tecnología con la innovación. Bajo este contexto, Adler y Shenbar (1990) argumentan que esta capacidad es una habilidad para adaptarse a cambios tecnológicos inesperados con el desarrollo de nuevos productos. Además, entre mayor se la capacidad tecnológica de las empresas estarán en mejores condiciones de competir por medio de la innovación (Karagouni y Papadopoulos, 2007). Esta inquietud llevó a Ince *et al.* (2016) a proponer un modelo conceptual que demostrara los efectos de las capacidades de innovación tecnológica y de la capacidad absorción en la innovación, ellos concluyeron que estas tienen un impacto positivo en la innovación y, además, la capacidad de absorción tiene también un impacto positivo en las capacidades de innovación tecnológica.

En cuanto a la variable de apertura comercial, Santander y Álvarez (2008) realizaron un estudio para 60 países a través de un panel de datos que reunió indicadores de innovación. A partir de esta base se dividieron grupos de control y de tratamiento para naciones cerradas y abiertas al comercio internacional anterior al año 1965. Se compararon los *outputs* de indicadores de innovación para encontrar los efectos de la apertura comercial sobre la innovación; se encontró que existía un efecto positivo de la apertura comercial sobre el número promedio de patentes.

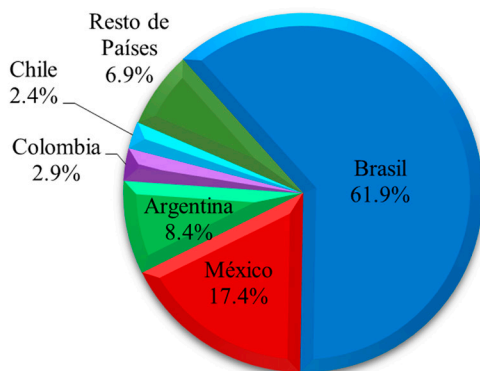
Esta hipótesis también se comprobó en el trabajo de Pérez-Hernández *et al.* (2018) en el que, a través de un panel de datos con efectos fijos, se examinaron los determinantes de la capacidad tecnológica para 17 economías de América Latina. Los principales resultados de esta investigación muestran que, entre otras variables, la apertura comercial es una de las que más influyen a la hora de analizar la capacidad tecnológica de estas economías. De esta manera, la perspectiva teórica del presente trabajo en cuanto a los factores que estimulan la actividad de innovación está sustentada en los modelos de crecimiento endógeno, así como en los trabajos empíricos que retoman los fundamentos de la nueva teoría del crecimiento a nivel regional, sobre todo en economías en vías de desarrollo.

3. Desempeño comparativo de la innovación en América Latina

En este apartado se presenta un panorama actual de la innovación en la región mediante dos tipos de indicadores: el primero mide los insumos necesarios para la innovación (gastos en I+D, número de doctorados y número de investigadores), mientras el segundo tipo tiene que ver con el conocimiento y resultados de la innovación (número de publicaciones científicas y centros de investigación).

El gasto en investigación y desarrollo (I+D) es uno de los principales factores que incentiva el crecimiento económico de los países. Las principales economías de la región que invierten en este rubro son Brasil, México, Argentina, Colombia y Chile (gráfica 1).

Gráfica 1
Participación en el gasto en I+D expresada como porcentaje del
gasto total en I+D en América Latina, 2015 (en millones de US\$
Paridad del poder adquisitivo)



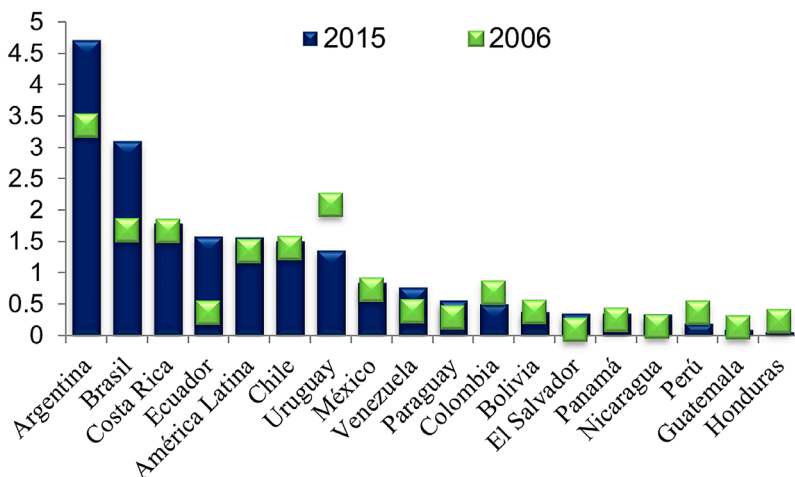
Fuente: Cálculos propios con información de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (Ricyt, 2018).

Básicamente, este grupo concentra 95% del gasto total en I+D de la región. En 2015, casi 62% de los gastos en I+D se realizaron en Brasil, la cifra más alta en América Latina. México se posiciona en el segundo peldaño con una representación de 17.4%, Argentina con 8%, Colombia y Chile con 2.9 y 2.4% respectivamente. Este patrón es muy similar en la región si analizamos la distribución porcentual del número total de doctorados en América Latina; en 2015 Brasil generó 62.6% de los doctores, seguido por México y Argentina con 19.5 y 8.0%, respectivamente. Los tres países concentran más de 90% de la producción de nuevos doctores en ciencias de la región.

La gráfica 2 muestra el número de investigadores por cada 1,000 integrantes de la fuerza laboral. En este ámbito, Argentina tiene la cifra más alta: 4.7 investigadores por cada 1,000 trabajadores, seguido de Brasil y Costa Rica: 3.1 y 1.7, respectivamente. Guatemala y Honduras muestran los números más bajos, pues en estos países la tasa es menor a 0.1. El avance en esta materia se observa sólo en algunos países como Argentina, Brasil y Ecuador, mientras otros se han quedado estancados o incluso han empeorado en los últimos diez años, es el caso de Uruguay, Colombia, Perú y Honduras.

La escasez de recursos humanos dedicados a la I+D tiene graves consecuencias en la producción científica de la región. Este indicador se analizó integrando el número de publicaciones obtenidas de dos bases de datos (Scopus y SCI) que engloban documentos, revistas y citas de literatura científica indizadas en todo el mundo.

Gráfica 2
Número de investigadores por cada 1,000 integrantes de la fuerza laboral en 2006 (o año más cercano disponible) y 2015 (o último año disponible)*

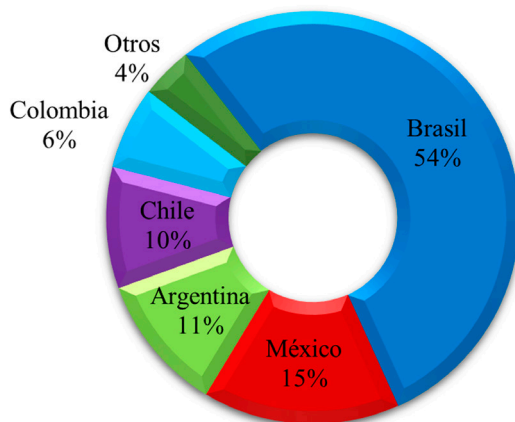


* Los datos disponibles más cercanos a 2006: Honduras, 2003; Nicaragua y Perú, 2004; Paraguay, 2005; Chile, 2007; Bolivia, 2009; México, 2010 y Colombia, 2013. Los datos disponibles más recientes son para Nicaragua, 2012; México y Panamá, 2013 y Brasil, Bolivia y Ecuador, 2014.

Fuente: elaboración propia con información de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (Ricyt, 2018).

La gráfica 3 muestra que en 2015, de la totalidad de la producción científica de la región, Brasil aportó 54%, le sigue México con una participación de 15%; Argentina con 11; Chile y Colombia con el 10 y 6%, respectivamente. De esta forma, 96% de la producción científica de América Latina se concentró sólo en cinco países: Brasil, México, Argentina, Colombia y Chile.

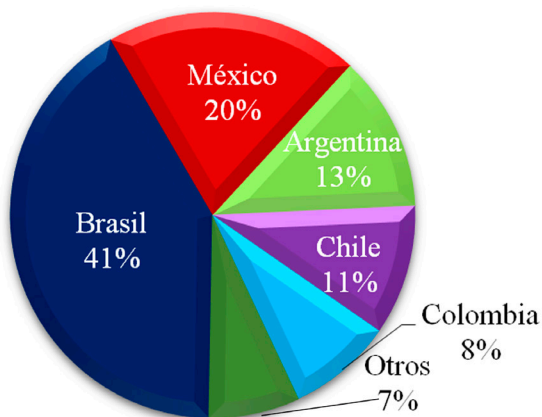
Gráfica 3
Distribución porcentual de la producción científica en Scopus y SCI, 2015



Fuente: elaboración propia con información de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (Ricyt, 2018)

Un indicador relacionado con la producción científica son los espacios físicos en donde se realiza la investigación. La base de datos de Scimago Institutions Rankings (2018) clasifica a las instituciones científicas que realizan al menos 100 documentos científicos en el lapso de un año indexados en la base de datos Scopus de Elsevier. En 2018 sumaron 5,632 instituciones en todo el mundo que son evaluadas según la producción científica, colaboración internacional, impacto, calidad y especialización. América Latina cuenta con 353 laboratorios: 41% en Brasil, esto es 143 laboratorios; le sigue México con 70 y una participación de 20%, Argentina con 43 y 13% participación. El resto de los países cuenta con muy pocos laboratorios científicos que cumplan con los estándares de dicha base de datos (gráfica 4).

Gráfica 4
América Latina: participación de laboratorios con más de 100 publicaciones científicas, 2018



Fuente: elaboración propia con información de la base de datos de Scimago Institutions Rankings, 2018.

4. El modelo teórico y empírico del VECM

4.1. Modelo teórico

El modelo de corrección del error vectorial (VECM) permite tratar con series de tiempo y relacionar el comportamiento de corto con el de largo plazo, también corrige problemas típicos de correlación serial y endogeneidad entre las variables explicativas. Este problema no es un asunto menor cuando se trata con regresiones, ya que las variables no estacionarias dentro de un modelo de regresión tienden a generar errores estándar sesgados e ineficientes, lo que significa que el criterio convencional utilizado para determinar si existe o no una relación causal entre las variables resulta ser no confiable.

El método VECM sugiere que primero se debe investigar la presencia de raíces unitarias, si las series contienen una raíz unitaria se deben transformar en estacionarias, hecho esto se llevan a cabo pruebas de cointegración, si las series están cointegradas los resultados del método VECM son válidos (Vial, 1991; Anchuelo, 1993; Rendón, 2003). En este trabajo se acudió a las pruebas de raíz unitaria de Levin *et al.* (2002), Im *et al.* (2003) y la prueba modificada de Fisher (F-ADF). En estas pruebas, la hipótesis nula es que las series del panel son integradas de orden 1, es decir, tienen

raíz unitaria y por lo tanto son no estacionarias, $I(1)$; la hipótesis alternativa sugiere que las series son estacionarias, $I(0)$.²

Previo a la construcción del VECM se realizan pruebas de cointegración. En la investigación se dispuso del contraste de cointegración de Engle y Granger (1987), que plantea una metodología uniecuacional realizada en dos etapas: 1) se estiman los errores de la ecuación y 2) se determina el orden de los errores estimados. El método asume a priori que existe un sólo vector de cointegración en el modelo. Debe asegurarse que las variables sean estacionarias en primeras diferencias, es decir, deben tener a lo más una raíz unitaria. Novales (2016) parte de un análisis simple con dos variables, donde se contrasta la cointegración mediante una regresión MCO de la forma:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + v_t, t=1,2,\dots,T \quad (1)$$

y se comprueba la estacionariedad de los residuos, como propusieron Engle y Granger (1987). Si los residuos de la regresión son estacionarios se dice que las variables y_t , x_t están cointegradas. Por tanto, el modelo MCO de la ecuación 1 se realiza con el único propósito de extraer la serie de los residuos, aplicarle las pruebas de raíz unitaria y determinar si existe cointegración entre las variables. Si están cointegradas, el siguiente paso es estimar los coeficientes mediante un VECM. Por otro lado, el Test de cointegración de Johansen (1988) confirma si las variables (N) están cointegradas cuando N es mayor que dos y, si lo están, permite detectar el número de ecuaciones de cointegración, es decir, considera la posibilidad de que las variables en estudio se relacionan en más de una forma posible en el largo plazo.

Una vez realizadas las pruebas de raíz unitaria y cointegración se estima el VECM, que corrige los posibles desequilibrios generados durante el proceso de evolución de las series. Siguiendo a Germán-Soto (2017) el modelo de corrección de errores se especifica como:

$$\Delta Y_t = \alpha EC_{t-1} + \Gamma_1 \Delta Y_{t-1} + \Gamma_2 \Delta Y_{t-2} + \dots + \Gamma_p \Delta Y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (2)$$

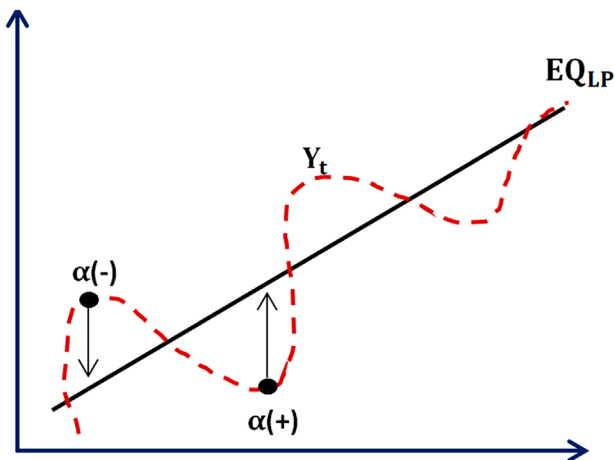
Donde ΔY_t es una matriz de variables potencialmente endógenas en primeras diferencias, Γ son matrices de parámetros de corto plazo, α es una matriz de parámetros de ajuste que refleja la dinámica de transición al equilibrio y $ECT_{t-1} = \beta Y_{t-1}$ es una matriz de términos de corrección del error en la que β a su vez es una matriz de parámetros de largo plazo que

² Solo se consideraron estas pruebas porque las demás llegan a resultados similares y no aportan información adicional.

captura las relaciones cointegrantes entre las variables. Por lo tanto, el VECM retiene la información sobre las relaciones a largo plazo entre las variables en niveles recogida en el término de corrección de errores a la vez que permite flexibilidad en la especificación de las relaciones a corto plazo recogidas mediante el resto de los parámetros.

En la figura 1 se muestra el concepto geométrico del coeficiente de corrección del error. La serie Y_t es de orden $I(1)$ y tiene una relación de equilibrio de largo plazo (EQ_{LP}); α mide la magnitud del desequilibrio. Los movimientos de corto plazo pueden estar por encima o por debajo del equilibrio de largo plazo (EQ_{LP}). Si éste se encuentra por arriba, el signo del coeficiente del VECM será negativo, puesto que debe bajar para recuperar el equilibrio, de lo contrario, cuando está por debajo, el signo del coeficiente será positivo, debido a que tenderá a subir para retomar el equilibrio de largo plazo.

Figura 1
Representación geométrica del coeficiente de corrección del error



Fuente: elaboración propia.

4.2. Especificación empírica del modelo

Para el ejercicio empírico se cuenta con información homogénea de 17 economías latinoamericanas seleccionadas por los siguientes aspectos: [1] la disponibilidad de información y [2] el aspecto geográfico. Solamente se tomó en cuenta a los países que se encuentran sobre territorio conti-

mental, por lo tanto, los países insulares (los que se limitan a una isla) quedan fuera del estudio.³ Los datos utilizados en el modelo contemplan una serie de tiempo que va del 2006 al 2017.

La variable dependiente en el modelo es el índice de innovación tomado de la Base de Datos Histórica del Foro Económico Mundial (2017). La información de las variables independientes se tomó de la misma fuente para evitar problemas de asimetrías en la medición de los datos (tabla 1).

La estimación del modelo VECM requiere determinar las variables endógenas y exógenas. Aunque se puede realizar un análisis formal de causalidad, en esta investigación se acudió a las relaciones teóricas y a ensayos con modelos VAR para distinguir las variables endógenas y exógenas.⁴ Las pruebas estadísticas pueden detectar la correlación entre distintas variables, sin embargo no pueden establecer la causalidad entre ellas. En palabras simples, no se puede inferir causalidad sobre la base de una correlación empírica, sino que se debe siempre ir más allá de las manipulaciones matemáticas y buscar una explicación o teoría aceptable que conecte convincentemente las variables involucradas.

Una variable endógena es aquella en la que es posible estimar su probabilidad de ocurrencia o tener control sobre esta. De esta forma se seleccionó a la innovación, al gasto en I+D y a la capacidad de innovación, además de poseer una relación causal entre ellas. Esto lo podemos analizar mediante la combinación de las variables, por ejemplo, es posible que el índice de innovación sea mayor si se incrementa el gasto en I+D y la capacidad de innovación, también ocurre lo contrario, es decir, es probable que ante una disminución en las últimas dos variables, el índice de innovación se vea reducido.

Como variables exógenas se seleccionó a la apertura comercial, la formación en educación superior, la absorción de tecnología empresarial y la protección a la propiedad intelectual. Lo anterior porque éstas no tienen una relación causal con el índice de innovación, ya que un incremento del índice no necesariamente implica el aumento de las variables exógenas y viceversa. Además, los ensayos con modelos VAR realizados en este trabajo modificando las posibles variables endógenas no mejoraron el ajuste obtenido con el modelo seleccionado, lo que llevó a la determinación de la siguiente forma empírica del modelo VECM:

³ Los 17 países considerados en este estudio son Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela.

⁴ Se llevaron a cabo las pruebas de causalidad correspondientes, pero no fueron concluyentes para identificar las variables endógenas y exógenas, por lo que se prefirió acudir a razones teóricas y a estimaciones desde modelos VAR.

Tabla 1
Variables explicativas utilizadas en el modelo

<i>Variable</i>	<i>Definición</i>	<i>Estudios previos</i>	<i>Nomenclatura</i>	<i>Fuente</i>
Apertura comercial	Grado de apertura comercial	Santander y Álvarez (2008); Pérez-Hernández <i>et al.</i> (2018)	APER	Foro Económico Mundial
Gasto en I+D	Nivel de gasto en investigación y desarrollo a nivel empresa.	Romer (1990); Freeman (1993); Grossman y Helpman (1994); Pérez-Hernández <i>et al.</i> (2018)	GASTOID	Foro Económico Mundial
Capacidad de innovación	Facilidad con la que una economía realiza actividades de innovación	Adler y Shenbar (1990); Karagouni y Papadopoulos (2007); Ince <i>et al.</i> (2016)	CAPINNO	Foro Económico Mundial
Educación superior	Nivel de formación en la educación superior de un país	Griliches (1979); Jaffe (1989); Fischer y Varga (2003); Santander y Álvarez (2008); Germán-Soto <i>et al.</i> (2009); Crespi <i>et al.</i> (2016)	EDUSUP	Foro Económico Mundial
Absorción de tecnología	Grado de absorción de tecnología a nivel empresa	Conte y Vivarelli (2005); Guzmán <i>et al.</i> (2016); Ince <i>et al.</i> (2016)	ABSTEC	Foro Económico Mundial
Protección a la propiedad intelectual	Capacidad de proteger los bienes de propiedad intelectual	Schneider (2005); Allred y Park (2007); Santander y Álvarez (2008); Chen (2008) y Guzmán <i>et al.</i> (2016)	PROPINTEL	Foro Económico Mundial

Fuente: elaboración propia con base en la revisión de la literatura.

$$\Delta Y_t = \left[\begin{array}{c} \Delta \text{APER}, \Delta \text{GASTOID}, \Delta \text{CAPINNO}, \\ \Delta \text{EDUSUP}, \Delta \text{ABSTEC}, \Delta \text{PROPINTEL} \end{array} \right] \quad (3)$$

5. Resultados

5.1. Análisis exploratorio

En el cuadro 1 se presentan las estadísticas básicas del modelo. Un análisis básico es la observación de los valores medios de las variables. La base de datos del Foro Económico Mundial (2017) considera una escala del 1 al 7 para indicar el grado de calificación en los diferentes indicadores; los resultados muestran el bajo desempeño de los países de América Latina y la falta de progreso de la región para cerrar las brechas con los grandes líderes mundiales, los que rebasan por mucho en calificación los mismos indicadores.

La matriz de correlaciones parciales brinda una primera aproximación a la relación entre la innovación y sus determinantes. En el cuadro 1 se observa que todas las variables explicativas se correlacionan positivamente con la innovación, es el gasto en I+D la variable de mayor importancia al tener un valor de 0.90, a ésta le sigue la protección a la propiedad intelectual,

Cuadro 1
Estadísticas descriptivas de la base de datos

	<i>Innovación</i>	<i>Apertura</i>	<i>Gasto I+D</i>	<i>Capacidad de innovación</i>	<i>Educación superior</i>	<i>Absorción de tecnología</i>	<i>Propiedad intelectual</i>
Media	2.98	4.32	2.96	3.26	3.94	4.47	3.22
Valor máximo	3.78	6.10	3.97	4.53	5.25	5.61	4.85
Valor mínimo	2.06	2.75	2.09	2.18	2.78	3.04	1.63
Desv. estándar	0.40	0.77	0.42	0.58	0.56	0.53	0.73
Asimetría	-0.14	0.28	0.28	0.21	0.14	-0.12	-0.05
Curtosis	2.18	2.43	2.70	2.12	2.35	2.60	2.44
<i>Correlaciones parciales</i>							
Innovación	1						
Apertura	0.40	1					
Gasto I+D	0.90	0.30	1				
Capacidad de innovación	0.72	0.30	0.67	1			

Cuadro 1 (continuación)

	<i>Innovación</i>	<i>Apertura</i>	<i>Gasto I+D</i>	<i>Capacidad de innovación</i>	<i>Educación superior</i>	<i>Absorción de tecnología</i>	<i>Propiedad intelectual</i>
Educación superior	0.71	0.51	0.50	0.51	1		
Absorción de tecnología	0.74	0.31	0.70	0.41	0.45	1	
Propiedad intelectual	0.76	0.09	0.61	0.67	0.48	0.55	1

Fuente: elaboración en Eviews (IHS Markit, 2018).

la absorción de tecnología empresarial y la capacidad de innovación con 0.75, 0.74 y 0.71, respectivamente. La formación en educación superior tiene un coeficiente de correlación de 0.70 y la apertura comercial 0.398.

Hasta ahora no se han establecido claramente cuáles son los determinantes o los factores específicos que estimulan la actividad de innovación en los países. Sin embargo, la relación positiva de estas variables con la innovación ha sido ya analizada en algunas aplicaciones empíricas para la región (Schneider, 2005; Conte y Vivarelli, 2005; Santander y Álvarez, 2008; Crespi y Zúñiga, 2012; Guzmán *et al.*, 2016 y Pérez-Hernández *et al.*, 2018).

5.2. Pruebas de raíz unitaria y cointegración

Los cuadros 2 y 3 reportan los resultados de las pruebas de raíz unitaria de panel. El cuadro 2 es para las variables en niveles, mientras que el cuadro 3 para las variables en primeras diferencias. Las pruebas se estimaron con un proceso generador de datos que incluye intercepto y tendencia. Ensayos adicionales, que incluyeron sólo tendencia o ausencia de ambos, presentaron resultados muy similares. En la sección 4.1 se consideró que la hipótesis nula sugiere que la serie contiene una raíz unitaria (no es estacionaria). El criterio de decisión se basa en el valor de la probabilidad; cuando es mayor a 95% de confianza (mayor a 0.05) se advierte que la serie tiene al menos una raíz unitaria, de lo contrario la serie es estacionaria (p-valor menor al 0.05).

En el cuadro 2 se observa que la innovación, la apertura comercial y el gasto en I+D a nivel empresa muestran probabilidades que rechazan la hipótesis nula y por lo tanto no tienen una raíz unitaria. El resto de las variables (capacidad de innovación, formación en educación superior, absorción de tecnología empresarial y la protección a la propiedad intelectual) son no

Cuadro 2
Raíces unitarias de panel (en niveles)

<i>Método / Variables</i>	<i>Innovación</i>	<i>Apertura</i>	<i>Gasto I+D</i>	<i>Capacidad de innovación</i>	<i>Educación superior</i>	<i>Absorción de tecnología</i>	<i>Propiedad intelectual</i>
Levin <i>et al.</i> (2002)	-6.521 (0.000)	-24.679 (0.000)	-6.628 (0.000)	-7.710 (0.000)	-3.474 (0.000)	-6.123 (0.000)	-7.220 (0.000)
Im <i>et al.</i> (2003)	-2.713 (0.003)	-10.046 (0.000)	-2.459 (0.007)	-1.473 (0.070)	-0.462 (0.322)	-0.346 (0.364)	-0.802 (0.211)
ADF - Fisher	60.105 (0.003)	139.024 (0.000)	57.913 (0.006)	47.448 (0.063)	39.309 (0.244)	42.589 (0.148)	40.941 (0.192)

Nota: entre paréntesis se presentan las probabilidades (P-value). Fuente: elaboración propia.

Cuadro 3
Raíces unitarias de panel (en primeras diferencias)

<i>Método / Variables</i>	<i>Innovación</i>	<i>Apertura</i>	<i>Gasto I+D</i>	<i>Capacidad de innovación</i>	<i>Educación superior</i>	<i>Absorción de tecnología</i>	<i>Propiedad intelectual</i>
Levin <i>et al.</i> (2002)	-8.455 (0.000)	-11.036 (0.000)	-7.416 (0.000)	-4.465 (0.000)	-5.416 (0.000)	-10.135 (0.000)	-6.282 (0.000)
Im <i>et al.</i> (2003)	-2.691 (0.003)	-2.190 (0.014)	-1.679 (0.046)	-0.026 (0.489)	-1.108 (0.133)	-2.016 (0.021)	-1.425 (0.007)
ADF - Fisher	79.308 (0.000)	68.887 (0.000)	60.320 (0.003)	38.6116 (0.000)	59.558 (0.004)	67.507 (0.000)	59.558 (0.004)

Nota: entre paréntesis se presentan las probabilidades (P-value). Fuente: elaboración propia.

estacionarias, dado que su valor de probabilidad no permite rechazar la hipótesis nula de que al menos contienen una raíz unitaria.

Al identificar las series no estacionarias se aplicaron las pruebas con primeras diferencias. Con esta transformación los resultados rechazan la hipótesis nula de no estacionariedad, esto se puede observar en el cuadro 3. Si la serie es diferenciada una vez y se convierte en estacionaria se dice que es integrada de orden uno y se representa como $I(1)$. La aclaración es fundamental, dado que para que los resultados del VECM sean válidos es necesario que las variables tengan el mismo orden de integración. Las variables utilizadas en el modelo son integradas de orden uno $I(1)$.

Como se especificó en la sección 4.1, la prueba de cointegración de Engle-Granger consiste en realizar una regresión por mínimos cuadrados ordinarios con la única finalidad de obtener la serie de los residuos y aplicarle las pruebas formales de raíz unitaria. Los resultados que se presentan en el cuadro 4 muestran que los residuos son estacionarios en niveles lo que sugiere la cointegración de las variables, es decir tienen una relación de equilibrio de largo plazo.

Cuadro 4
Pruebas de raíces unitarias para los residuales
del MCO de Engle-Granger

<i>Método</i>	<i>Residuos del modelo</i>
Levin <i>et al.</i> (2002)	-10.246 (0.000)
Im <i>et al.</i> (2003)	-5.523 (0.000)
ADF-Fisher	96.021 (0.000)
Phillips-Perron	117.596 (0.000)

Nota: entre paréntesis se presentan las probabilidades (p-valor).
Fuente: elaboración propia.

Debido a que la prueba de cointegración de Engle-Granger supone un sólo vector de cointegración es importante tener en cuenta que podría haber más de un vector cointegrante en el modelo. Con esta finalidad se realizó el test de cointegración de Johansen, que consiste en determinar el número de vectores de cointegración (en términos económicos el número de relaciones de equilibrio de largo plazo).

Los resultados para la prueba traza con cuatro rezagos se muestran en el cuadro 5. La primera hipótesis nula de que no existe ninguna ecuación cointegrante se rechaza con un nivel de confiabilidad de 95 y 99%. Esto implica realizar la prueba con la segunda hipótesis nula que sostiene que existe máximo un vector de cointegración. De la misma forma, el resultado de esta prueba indica un rechazo de la hipótesis nula para los cuatro rezagos a 90, 95 y 99% de confiabilidad.

Por lo anterior, se formalizó la tercera hipótesis nula, que argumenta que existen máximo dos vectores de cointegración. En el cuadro 5 se muestra que los valores de la prueba traza y el respectivo p-valor no logran rechazar la última hipótesis nula, por lo tanto para el modelo de corrección de error vectorial se espera contar máximo con dos ecuaciones cointegrantes. Esto es, dos relaciones de equilibrio de largo plazo.

Cuadro 5
Pruebas de cointegración de Johansen

Relaciones cointegrantes	(1 rezago)		(2 rezago)		(3 rezago)		(4 rezago)	
	Prueba traza	P-valor	Prueba traza	P-valor	Prueba traza	P-valor	Prueba traza	P-valor
Ninguna	52.84***	0.0000	34.66*	0.0127	39.06***	0.0032	32.83**	0.0216
A lo más 1	22.10***	0.0044	15.56**	0.0488	17.05**	0.0289	14.10*	0.0800
A lo más 2	2.73	0.0982	1.88	0.1693	1.35	0.2448	0.98	0.3210

Nota: ***, ** y * indican rechazo de la hipótesis nula a 1%, 5% y 10%, respectivamente.

Fuente: elaboración propia.

5.3. Estimaciones y resultados del VECM

La construcción del VECM implica la selección de las variables que podrían causar endogeneidad; posteriormente, por sí misma, la metodología las presenta como variables dependientes en el modelo. En la sección 4.2 se mencionó que además de acudir a las relaciones teóricas para distinguir a las variables endógenas también se realizaron ensayos con modelos VAR. De esta forma, los resultados del VECM que se observan en el cuadro 6 muestran tres variables dependientes, mismas que fueron seleccionadas como endógenas (nivel de innovación, gasto en I+D y capacidad de innovación).

Las ecuaciones estimadas del cuadro 6 recogen la conducta de largo plazo entre las variables endógenas junto a su ajuste dinámico de corto plazo, así el VECM capta los desequilibrios de corto plazo y los corrige. Estos desequilibrios se observan mediante las ecuaciones cointegrantes. Si las ecuaciones son estadísticamente significativas, el coeficiente del error de equilibrio se

ajusta gradualmente a través de una serie de ajustes parciales de corto plazo. De lo contrario no habría desequilibrios y por lo tanto ajustes de corto plazo que considerar, lo que equivale al equilibrio de largo plazo (Germán-Soto, 2017).

De acuerdo con los resultados del cuadro 6, la primera ecuación cointegrante $\ln(\text{Innovación})$ es estadísticamente significativa a 1% por lo que existe una relación positiva y significativa entre el índice de innovación y el gasto en I+D. Esta ecuación es el vector de corrección del error y muestra el desequilibrio de corto plazo y cómo es su movimiento. El coeficiente (-0.161) indica que la divergencia total de la relación de largo plazo, alrededor de 16.1% se corrige en el lapso de un año (la información de los datos es anual). Debido a que el error de corrección es negativo, se argumenta que el índice de innovación estaba por arriba de su valor de equilibrio porque comienza a disminuir en el periodo siguiente para corregir el desequilibrio. Al observar la segunda ecuación cointegrante referente al gasto en I+D se estima un valor negativo y significativo del error de corrección de corto plazo de -0.066, lo que indica que evoluciona por encima de su valor de equilibrio y tiende a corregirse de manera muy lenta, es decir 6.6% en el lapso de un año.

Cuadro 6
Resultados de estimación del modelo VECM

Regresores	Variable dependiente					
	$\ln(\text{Innovación})$		$\ln(\text{Gasto I+D})$		$\ln(\text{Capacidad de innovación})$	
	Coefficiente	t-value	Coefficiente	t-value	Coefficiente	t-value
Constante	-0.205	(-3.999)**	-0.254	(-3.546)*	-0.073	(-0.843)
$\ln(\text{Aper. Comercial})$	0.067	(2.680)**	0.062	(1.771)**	0.008	(0.188)
$\ln(\text{Gasto I+D})_{t-1}$	0.258	(2.788)**	0.318	(2.450)**	0.377	(2.389)**
$\ln(\text{Cap de inno})_{t-1}$	0.088	(1.980)**	0.220	(3.543)**	-0.021	(-0.281)
$\ln(\text{Form_Edu_Sup})_{t-1}$	0.361	(3.996)**	0.437	(3.455)**	0.498	(3.243)**
$\ln(\text{Asbtec_NE})_{t-1}$	0.302	(2.692)**	0.301	(1.919)	-0.150	(-0.789)
$\ln(\text{Propintel})_{t-1}$	0.094	(4.454)**	0.139	(4.688)***	0.053	(1.473)
$u_{t-1}(\text{EC1})$	-0.161	(-5.048)***	-0.224	(-5.011)**	-0.004	(-0.074)
$u_{t-1}(\text{EC2})$	-0.066	(-4.010)***	-0.106	(-4.583)**	-0.177	(-6.304)**
Schwarz: -9.326	$R^2 = 0.41$		$R^2 = 0.40$		$R^2 = 0.51$	
Ecuación cointegrante 1:	$\text{EC1} = \ln(\text{Innovación}) - 1.89 \ln(\text{Cap de inno}) - 1.03$					
Ecuación cointegrante 2:	$\text{EC2} = \ln(\text{Gasto I+D}) 4.56 \ln(\text{Cap de inno}) - 1.21$					

Notas: ***, ** y * denotan el nivel de significancia al 1%, 5% y 10% respectivamente.

Fuente: elaboración propia

La apertura comercial es altamente significativa, además se relaciona positivamente con el nivel de innovación. Una economía más abierta al comercio externo tiene la capacidad de realizar más innovaciones facilitadas por la importación de tecnología originada en los países más desarrollados. Por lo que este resultado podría indicar que en los últimos años la apertura comercial ha sido importante en los países de América Latina para estimular las actividades de innovación (Santander y Álvarez, 2008 y Pérez-Hernández *et al.*, 2018). Sin embargo, debe entenderse que por sí misma no tendría el mismo impacto que si fuera acompañada de otras medidas que incentiven dichas actividades en los países de la región.

Esta percepción se apoya con el valor rezagado de los coeficientes estimados del Gasto en I+D a nivel empresa, la capacidad de innovación, la formación en educación superior, la absorción de tecnología empresarial y la protección a la propiedad intelectual que estiman un coeficiente positivo y altamente significativo. Lo anterior parece indicar que el nivel de innovación actual se ve afectado por el comportamiento de estas variables en el periodo anterior.

En la ecuación $\ln(\text{Gasto I+D})$ se estiman correcciones del error de equilibrio en la misma dirección; tanto la innovación como el gasto en I+D se encuentran por arriba del valor de equilibrio (dado que los coeficientes son negativos) corrigiéndose en un año alrededor de 22.4 y 10.6%, respectivamente. En esta ecuación es importante analizar el coeficiente positivo del valor rezagado del gasto en I+D, en este sentido, una vez que se incrementa el gasto en I+D en la región es altamente probable que se siga incrementando este indicador en los años posteriores. Lo mismo ocurre con incrementos en la capacidad de innovación, la formación de educación superior y la protección a la propiedad intelectual.

Finalmente, la ecuación $\ln(\text{capacidad de innovación})$ muestra una relación de equilibrio de largo plazo en el que el gasto en I+D está por encima de su nivel de equilibrio y su ajuste de corto plazo se realiza de manera más rápida, es decir, en 17.7% en el plazo de un año.

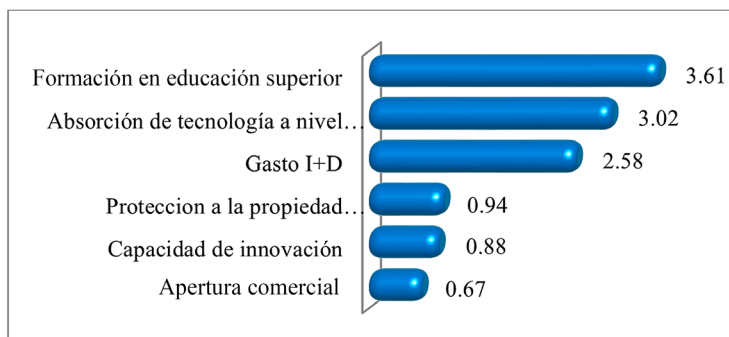
Por otro lado, la segunda hipótesis de la investigación se enfoca en averiguar la magnitud del impacto de las variables explicativas en la innovación. La hipótesis sugiere que el grado de impacto de la absorción de tecnología empresarial es mayor que el impacto que genera el gasto en I+D. Los resultados del cuadro 6 permiten comprobar esta hipótesis dado que se observa un coeficiente mayor de la absorción de tecnología empresarial (0.302) frente a un coeficiente de 0.258 en la variable gasto en I+D a nivel empresa.

En su mayoría, las empresas latinoamericanas realizan actividades económicas con un bajo contenido tecnológico, por lo que este resultado es afín con los hallazgos en la evidencia empírica, los cuales prueban que

los sectores económicos con bajo contenido tecnológico podrían apoyarse más en la adopción del conocimiento y tecnología que en el gasto en I+D (Freeman, 1982; Freeman *et al.*, 1982; Freeman y Soete, 1987; Conte y Vivarelli, 2005; Tunzelmann von y Acha, 2005; Lambardi y Mora, 2014).

Dado que las variables utilizadas en el modelo están tratadas en logaritmos, los coeficientes estimados miden el cambio porcentual producido en la variable dependiente (innovación) ante un cambio porcentual en las variables explicativas. Con el fin de tener una mejor comprensión se elaboró la gráfica 5, en la que se exponen los cambios en la innovación ante un incremento de 10% en cada una de las variables explicativas. De esta manera, un incremento de 10% en la formación en educación superior, la absorción de tecnología a nivel empresarial y el gasto en I+D a nivel empresa provoca en promedio un aumento del 3.61, 3.02 y 2.58% en el nivel de innovación, respectivamente. El grado de impacto en este último es menor con las variables: protección a la propiedad intelectual, capacidad de innovación y la apertura comercial las cuales ante un aumento de 10% generan un incremento del 0.94, 0.88 y 0.67%, respectivamente.

Gráfica 5
Elasticidades de las variables de innovación.
Variación del índice de innovación frente a un incremento del 10% en cada variable explicativa



Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

En la presente investigación se realizó un análisis sobre los factores que estimulan la actividad de innovación de la región. Se propuso analizar la relación de equilibrio de largo plazo entre la innovación con la apertura

comercial, el gasto en I+D a nivel empresa, la formación en educación superior, la capacidad de innovación, la absorción de tecnología empresarial así como la protección a la propiedad intelectual.

Se corroboró que en los países de América Latina existe una relación de equilibrio de largo plazo. Cada una de estas variables tiene una influencia positiva y significativa con el nivel de innovación de la región considerando el periodo de análisis 2006-2017. Las pruebas de cointegración de Granger y Johansen evidencian la causalidad entre las variables explicativas con el índice de innovación corroborando la primera hipótesis planteada en esta investigación.

Debido a que los sectores económicos de América Latina cuentan con un bajo contenido tecnológico, se comprobó la segunda hipótesis del trabajo. Así, el impacto de la absorción de tecnología empresarial es mayor al impacto que podría representar el Gasto en I+D a nivel empresa ya que éste último es más importante en los países más desarrollados donde sus actividades productivas cuentan con un alto contenido tecnológico. Este resultado es consistente con los trabajos previamente examinados (Freeman, 1982; Freeman *et al.*, 1982; Freeman y Soete, 1987; Conte y Vivarelli, 2005; Tunzelmann von y Acha, 2005 y Lambardi y Mora, 2014). Por lo tanto, los hallazgos conducen a no rechazar la segunda hipótesis que se planteó al inicio de este estudio.

Asimismo, los resultados de la protección a la propiedad intelectual sugieren que las empresas de los países de América Latina se sienten motivadas a realizar más inversiones cuando cuentan con un adecuado marco regulatorio para sus invenciones. El resultado es consistente con los trabajos realizados por Schneider, 2005; Allred y Park, 2007; Santander y Álvarez, 2008; Chen, 2008 y Guzmán *et al.*, 2016. Por otro lado, se comprobó que en las economías de América Latina el grado de impacto de la protección a la propiedad intelectual sobre la innovación es menor que otras variables. Lo anterior sugiere que la innovación en los países subdesarrollados está más relacionada con la imitación o la adaptación de tecnologías (Santander y Álvarez, 2008).

De esta manera, se considera que los resultados son importantes para la priorización de políticas públicas enfocadas en innovación, por lo que se recomienda poner especial interés en estos indicadores ya que influyen como elementos potenciales en los niveles de innovación tecnológica de los países considerados en la muestra. La investigación aporta evidencia a favor de incrementar el gasto en educación superior así como la inversión en I+D que aunque esta última es rebasada por el impacto de la absorción de tecnología empresarial sigue cubriendo aspectos importantes en el desarrollo de la formación del capital humano de los países.

Entre las limitaciones de este trabajo estuvo la falta de una serie de tiempo más larga; con el fin de contar con información homogénea de los países se optó por abarcar un periodo relativamente corto (doce años) por la disponibilidad de información para las variables seleccionadas. Es decir, la base de datos histórica del Foro Económico Mundial contempla la información de los países de América Latina a partir de 2006. Como sugerencia a futuros trabajos se recomienda extender la investigación sobre horizontes temporales más largos, con el fin de obtener estimaciones más consistentes de las relaciones cointegrantes.

Fuentes consultadas

- Adler, Paul y Shenbar, Aaron (1990), "Adapting your technological base: the organizational challenge", *Sloan Management Review MIT*, núm. 32, Massachusetts, Estados Unidos de América, Instituto de Tecnología de Massachusetts, pp. 25-37.
- Aghion, Philippe y Howitt, Pierre (1992), *A model of growth through creative destruction*, documento de trabajo, núm. 3223, Massachusetts, Estados Unidos de América, National Bureau of Economic Research.
- Allred, Brent y Park, Walter (2007), "The influence of patent protection on firm innovation investment in manufacturing industries", *Journal of International Management*, núm. 13, Ámsterdam, Holanda, Elsevier, pp. 91-109.
- Anchuelo, Álvaro (1993), "Series integradas y cointegradas: una introducción", *Revista de Economía Aplicada*, núm 1, vol. 1, Salamanca, España, Universidad de Salamanca, pp.151-164.
- Barro, Robert y Xavier Sala-i-Martin (1990), *Economic growth and convergence across The United States*, documento de trabajo núm. 3419, Massachusetts, Estados Unidos de América, National Bureau of Economic Research.
- Chen, Qiang (2008), "The effect of patent laws on invention rates: evidence from cross-country panels", *Journal of Comparative Economics*, núm. 36, Ámsterdam, Holanda, Elsevier, pp. 694-704.

- Conte, Andrea y Vivarelli, Marco (2005), "One or many knowledge production functions? Mapping innovative activity using micro-data", document de trabajo, núm. 1878, Bonn, Alemania, The Institute for the Study of Labor.
- Crespi, Gustavo; Tacsir, Ezequiel y Vargas, Fernando (2016), "Innovation dynamics and productivity: evidence for Latin America", en Matteo Grazzi y Carlo Pietrobelli (eds.), *Firm innovation and productivity in Latin American and the Caribbean*, Washington, Estados Unidos de América, Inter-American Development Bank.
- Crespi, Gustavo y Zúñiga, Pluvia (2012), "Innovation and productivity: evidence from six Latin American countries", *World Development*, 40 (2), Ámsterdam, Holanda, Elsevier, pp. 273-290.
- Engle, Robert y Granger, Clive (1987), "Cointegration and error correction: representation, estimation and testing", *Econometrica*, 55 (2), Cleveland, Estados Unidos de América, Jstor, pp. 251-276.
- Fisher, Manfred y Varga, Attila (2003), "Spatial knowledge spillovers and university research: evidence from Austria", *The Annals of Regional Science*, núm. 37, Ámsterdam, Holanda, Springer, pp. 303-322.
- Freeman, Christopher (1993), *El reto de la innovación: la experiencia de Japón*, Caracas, Venezuela, Editorial Galac.
- Freeman, Christopher y Soete, Luc (1987), *Technical change and full employment*, Oxford, Inglaterra, Basil Blackwell.
- Freeman, Christopher (1982), *The economics of industrial innovation*, Londres, Inglaterra, Frances Pinter.
- Freeman, Christopher; Clark, Jhon y Soete, Luc (1982), *Unemployment and technical innovation*, Londres, Inglaterra, London Pinter.
- Foro Económico Mundial (2017), "The global competitiveness report 2006-2017", Ginebra, Suiza, <<https://www.weforum.org/reports/the-global-competitiveness-report-2017-2018>>, 16 de abril de 2018.
- Germán-Soto, Vicente (2017), "Profundización financiera y crecimiento económico de los estados mexicanos: un análisis de cointegración en paneles no estacionarios", en Claudia Estrella Castillo Ramírez, Francisco Venegas Martínez y Francisco López Herrera (2017),

Modelado de fenómenos económicos y financieros: una visión contemporánea, vol. 1, cap. 10, Ciudad de México, México, Castdel-UDLAP-UNAM-IPN, pp. 227-252.

- Germán-Soto, Vicente y Gutiérrez, Luis (2013), "Assessing some determinants of the regional patenting: an essay from the Mexican states", *Technology and Investment*, núm. 43, Wuhan, China, Scientific Research, pp. 1-9.
- Germán-Soto, Vicente; Gutiérrez, Luis y Tovar, Sandra (2009), "Factores y relevancia geográfica del proceso de innovación regional en México, 1994-2006", *Estudios Económicos*, 24 (2), Ciudad de México, México, El Colegio de México, pp. 225-248.
- Griliches, Zvi (1979), "Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth", *Bell Journal of Economics*, vol. 10, Chicago, Estados Unidos de América, University of Chicago Press, pp. 92-116.
- Grossman, Gene y Helpman, Elhanan (1994), "Endogenous innovation in the theory of growth", *The Journal of Economic Perspectives*, 8 (1), Nashville, Tennessee, Estados Unidos de América, American Economic Association, pp. 23-44.
- Guzmán, Alenka; Brown, Flor y Mendoza, Miguel (2016), "Propensión a innovar y sus efectos en la innovación y productividad de las firmas manufactureras en México", en Alenka Guzmán, Gabriel Yoguel y Ignacio Llamas (coords), *Innovación en América Latina*, Ciudad de México, México, Ed. Biblioteca Nueva.
- IHS Markit (2018), *Eviews* [Software], versión 9, Irvine, California, Estados Unidos de América, IHS Global Inc.
- Im, Kyung; Pesaran, Hashen y Shin, Yongcheol (2003), "Testing for unit roots in heterogeneous panels", *Journal of Econometrics*, núm. 115, Ámsterdam, Holanda, Elsevier, pp. 53-74.
- Ince, Huseyin; Imamoglu, Salih y Turkcan, Hulya (2016), "The effect of technological innovation capabilities and absorptive capacity on firm innovativeness: a conceptual framework", *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, núm. 235, Ámsterdam, Holanda, Elsevier, pp. 764-770.

- Jaffe, Adam (1989), "Real effects of academic research", *The American Economic Review*, LXXIX (5), Nashville, Tennessee, Estados Unidos de América, American Economic Association, pp. 957-970.
- Johansen, Søren (1988), "Statistical analysis of cointegrating vectors", *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 12, Ámsterdam, Holanda, Elsevier, pp. 231-54.
- Karagouni, Glykeria y Papadopoulos, Ioannis (2007), "The impact of technological innovation capabilities on the competitiveness of a mature industry", *Management of International Business & Economic Systems*, 1 (1), Berlín, Alemania, ResearchGate, pp. 17-34.
- Lambardí, Germán Daniel y Mora, Jhon James (2014), "Determinants of innovation in products or processes: the Colombian case", *Revista de Economía Institucional*, 16 (31), Cali, Colombia, Universidad Icesi, pp. 251-262.
- Levin, Andrew; Lin, Chien-Fu y Chu, Chia-Shang (2002), "Unit root tests in panel data: asymptotic and finite-sample properties", *Journal of Econometrics*, núm. 108, Ámsterdam, Holanda, Elsevier, pp. 1-24.
- Lucas, Robert (1988), "On the mechanics of economic development", *Journal of Monetary Economics*, núm. 22, Chicago, Estados Unidos de América, University of Chicago, pp. 3-42.
- Montoya, Omar (2004), "Schumpeter, innovación y determinismo tecnológico", *Scientia et Technica*, 2 (25), Pereira, Colombia, Universidad Tecnológica de Pereira, pp. 209-213.
- Novales, Alfonso (2016), *Series temporales. Estacionariedad, raíces unitarias*, Madrid, España, Departamento de Economía Cuantitativa de la Universidad Complutense.
- OCDE y Eurostat (2005), *Proposed guidelines for collecting and interpreting technological innovation data*, París, Francia, OCDE.
- OEI (Organización de Estados Iberoamericanos) (2012), *Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo y la cohesión social*, Madrid, España, Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

- Pérez Hernández, Carla; Gómez Hernández, Denise y Lara Gómez, Graciela (2018), “Determinantes de la capacidad tecnológica en América Latina: una aplicación empírica con datos de panel”, *Economía Teoría y Práctica*, núm. 48, Ciudad de México, México, Universidad Autónoma Metropolitana, pp. 75-124.
- Rendón, Hernando (2003), *Modelos de corrección de errores y cointegración: a propósito del premio Nobel de Economía*, Medellín, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, pp. 141-148.
- Ricyt (Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología) (2018), Base de datos de indicadores, Buenos Aires, Argentina, Organización de Estados Americanos, <<http://www.ricyt.org/>>, 24 de abril de 2018.
- Romer, Paul (1990), “Endogenous technological change”, *The Journal of Political Economy*, 98 (5), Chicago, Estados Unidos de América, The University of Chicago Press, pp. 71-102.
- Romer, Paul (1986), “Increasing returns and long-run growth”, *The Journal of Political Economy*, 94 (5), Chicago, Estados Unidos de América, The University of Chicago Press, pp. 1002-1037.
- Santander, Enrique y Álvarez, Roberto (2008), “Apertura comercial e innovación”, tesis de maestría, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Schumpeter, Joseph (1934), *Theory of economic development: an inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle*, Cambridge-Massachusetts, Estados Unidos de América, Harvard University Press.
- Schneider, Patricia (2005), “International trade, economic growth and intellectual property rights: a panel data study of developed and developing countries”, *Journal of Development Economics*, vol. 78, Ámsterdam, Holanda, Elsevier, pp. 529-547.
- Scimago Institutions Rankings (2018), Base de datos sobre la evaluación de Universidades y de Instituciones de Investigación Científica, Granada-Madrid, España, SCImago LAB, <<https://www.scimagoir.com/rankings.php>>, 4 de junio de 2018.
- Smith, Adam (1776), *Una investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones*. Sevilla, España, Biblioteca de la Facultad de Derecho de la Universidad de Sevilla.

Solow, Robert (1956), "A contribution to the theory of economic growth", *The Quarterly Journal of Economics*, 70 (1), Cambridge-Massachusetts, Estados Unidos de América, The MIT Press, pp. 65-94.

Tunzelmann von, Nick y Acha, Virginia (2005), "Innovation in 'low-tech' Industries", en Jan Fagerberg, David Mowery y Rochard Nelson (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford, Inglaterra, Oxford University Press, pp. 407-432.

Vial, Joaquín (1991), *Especificación y evaluación de modelos econométricos*, Santiago de Chile, Chile, Corporación de estudios para Latinoamérica (CIEPLAN).

Recibido: 1 de noviembre de 2018

Reenviado: 8 de enero de 2019

Aceptado: 20 de febrero de 2019

Luis Gutiérrez Flores. Doctor en economía por la UABC, maestro en economía regional por la Universidad Autónoma de Coahuila y El Colegio de la Frontera Norte, economista por la Universidad Autónoma de Coahuila. Sus principales líneas de investigación abordan la distribución del ingreso, la pobreza, la política social y los efectos de la innovación regional sobre la productividad y la desigualdad. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I. Entre sus últimas publicaciones destacan, en coautoría: "Una nota sobre la ponderación del índice de privación social", *Estudios Económicos*, 33 (2), Ciudad de México, México, El Colegio de México, pp. 313-331 (2018); en coautoría, "Asociación estadística entre el ingreso y los derechos sociales en México" *Nósis. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 27 (53), Ciudad Juárez, México, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, pp. 22-45 (2018) y, en coautoría, "An analysis of the relationship between infrastructure investment and economic growth in Mexican urban áreas", *Economics Bulletin*, 37 (4), Nashville, Tennessee, Estados Unidos de América, AccessEcon, pp. 2422-2433 (2017).

Jonathan Flores Pérez. Maestro en Ciencias en economía regional por el Centro de Investigaciones Socioeconómicas de la Universidad Autónoma de Coahuila, profesor de asignatura en la Facultad de Economía de la misma Universidad. Entre sus últimas publicaciones destaca: "Comercio internacional y distribución del ingreso en América Latina:

1980-2016”, *Revista JuventudES*, núm. 2, Madrid, España, Editorial Jóvenes Iberoamericanos (2019).