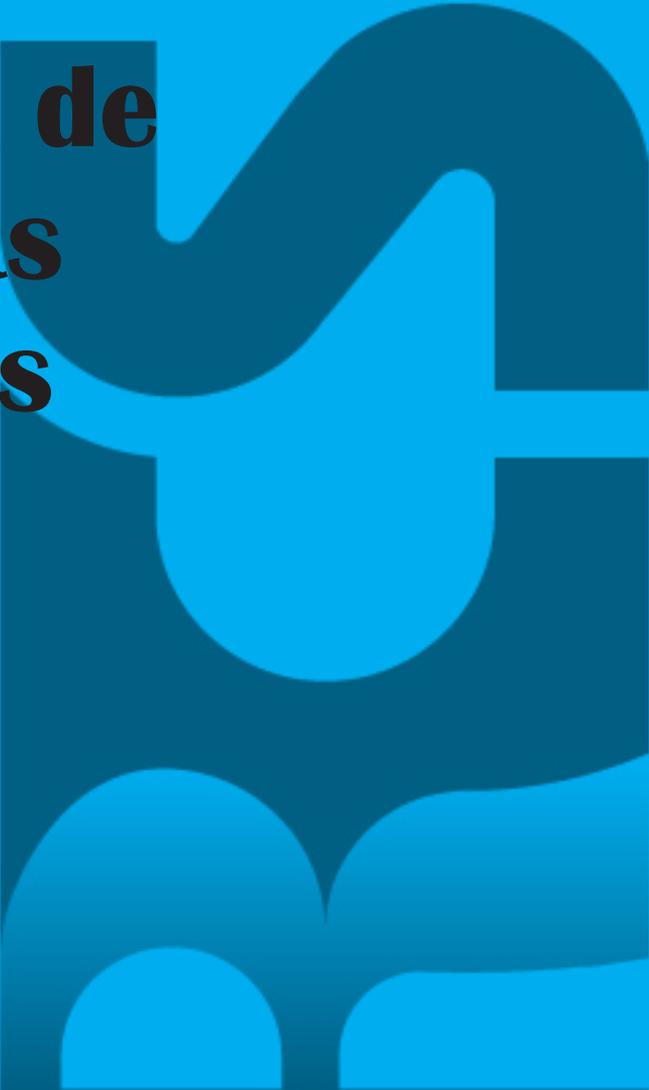


# Revista de Ciencias Sociales



# Relación entre gasto en ciencia y tecnología y producto interno bruto en Latinoamérica

Quinde-Rosales, Víctor\*  
Saldaña-Vargas, Michelle\*\*  
Guale-Portilla, Bella\*\*\*  
Mendoza-Minaya, Alicia\*\*\*\*

## Resumen

Hoy en día la conexión de la ciencia con la economía continúa siendo una cuestión demorada en algunos países, sin embargo, es necesario considerar el conocimiento como factor de producción y de construcción social. En este sentido, el artículo aborda la relación entre el gasto público en ciencia y tecnología y el producto interno bruto en Latinoamérica, durante el periodo 1990-2016. La metodología de la investigación refiere a un razonamiento inductivo bajo un paradigma empírico-analítico, se utilizó la prueba de raíz unitaria Levin, Lin & Chu, se generó un modelo de vectores autorregresivos, también se realizaron la prueba de causalidad de Granger y la de cointegración de Johansen. Los resultados demuestran la no estacionariedad de las variables en estudio, se obtuvo un modelo de vectores autorregresivos de dos variables con un número de rezagos óptimo de ocho, al cual se le realizó la prueba de causalidad demostrando una bidireccionalidad por parte del gasto en ciencia y tecnología al Producto Interno Bruto y viceversa. Se concluye, que las variables se mueven conjuntamente a lo largo del tiempo y las diferencias entre ellas son estables, lo que sugiere como criterio que el gasto generado por ciencia y tecnología sugestionan al Producto Interno Bruto.

**Palabras clave:** Ciencia; tecnología; Producto Interno Bruto; desarrollo; gasto.

---

\* Magister en Economía Agraria. Economista Agrícola. Director del Instituto de Investigaciones de Economía Agrícola y Desarrollo Rural. Docente de la Facultad de Economía Agrícola de la Universidad Agraria del Ecuador. E-mails: vquinde@uagraria.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9617-8054>

\*\* Estudiante de la Facultad de Economía Agrícola de la Universidad Agraria del Ecuador. E-mail: michellevargas435@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5779-6757>

\*\*\* Estudiante de la Facultad de Economía Agrícola de la Universidad Agraria del Ecuador. Email: be95guale@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3890-9538>

\*\*\*\* Estudiante de la Facultad de Economía Agrícola de la Universidad Agraria del Ecuador. E-mail: aliciamendoza161297@gmail.com

# *Relationship between science and technology spending and Gross Domestic Product in Latin America*

## **Abstract**

Nowadays the science's connection with the economy continues to be a delayed issue in some countries, however, it is necessary to consider knowledge as a factor of production and social construction. In this sense, the article involves the relationship between public spending on science and technology and gross domestic product in Latin America, during the period 1990-2016. The research methodology refers to an inductive reasoning under an empirical-analytical paradigm, the Levin, Lin & Chu unit root test was used, an autoregressive vector model was generated, Granger's causality test and the Johansen cointegration. The results demonstrate the non-stationarity of the studied variables, a two-variable autoregressive vector model with an optimal number of lags of eight was obtained, which was tested for causality, demonstrating a bi-directionality on the part of the expenditure on science and Technology to the Gross Domestic Product and vice versa. It is concluded that the variables move together over time and the differences between them are stable, which suggests as a criterion that the expense generated by science and technology suggests the Gross Domestic Product.

**Keywords:** Science; technology; Gross Domestic Product; developing; expenditure.

## **Introducción**

Hoy en día la conexión de la ciencia con la economía continúa siendo una cuestión demorada en algunas agendas gubernamentales, sin embargo, no es posible descuidar en el ámbito de la discusión político-estratégica la necesidad de considerar el conocimiento como factor de producción y de construcción social. En este sentido Ríos (2001) sostiene que las actividades de ciencia y tecnología revisten especial importancia en cuanto al progreso económico de los países, por lo cual se han desarrollado diferentes estudios que relacionan el grado de desarrollo de un país con los insumos designados al gasto en ciencia y tecnología. De esta manera agrega el mencionado autor que:

...el bienestar de la sociedad se ve incrementado de diversos modos: de manera directa aprovechando los adelantos científico-tecnológicos en áreas como salud, medio ambiente, telecomunicaciones, entre otras, así como indirectamente a través de una mejor posición competitiva por parte de un país, generando más empleos mejor

remunerados. (p.1)

Por su parte Ríos y Marroquín (2013) manifiestan que la relación entre el esfuerzo en I+D, innovación tecnológica y crecimiento económico generalmente se estudia desde dos puntos de vista: "En el área de crecimiento económico (macroeconomía) a través de modelos teóricos en los que la innovación tecnológica es un factor endógeno de crecimiento" (p.13). es decir, considerando la tecnología como un elemento de las economías al igual que el capital o el trabajo, y no sólo la forma funcional que establece la relación de estos *inputs* tradicionales con el producto.

La otra visión se enfoca en el área de la organización industrial por medio de modelos que pretenden explicar el comportamiento de las empresas en relación con las actividades relacionadas con la innovación (tanto en su generación como en su adopción) en economía de mercado. (p.13)

En ese sentido, en esos dos tipos de modelos, el grado de innovación tecnológica es resultado de la asignación de recursos a la creación así como difusión de conocimientos y por lo tanto es decisión tanto de las empresas

como de los diferentes gobiernos, considerando que los avances tecnológicos representan uno de los principales determinantes del crecimiento económico. Pinzón, Maldonado y Marín (2019) manifiestan que las empresas “que compiten en un mercado basado en una economía del conocimiento, pueden mejorar significativamente sus ventajas competitivas y su rendimiento” (p.22).

De allí, que en el presente artículo se pretende establecer si el gasto en Ciencia y Tecnología (CyT) muestra una relación causal con el Producto Interno Bruto (PIB) a lo largo del ciclo económico, utilizando una data de panel que agrupa a Argentina, Colombia, Cuba, Ecuador, México y Uruguay. Entendiendo que estos convergen en una tendencia común en el largo plazo. De comprobar esta hipótesis, se puede establecer indicios de validez del pensamiento neo-schumpeteriano en economías que presentan un constante proceso de inversión pública en CyT.

Al respecto el diseño de la investigación plasmado en el documento busca caracterizar la relación de causalidad que existe entre el gasto en ciencia y tecnología y el PIB de Argentina, Colombia, Cuba, Ecuador, México y Uruguay, estudiados mediante la revisión de literatura de autores que han caracterizado la incidencia de la ciencia y la tecnología en el crecimiento económico de una nación, para luego establecer el marco metodológico que engloba el desarrollo del estudio. Posteriormente los resultados de la investigación se revelarán ante la presentación del modelo de vectores autorregresivos en data de panel que evidencie la simultaneidad de las variables antes mencionadas sumado al test de Granger (1969), el cual establece la causalidad existente y finalmente la prueba de Johansen (1988), para determinar la existencia de cointegración entre las variables.

Las conclusiones contienen el análisis del entorno en el cual se desarrollaron los resultados de la investigación. La referencia alberga el listado de las obras citadas en el presente documento y que han sido usadas para bosquejar el estudio y los resultados del mismo.

Asimismo, la presente investigación refiere a una metodología que se enmarca en un tipo de razonamiento inductivo con aplicación de varias pruebas econométricas (Novales, 1998; Gujarati y Porter, 2010; Wooldridge, 2010; Stock y Watson, 2012), para medir la probabilidad de los argumentos establecidos en función a la causalidad del gasto en Ciencia y Tecnología – CyT<sup>(1)</sup> y el Productor Interno Bruto ecuatoriano – PIB. Se delinea como proceso de desarrollo de la investigación, un unimétodo con un paradigma empírico-analítico, de acuerdo con el trabajo filosófico de Bacon, que en 1620, con el *Novum Organum*, concebía la ciencia como técnica capaz de dar al ser humano dominio sobre la naturaleza (Bacon, 1949). Esta visión positivista se enmarca en dos posiciones epistemológicas, como el racionalismo y el empirismo, lo cual según Duque (2015) permite reflejar la realidad de la forma más fiel y neutral posible de la investigación realizada.

En relación al diseño de investigación, se utilizó una base de datos de panel de los países de Argentina, Colombia, Cuba, Ecuador, México y Uruguay; con una frecuencia anual en un periodo de evaluación de 1990 a 2016, de las variables gasto en Ciencia y Tecnología (CyT)<sup>(2)</sup> y el Producto Interno Bruto (PIB)<sup>(3)</sup>, cuya base fue obtenida de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana (RICYT, 2017). La propuesta metodológica de la investigación plantea un análisis que determina la estacionariedad de las variables mediante el uso de la prueba o *test* Levin, Lin y Chu (LLC), para evitar obtener resultados espurios<sup>(4)</sup> en regresiones con datos de panel no estacionarias. Levin, Lin y Chu (2002) en el uso de la prueba LLC, contrastan la hipótesis nula de  $\alpha=0$  (raíz unitaria común) frente a la alternativa de estacionariedad en varianza para todas las unidades económicas.

De igual manera, se usa el modelo de Vectores Autorregresivos (VAR), entendiendo que la posible existencia de una relación entre variables puede especificar como tal un sinónimo de causalidad. En ese sentido, se denomina vector autorregresivo ante la existencia de un valor rezagado de la variable

dependiente y la existencia de un vector de dos o más variables (Novales, 1998; 2011). Finalmente, se aplica un método de análisis de cointegración concibiendo que dos o más series de tiempo con tendencias estocásticas pueden evolucionar juntas de forma tan estrecha a largo plazo, que puede parecer que tienen el mismo componente tendencial; es decir, que se cree que tengan una tendencia común, como sucede en el caso desarrollado por Córdova (2014) con respecto al sistema de pensiones y profundidad financiera para el caso boliviano.

Finalmente, para el análisis de los datos que persigue el presente artículo se manejó como software econométrico el Eviews 10, el cual presentó los resultados de los contrastes para el desarrollo de los resultados.

## **1. La ciencia y la tecnología: Su dinámica**

El crecimiento económico centra su interés en el cambio tecnológico endógeno con la finalidad de explicar los patrones de crecimiento en las economías, bajo su argumento teórico (Marroquín y Ríos, 2012). Buendía, Rivas y Alonso (2017), expresan que las causas y efectos del progreso de la Ciencia y Tecnología (CyT) están presente en el desarrollo del pensamiento económico, al momento de explicar el progreso de la sociedad en su conjunto y su funcionamiento en el sistema productivo.

Por su parte, Marx (1999) manifiesta la existencia de una relación proporcional de la tecnología dentro de los procesos productivos en los distintos sectores económicos y que este genera un alto nivel de la productividad y del crecimiento económico. Iujés y Benavides (2017), argumentan que estudios a nivel empresarial muestran una relación existente entre la tecnología, el capital, el trabajo y la productividad.

Al respecto, Velho (2011) expone la importancia de la CyT al presentar relevancia en el análisis de la economía actual, estableciendo que el desarrollo científico

refiere a la generación de conocimientos nuevos provenientes de la observación, experimentación y comprobación, mientras que la tecnología implica la resolución de problemas prácticos que afectan a la sociedad y sus agentes económicos a través de la aplicación de nuevos conocimientos generados desde la ciencia.

## **2. Innovación científica y tecnológica**

García-Pérez, Gálvez-Albarracín y Maldonado-Guzmán (2016), describen que la innovación es una variable de crecimiento y desempeño que presenta utilidad a los diferentes agentes que conforman el comercio exterior. Al respecto PricewaterhouseCoopers (PWC, 2014), revela que América Latina se encuentra en un periodo de crecimiento económico muy dinámico, por lo cual, tanto la innovación como la tecnología representan factores clave para competir con otros mercados.

Por otro lado, Arredondo, Vázquez y De la Garza (2016) manifiestan que la innovación presenta importancia actual como variable de crecimiento económico, gracias a la globalización y la proliferación de tratados comerciales. Mencionada temática no es reciente, existen referentes teóricos que toman a la innovación como pilar del desarrollo (Ferrari, 2012; Monzón, 2010).

De igual manera Louçã (2014), menciona la reinserción de la propuesta teórica Schumpeter, ante los avances tecnológicos y cambios sociales, como un resurgimiento del concepto de innovación en el actual sistema económico. Al respecto, Schumpeter (1996) refiere que el capitalismo se debe analizar como un sistema adaptativo desafiando a la teoría de equilibrio general, exponiendo que la fuerza prioritaria para mover la producción capitalista y al sistema económico como un todo, es la tecnología y la “innovación”, los cuales son transformadores constantes del desarrollo económico. Interpretando esta premisa se da un carácter evolutivo de la economía impulsado por los aportes

de Schumpeter (1978), al considerar que el proceso de innovación forma parte de la dinámica social de la economía como un todo (Alvarado-Anastacio, Quinde-Rosales y Bucaram-Leverone, 2017).

En este sentido, el estudio de la innovación ha sido abordado fundamentalmente como uno de los medios que logra mayores ventajas competitivas, así como estrategia empresarial que alcance un mayor nivel de crecimiento y desempeño (Hatch y Mowery, 1998; Schumpeter, 2004; Reichstein y Salter, 2006; Keupp, Palmié y Gassmann, 2012; Pinzón, et al., 2019; Vélez, Beltrán, López y Arias, 2019).

De lo anterior Marroquín y Ríos (2012) reconocen que para analizar fenómenos macroeconómicos como el crecimiento del ingreso nacional, se debe incluir además de los factores capital y trabajo, un tercer factor que involucra a la educación, la capacitación y la investigación. Kim, Loayza y Meza-Cuadra (2016), agrega que el papel del CyT desde el enfoque macroeconómico, busca establecer mecanismos para el incremento de la productividad del trabajo y su relación con el crecimiento económico. Es en este aspecto donde la tecnología juega un papel importante para la sustitución de los factores de la producción y la reducción de los costos de la misma; también en formas mediante las cuales se transfiere el efecto de la innovación y la tecnología entre los distintos sectores económicos.

Al respecto, la innovación tecnológica como parte de la disciplina de innovación en su conjunto, está referida específicamente sobre tecnología y en cómo se le da forma con el fin de llegar a productos exitosos, servicios y procesos, englobando muchos aspectos, no solo los relacionados con la mejora de ésta. En ese sentido, existe innovación cuando las empresas presentan en el mercado nuevos elementos o, en su defecto, mejoran los ya existentes, dirigidos en este caso a la comercialización del producto o servicio que ofrecen, sin embargo, también puede relacionarse con los procesos de producción dentro de la empresa. De allí que “las organizaciones que desarrollan

niveles altos de innovación, consideran que se aprende haciendo, con lo cual logran ventajas competitivas y minimizan el riesgo de que la competencia imite su conocimiento tácito” (Vélez, et al., 2019, p.63).

Asimismo, Malerba (2005), expone que el desarrollo de procesos de aprendizaje que generan variedad no se encuentran solo influenciados por descubrimientos internos a través de inversiones formales en I+D, adicional a ello son consecuencia de la interacción de otras actividades que presenta la empresa, así como el aporte de agentes externos.

La concepción acerca de que el progreso científico y tecnológico, es decir del desarrollo continuo de los medios de producción como base de la dinámica económica, del crecimiento de la producción y su expansión internacional, resulta una idea cada vez más común y poderosa, impulsada desde los principales organismos internacionales orientados al desarrollo económico (Reamer, 2014).

Por su parte, Charreau (2001) manifiesta que la innovación también se convierte en catalizador de la prosperidad nacional, convirtiéndola en justificación para la inversión en investigación. Sin embargo, también señala la necesidad de redefinir al desarrollo en términos de la calidad de ideas generadas y seleccionadas, así como el espectro y su escala en la aplicación de la industria.

Por lo cual Montoya (2004), argumenta en favor de la innovación científica y tecnológica, al decir que es un instrumento que contribuye al crecimiento y desarrollo económico de los países subdesarrollados. Al mismo tiempo considera que la innovación tecnológica puede convertirse en un factor de desigualdad que afecte a los países que no acceden a procesos innovadores. Además, Villarreal y Ramos (2002) agregan que la innovación es la piedra angular dentro de la competitividad de las empresas y de las naciones, siendo necesario invertir en el diseño y desarrollo de productos y procesos de vanguardia, logrando realizar la actividad innovadora en un ambiente propicio y mediante el apoyo de los sectores tanto

públicos como privados.

De igual forma, Chaves (2008), en la presentación del monográfico “Innovación y Economía Social” de la Revista del Centro Internacional de Investigación de Información sobre Economía Pública, Social y Cooperativa (CIRIEC), expone que las sociedades y sus economías deben ser innovadoras, pues mencionada actividad es determinante en el diseño de políticas públicas y empresariales, puesto que la innovación se constituye en una de las inversiones más importantes de las naciones, por ser un pilar determinante para mejorar la competitividad, permitiendo la generación de nuevo conocimiento así como plantear soluciones a problemas relacionados con la salud, el medio ambiente, la pobreza y la seguridad, entre otros. Es la innovación la que logra un crecimiento económico sostenido al generar mejoras en la productividad (Bustos, 2015).

En ese sentido, Sampedro y Díaz (2016), describen dos fenómenos ligados con el proceso de innovación, el primero, explica que los países innovadores se han consolidado, la mayor parte de ellos han sostenido su crecimiento económico, sin observarse una extensión de estos beneficios hacia otros países o regiones. El segundo fenómeno, está ligado con la brecha existente entre países innovadores y adeptos, manteniéndose una inequidad en la generación de riqueza y en su distribución con el conjunto de la sociedad. Al respecto, Conceição, Gibson, Heitor y Sirilli (2001) así como Fagerberg, Martín y Andersen (2013), referencian a la innovación bajo el criterio de presentar la capacidad de incrementar el crecimiento económico sin distribuir los beneficios de este en la sociedad.

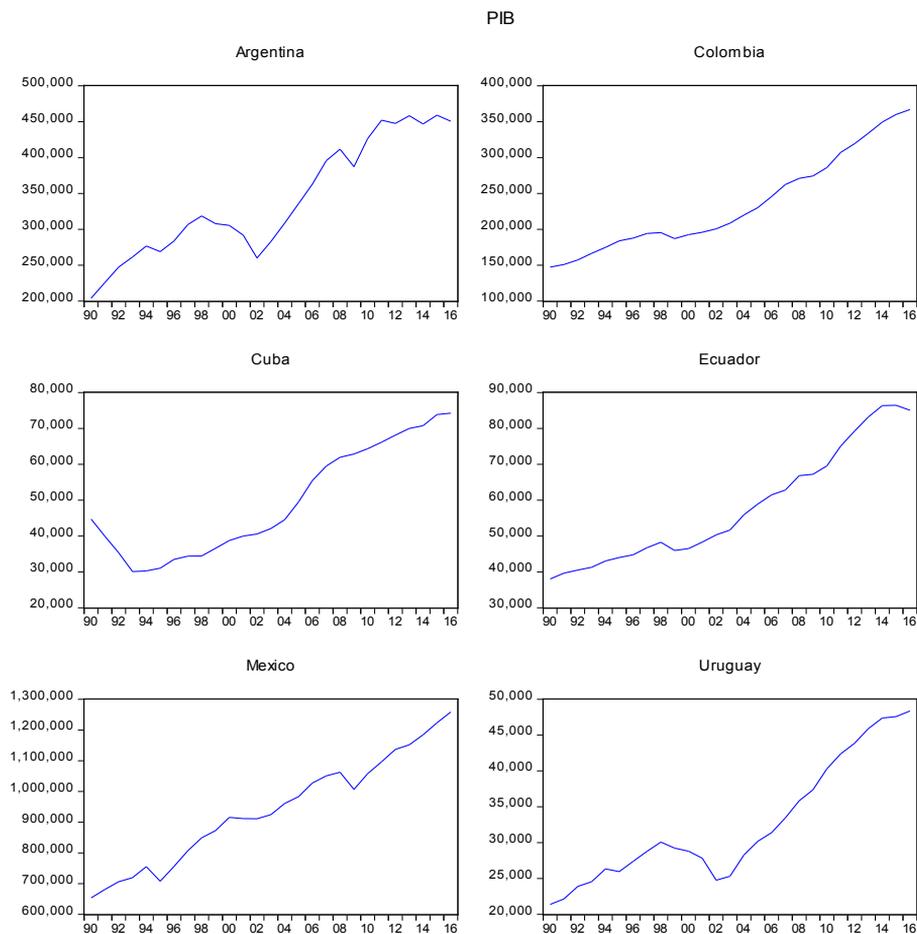
Por otro lado, Castaños (1994), analiza a las economías de Latinoamérica y manifiesta que estas dependerán de la efectividad que sus países presenten para generar innovación, vinculando su sistema de investigación con la producción industrial. Moon, Rugman y Verbeke (1995), establece nuevo paradigma de competitividad al considerar que en un

escenario internacional los países buscan la apertura de sus fronteras para participar en la economía mundial y a su vez defender sus mercados locales. Este tipo de competitividad sistémica vincula a la empresa, industria, gobierno y población de un país; implicando la cooperación y alianzas estratégicas entre competidores, clientes y proveedores, gobiernos y universidades (Peña-Vinces y Urbano, 2014). Además, Arredondo, De la Garza y Villa (2015) sostienen que la mencionada colaboración brinda confianza y logra generar ventajas competitivas, haciendo posible o viable la mejora en la competitividad por medio de procesos de innovación.

De lo anterior, Peña-Vinces y Urbano (2014) y Castro-González, Peña-Vinces y Guillen (2016), coinciden en que el logro de una mayor innovación es dependiente de una mayor inversión en I+D, principalmente por parte del sector privado, a pesar de ello es necesario una alta calidad científica en las instituciones de investigación, estableciendo una colaboración en esta última y el desarrollo tecnológico, entre las universidades y la industria. En ese sentido, los datos de I+D han posibilitado que los economistas establezcan premisas en función al crecimiento con teorías del crecimiento endógeno, aunque para establecer estudios de profundidad es necesario generar y estudiar datos tanto del insumo I+D como de la producción de una actividad innovadora.

### **3. Relación causal del Producto Interno Bruto a lo largo del ciclo económico: Caso de Argentina, Colombia, Cuba, Ecuador, México y Uruguay**

En la Figura I, se puede evidenciar que el Productor Interno Bruto (PIB), muestra una pendiente positiva durante el periodo de 1990 a 2016, en cada uno de los países en estudio, a pesar de ello la mencionada tendencia presenta irregularidades en los países de Argentina, México y Uruguay.



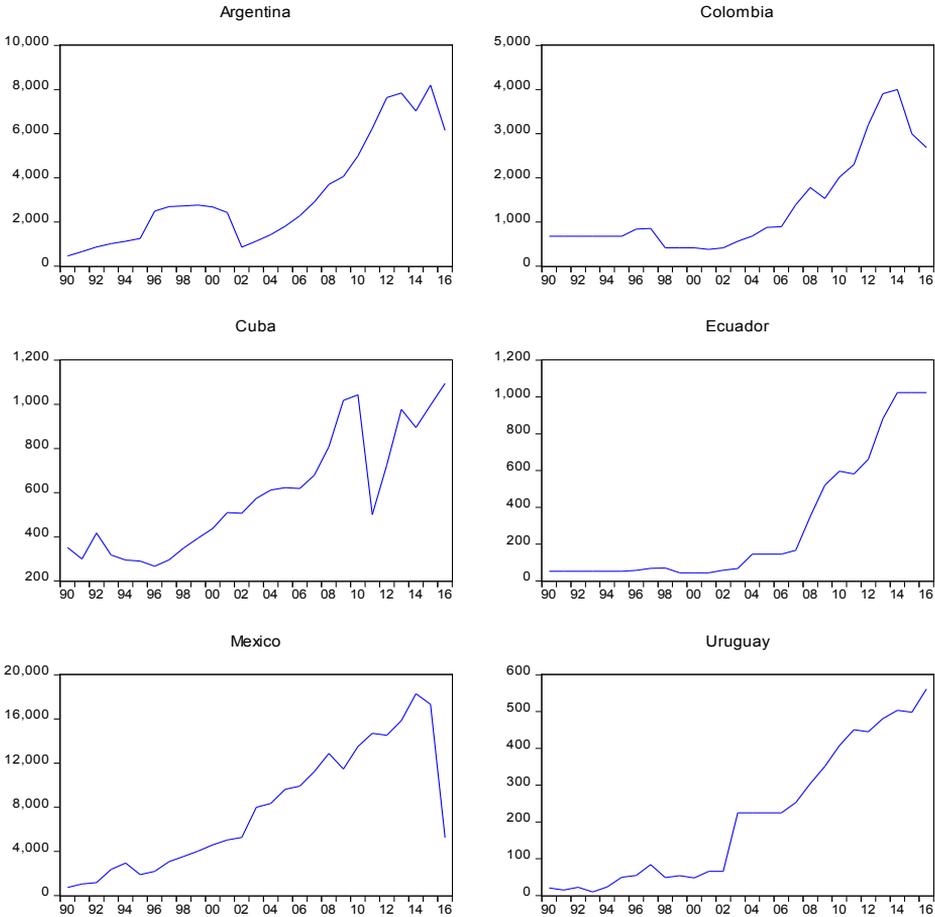
Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Figura I: Producto Interno Bruto. Argentina, Colombia, Cuba, Ecuador, México y Uruguay**

A diferencia de lo mostrado en el PIB, el Gasto en Ciencia y Tecnología (CyT) presentó un comportamiento irregular en su tendencia en cada uno de los países en estudio, como

se observa en la Figura II, con pendiente positiva salvo el caso de México, el cual a partir del 2015 ha presentado un proceso de desinversión.

CyT



Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Figura II: Gasto en Ciencia y Tecnología. Argentina, Colombia, Cuba, Ecuador, México y Uruguay**

De igual manera, con la finalidad de establecer el criterio de tendencia determinística o estocástica, se realizó la prueba de Levin, Lin & Chu t (LLC) para datos de panel. Los resultados de esta prueba

muestran que en ambos indicadores se acepta la hipótesis nula, indicando que tanto el CyT como el PIB son series que tienen raíz unitaria, siendo estas no estacionarias como se puede visualizar en la Tabla 1.

**Tabla 1**  
**Prueba de raíz unitaria para data de panel a CyT y PIB**

| Variable | Prueba Levin, Lin & Chu <sup>1*</sup> |        |
|----------|---------------------------------------|--------|
|          | Statistic                             | Prob** |
| CyT      | 1.30108                               | 0.9034 |
| PIB      | 1.41004                               | 0.9207 |

\* Nulo: Raíz de la unidad (supone un proceso de raíz de la unidad individual)

\*\* Las probabilidades para las pruebas de Fisher se calculan utilizando una distribución asintótica de Chi-cuadrado. Todas las otras pruebas asumen normalidad asintótica.

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

En relación al proceso de estimación del vector autorregresivo (VAR), es necesario establecer la longitud máxima de rezago sobre el cual se determina la relación de las variables CyT y PIB, entendiendo este criterio como el rezago óptimo. Para ello se utiliza la prueba

de razón de verosimilitud, los criterios de Error de Predicción Final y los estadísticos de Akaike, Schwarz y Hannan-Quinn. Estos criterios similares al momento de establecer el rezago en uno, como se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2**  
**Criterios de selección del orden de retrasos – VAR CyT PIB**

| Lag | LogL      | LR        | FPE       | AIC             | SC              | HQ              |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 0   | -2076.504 | NA        | 3.93e+17  | 46.18898        | 46.24454        | 46.21139        |
| 1   | -1762.175 | 607.7032  | 3.98e+14  | 39.29278        | 39.45943        | 39.35998        |
| 2   | -1753.551 | 16.28942  | 3.59e+14  | 39.19003        | 39.46779        | 39.30204        |
| 3   | -1751.619 | 3.563187  | 3.76e+14  | 39.23599        | 39.62485        | 39.39280        |
| 4   | -1749.091 | 4.550420  | 3.89e+14  | 39.26870        | 39.76866        | 39.47031        |
| 5   | -1738.315 | 18.91888  | 3.35e+14  | 39.11811        | 39.72917        | 39.36452        |
| 6   | -1732.230 | 10.41124  | 3.20e+14  | 39.07179        | 39.79395        | 39.36301        |
| 7   | -1690.735 | 69.15896  | 1.39e+14  | 38.23855        | 39.07182        | 38.57458        |
| 8   | -1655.695 | 56.84249  | 7.02e+13  | <b>37.54878</b> | <b>38.49315</b> | <b>37.92961</b> |
| 9   | -1654.051 | 2.593631  | 7.42e+13  | 37.60114        | 38.65661        | 38.02677        |
| 10  | -1646.845 | 11.05012  | 6.95e+13  | 37.52988        | 38.69646        | 38.00031        |
| 11  | -1604.469 | 63.09290* | 2.98e+13  | 36.67708        | 37.95477*       | 37.19232*       |
| 12  | -1599.829 | 6.702626  | 2.95e+13* | 36.66286*       | 38.05164        | 37.22290        |

\* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

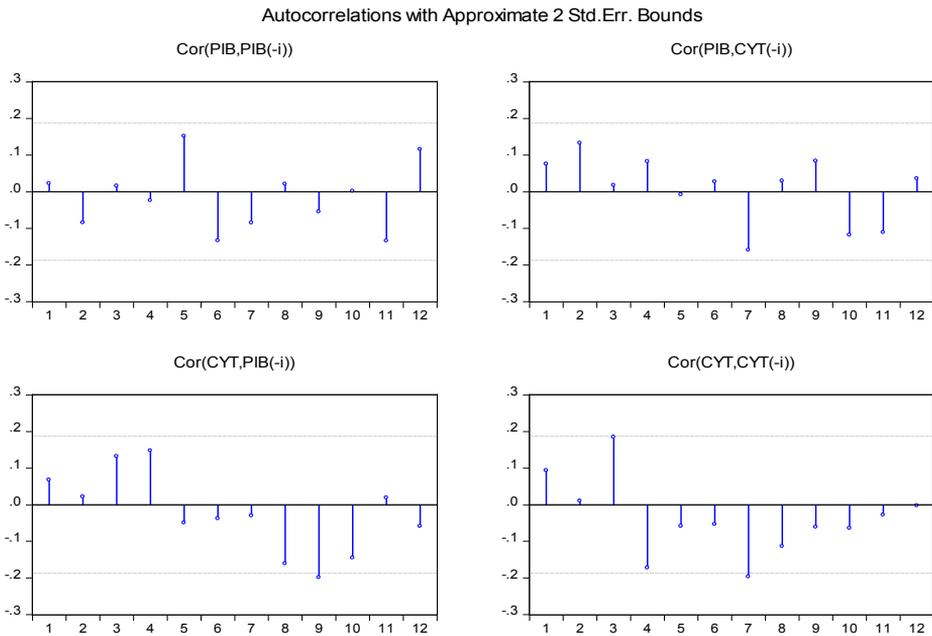
SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

Por principios de parsimonia se asumió 8 rezagos como óptimo. Para reafirmar los resultados encontrados en el proceso de estimación del VAR entre las variables estudiadas, se realizó el análisis de correlograma como *test* de residuos, el cual evalúa el comportamiento de los mismos dentro

de los intervalos de confianza; entendiendo la capacidad de evaluar a los residuales en términos de relevancia o de explicación del modelo determinado. El correlograma destaca como modelo adecuado de la estimación del VAR en 8 rezagos en cada variable (ver Figura III).



**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

**Figura III:** Test Residual: Correlograma – Modelo VAR PIB – CyT de 8 rezagos

A razón del desarrollo del presente artículo, se destaca como modelo adecuado el rezago establecido por el principio de parsimonia, el cual lo fija en el octavo rezago. Entendiendo que el rezago optimo del VAR entre el PIB y el CyT es de ocho rezagos – VAR<sub>2</sub>(8), se determina que los indicadores presentan respuesta a los *shocks* entre variables y entre sí mismas propagándose en el largo plazo.

Por otro lado, para establecer la causalidad se realizó una prueba de Granger, cuyos resultados muestran una causalidad bidireccional, rechazando la hipótesis nula, por lo que el CyT causa en el sentido de Granger al PIB y a su vez, el PIB causa en el sentido de Granger al CyT. Esto se evidencia al observar los valores de los p values en la Tabla 3.

**Tabla 3**  
**Prueba de causalidad de Granger – VAR CyT PIB de 8 rezagos**

| Hipótesis nula     | Chi-sq   | Test de Granger |        |
|--------------------|----------|-----------------|--------|
|                    |          | Df              | Prob.  |
| CyT no causa a PIB | 82.36163 | 8               | 0.0000 |
| PIB no causa a CyT | 49.26460 | 8               | 0.0000 |

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

La Tabla 4 de dialogo resumen, indica cuatro especificaciones de cointegración tanto en la prueba de la *Trace* como en la del *Maximun Eigenvalue*, encontrándose éstas dentro de la no tendencia determinística en los datos, la de tendencia determinística lineal

en los datos y la tendencia determinística cuadrática en los datos, para el caso de estudio se seleccionó sólo intercepto no tendencia en la ecuación de cointegración (CE) y no tendencia en el VAR para la de tendencia determinística lineal en los datos.

**Tabla 4**  
**Test de cointegración de Johansen – Resumen de supuestos**

| Data Trend: | None                     | None                  | Linear                | Linear             | Quadratic          |
|-------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| Test Type   | No Intercept<br>No Trend | Intercept No<br>Trend | Intercept No<br>Trend | Intercept<br>Trend | Intercept<br>Trend |
| Trace       | 2                        | 1                     | 2                     | 1                  | 2                  |
| Max-Eig     | 2                        | 1                     | 2                     | 1                  | 2                  |

Selected (0.05 level\*) Number of Cointegrating Relations by Model

\*Critical values based on MacKinnon-Haug-Michelis (1999)

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

En este sentido, el *test* de Johansen presenta dos criterios, el primero de acuerdo con la prueba de la traza se rechaza la hipótesis nula de no cointegración, en favor de al menos una relación de cointegración al nivel del

5%, comportamiento similar en el caso de la prueba de *Máximun EigenValue*, concluyendo que existe más de un vector o relación de cointegración (ver Tabla 5).

**Tabla 5**  
**Test de cointegración de Johansen – CyT y PIB de 8 rezagos**

| Número de ecuaciones de cointegración bajo Ho | Prueba de Rango de Cointegración Sin Restricciones de Traza  |                         |                    |          |
|---|--|-------------------------|--------------------|----------|
|   | Valor Propio   | Estadístico de la Traza | Valor crítico 0,05 | P-valor* |
| Ninguna                                       | 0.268231   | 40.76962                | 15.49471           | 0.0000   |
| Cuando más 1                                  | 0.063125   | 7.042192                | 3.841466           | 0.0080   |
| Número de ecuaciones de cointegración bajo Ho | Prueba de Rango de Cointegración Sin Restricciones del Máximo de Valor Propio Estadístico del Máximo de Valor Propio |                         |                    |          |
|   | Valor Propio   | Máximo de Valor Propio  | Valor crítico 0,05 | P-valor* |
| Ninguna                                       | 0.268231   | 33.72743                | 14.26460           | 0.0000   |
| Cuando más 1                                  | 0.063125   | 7.042192                | 3.841466           | 0.0080   |

\*MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Fuente: Elaboración propia, 2019.

## Conclusiones

Determinar la relación entre el gasto en ciencia y tecnología y el Producto Interno Bruto, es importante de considerar para el desarrollo de la política pública de países en vías de desarrollo, al momento de establecer si la inversión en actividades científicas y tecnológicas; así como en investigación y desarrollo experimental, son útiles para el crecimiento endógeno del país.

En ese sentido, al estudiar dicha relación se determinó que ambos indicadores (CyT y PIB) son de tendencia positiva, no estacionarios. Por lo que fue necesario evaluar su relación bajo la prueba de Johansen, encontrando que de acuerdo con dicho *test*, el rango de cointegración de las variables analizadas es  $r + 1$  bajo la especificación de intercepto y no tendencia en la ecuación de cointegración, y tendencia determinística lineal en los datos con 8 rezagos en los términos VAR en diferencias. Asimismo, bajo el criterio de causalidad se determinó que según la prueba de Granger el modelo presenta bidireccionalidad en términos de causalidad de Granger del CyT al PIB y viceversa.

Finalmente, los resultados encontrados en la presente investigación siguen contribuyendo al desarrollo empírico del tema.

Por lo tanto, es necesario generar otros estudios sobre el mismo con diversas metodologías que lo fortalezcan.

## Notas

- 1 Corresponde al gasto de Actividades Científicas y Tecnológicas (ACT) e Investigación y Desarrollo Experimental (I+D).
- 2 Serie histórica en millones de dólares corrientes.
- 3 Serie histórica en millones de dólares año base 2010.
- 4 Es la relación estadística de dos o más variables que aun así no poseen una relación de causalidad o coincidencia.

## Referencias bibliográficas

- Alvarado-Anastacio, M., Quinde-Rosales, V., y Bucaram-Leverone, R. (2017). El sector agrícola no tradicional y su relación con el producto interno bruto del Ecuador. *El Misionero del Agro*, 4(15),11-29. Recuperado de <http://>

- [www.uagraria.edu.ec/publicaciones/revistas\\_cientificas/15/056-2017.pdf](http://www.uagraria.edu.ec/publicaciones/revistas_cientificas/15/056-2017.pdf)
- Arredondo, F., De la Garza, J. y Villa, L. (2015). Colaboración organizacional desde la perspectiva del empleado: Caso de las maquiladoras del noreste de México. *Revista Venezolana de Gerencia*, 20(72), 698–716.
- Arredondo, F., Vázquez, J. C., y De la Garza, J. (2016). Factores de innovación para la competitividad en la Alianza del Pacífico. Una aproximación desde el Foro Económico Mundial. *Estudios Gerenciales*, 32(141), 299-308. doi: 10.1016/j.estger.2016.06.003
- Bacon, F. (1949). *Novum Organum*. Buenos Aires, Argentina: Losada. (Versión Original 1620).
- Buendía, R., Rivas, J. P., y Alonso, I. (2017). Evaluación del potencial del desarrollo en ciencia y tecnología en México 2000-2015. *Economía Informa*, 402, 13-28.
- Bustos, O. (24 de septiembre de 2015). La innovación basada en ciencia como pilar de desarrollo. *El Mercurio, Ediciones Especiales*. Recuperado de <http://www.edicionesespeciales.elmercurio.com/detacadas/detalle/index.asp?id-noticia=20150924202030>
- Castaños, H. (1994). Universidad e innovación tecnológica. *Perfiles Educativos*, (65), 44-48.
- Castro-González, S., Peña-Vinces, J. C., y Guillen, J. (2016). The competitiveness of Latin-American economies: Consolidation of the double diamond theory. *Economic System*, 40, 373-386. doi: [10.1016/j.ecosys.2015.10.003](https://doi.org/10.1016/j.ecosys.2015.10.003).
- Charreau, E. (2001). Ciencia e innovación. *Interciencia*, 26(7), 269.
- Chaves, R. (2008). Presentación del monográfico “Innovación y economía social”. CIRIEC-España. *Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, (60), 5.
- Conceição, P., Gibson, D. V., Heitor, M. V. y Sirilli, G. (2001). Knowledge for inclusive development: The challenge of globally integrated learning and implications for science and technology policy. *Technological Forecasting and Social Change*, 66(1), 1-29. doi: 10.1016/S0040-1625(00)00075-5
- Córdova, P (2014). Sistema de pensiones y profundidad financiera: Evidencia empírica de cointegración para el caso boliviano. *Investigación y Desarrollo*, 1(14), 22-43.
- Duque, E. (2015). *Seminario metodología de la investigación*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Fagerberg, J., Martin, B. R., y Andersen, E. S. (2013). Innovation studies: Towards a new agenda. En J. Fagerberg, B. R. Martin y E. S. Andersen (Eds.), *Innovation studies: Evolution and future challenges* (pp. 1-10). Oxford: Oxford University Press.
- Ferrari, B. (2012). *Innovación tecnológica: Pilar para el desarrollo*. Recuperado de <http://www.2006-2012.economia.gob.mx/comunidad-negocios/notas-relevantes/7131-innovacion-tecnologica-pilardesarrollo>
- García-Pérez, D., Gálvez-Albarracín, E. y Maldonado-Guzmán, G. (2016). Efecto de la innovación en el crecimiento y el desempeño de las Mipymes de la Alianza del Pacífico. *Estudios Gerenciales*, 32(141), 326-335. doi: 10.1016/j.estger.2016.07.003
- Granger, C. W. J. (1969). Investigating causal relations by econometrics models and cross spectral methods. *Econométrica*, 37(3), 424-438. doi: 10.2307/1912791
- Gujarati, D. N., y Porter, D. C. (2010). *Econometría*. México D.F.: McGraw-Hill Interamericana.

- Hatch, N. W., y Mowery, D. C. (1998). Process innovation and learning by doing in semiconductor manufacturing. *Management Science*, 44(11), 1461–1477.
- Ibujés, J. M., y Benavides, M. A. (2017). Contribución de la tecnología a la productividad de las pymes de la industria textil en Ecuador. *Cuadernos de Economía*, 41(115), 140-150. doi: [10.1016/j.cesjef.2017.05.002](https://doi.org/10.1016/j.cesjef.2017.05.002)
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(2–3), 231–254. doi: 10.1016/0165-1889(88)90041-3
- Keupp, M. M., Palmié, M., y Gassmann, O. (2012). The strategic management of innovation: A systematic review and paths for future research. *International Journal of Management Reviews*, 14(4), 367–390. doi: 10.1111/j.1468-2370.2011.00321.x
- Kim, Y., Loayza, N., y Meza-Cuadra, C. M. (2016). Productivity as the key to economic growth and development. *The World Bank*. Recuperado de <https://bit.ly/2OQVKEa>
- Levin, A., Lin, C. F., y Chu, C. (2002). Unit root tests in panel data: Asymptotic and finite-sample properties. *Journal of Econometrics*, (108), 1-24.
- Louçã, F. (2014). The elusive concept of innovation for Schumpeter, Marschak and the early econometricians. *Research Policy*, 43(8), 1442-1449. doi: [10.1016/j.respol.2014.02.002](https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.02.002)
- Malerba, F. (2005). Sectoral systems of innovation: A framework for linking innovation to the knowledge base, structure and dynamics of sectors. *Economics of Innovation and New Technology*, XIV(1-2), 63-82. doi: 10.1080/1043859042000228688
- Marroquín, J., y Ríos, H. (2012). Inversión en investigación y crecimiento económico: Un análisis empírico desde la perspectiva de los modelos de I+D. *Investigación Económica*, 71(282), 15-33.
- Marx, K. (1999). *El capital* (3ª ed., Vol. 1). México: Fondo de Cultura Económica.
- Montoya, O. (2004). Schumpeter, innovación y determinismo tecnológico. *Scientia et Technica*, 2(25), 209-213. doi: 10.22517/23447214.7255
- Monzón, J. (2010). *Entorno para la innovación*. Almería, España: Fundación Cajamar.
- Moon, H., Rugman, A. y Verbeke, A. (1995). The generalized double diamond approach to international competitiveness. In A. Rugman (Ed.), *Research in global strategic management: A research annual* (pp. 97-114). Bradford: Emerald Group Published Limited.
- Novales, A. (1998). *Econometría*. 2ª ed. Madrid, España: McGraw-Hill Interamericana.
- Novales, A. (2011). Modelos vectoriales autoregresivos (VAR). Madrid, España: Universidad Complutense.
- Peña-Vinces, J. C., y Urbano, D. (2014). The influence of domestic economic agents on the international competitiveness of Latin American firms: Evidence from peruvian small and medium multinational enterprises. *Emerging Markets Finance and Trade*, 50(6), 43-63. doi: 10.1080/1540496X.2014.1013865
- Pérez, J. P., y Trespalacios, A. (2014). Simulación modelo VAR IPP-IPC. *Cuadernos de Administración*, 30(52), 84-93.
- Pinzón, S. Y., Maldonado, G., y Marín, J. T. (2019). Orientación de la gestión del conocimiento y rendimiento en las pequeñas y medianas empresas mexicanas. *Revista de Ciencias Sociales (RCS)*, XXV(1), 21-34.
- PricewaterhouseCoopers – PWC (Ed.) (2014). *La Alianza del Pacífico. Una nueva*

- era para América Latina. México: PricewaterhouseCoopers (PwC).
- Reamer, A. (2014). The impacts of technological invention on economic growth – a review of the literature. *The George Washington Institute of Public Policy*. Recuperado de [https://gwipp.gwu.edu/files/downloads/Reamer\\_The\\_Impacts\\_of\\_Invention\\_on\\_Economic\\_Growth\\_02-28-14.pdf](https://gwipp.gwu.edu/files/downloads/Reamer_The_Impacts_of_Invention_on_Economic_Growth_02-28-14.pdf)
- Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana – RICYT (2017). Indicadores. Recuperado de [http://app.ricyt.org/ui/v3/comparativa.html?indicador=GASTOXMANUF&start\\_year=2008&end\\_year=2017](http://app.ricyt.org/ui/v3/comparativa.html?indicador=GASTOXMANUF&start_year=2008&end_year=2017)
- Reichstein, T., y Salter, A. (2006). Investigating the sources of process innovation among UK manufacturing firms. *Industrial and Corporate Change*, 15(4), 653–682. doi: 10.1093/icc/dtl014
- Ríos, H., y Marroquín, J. (2013). Innovación tecnológica como mecanismo para impulsar el crecimiento económico. Evidencia regional para México. *Contaduría y Administración*, 58(3), 11-37.
- Ríos, O. (2001). Recursos financieros destinados a ciencia y tecnología en la región: Avances y retos. Recuperado de <http://www.ricyt.org/biblioteca-sp-1864514149/doc-view/122-recursos-financieros-destinados-a-ciencia-y-tecnologia-en-la-region-avances-y-retos>
- Sampedro, J. y Díaz, C. (2016). Innovación para el desarrollo inclusivo: Una propuesta para su análisis. *Economía In- forma*, (396), 34-48. doi: 10.1016/j.ecin.2016.01.002
- Schumpeter, J. (1978). Teoría del desarrollo económico. México: Fondo de Cultura Económica.
- Schumpeter, J. (1996). *Capitalismo, socialismo y democracia*. Tomo I. Barcelona, España: Ediciones Folio.
- Schumpeter, J. (2004). The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest and the business cycle. United State: Transaction Publishers.
- Stock, J. H., y Watson, M. M. (2012) *Introducción a la econometría*. 3ª ed. Madrid, España: Pearson Educación, S. A.
- Velho, L. (2011). La ciencia y los paradigmas de la política científica, tecnológica y de innovación. En A. Arellano y P. Kreimer (Eds.), *Estudio social de la ciencia y la tecnología desde América Latina* (pp. 99-126). Bogotá, Colombia: Siglo del Hombre Editores, S. A.
- Vélez, O. I., Beltrán, J. A., López, J. A., y Arias, F. J. (2019). Asociatividad empresarial y liderazgo ambidies-tro como generadores de innovación. *Revista de Ciencias Sociales (RCS)*, XXV(2), 51-72.
- Villarreal, R., y Ramos, R. (2002). *México competitivo al 2020. Un modelo de competitividad sistémica para el desarrollo*. México: Océano de México.
- Wooldridge, J. M. (2010) *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno*. 4ª ed. México D. F.: Cengage Learning.