

A Relationship between Spending on Science and Technology and Gross Domestic Product. Case of Mexico and Ecuador

Victor, Quinde-Rosales

Economista Agrícola con Maestría en Economía Agraria, Director del Instituto de Investigación de Economía Agrícola y Desarrollo Rural – INEAR, docente de la Facultad de Economía Agrícola de la Universidad Agraria del Ecuador. E-mails: vquinde@uagraria.edu.ec

Rina, Bucaram-Leverone

Economista Agrícola con Maestría en Economía Agraria y un Doctorado en Ciencias Ambientales, Decana y docente de la Facultad de Economía Agrícola de la Universidad Agraria del Ecuador. E-mails: rbucaram@uagraria.edu.ec

Martha, Bucaram-Leverone

Economista Agrícola con Maestría en Docencia Superior y un Doctorado en Ciencias Ambientales, docente de la Facultad de Economía Agrícola de la Universidad Agraria del Ecuador. E-mails: mbucaram@uagraria.edu.ec

Carla, Silvera-Tumbaco

Ingeniera en Sistemas Computacionales con Maestría en Currículo e Instrucción, docente de la Facultad de Economía Agrícola de la Universidad Agraria del Ecuador. Email: csilvera@uagraria.edu.ec

Abstract: *The present research document with a type of inductive reasoning evaluated the causal relationship between spending on Science and Technology - S & T and Gross Domestic Product - GDP in Mexico and Ecuador, in a period of analysis from 1990 to 2016. Under an empirical-analytical paradigm is used the Unified Dickey-Fuller unit root test - DFA, a model of autoregressive vectors - VAR, the Granger causality test and the Johansen cointegration test were performed. In the case of Ecuador, it was obtained an optimal number of five VAR2 (5) while for Mexico was obtained an optimal number of seven lags - VAR2 (7). That is, a test of unidirectional causality by the variables for the case of Ecuador and a bidirectionality in the case of Mexico. The results were corroborated when establishing the variables at the same time and the differences between them are stable with at least one cointegration relationship vector.*

Key Words: *science and technology, gross domestic product (GDP), cointegration, causality, unit root, autoregressive vector*

Classification JEL: *C32, C40, E23, F43*

Relación de Causalidad Entre el Gasto en Ciencia y Tecnología y el Producto Interno Bruto. Caso Mexico y Ecuador

Resumen: *El presente documento de carácter investigativo con un tipo de razonamiento inductivo evaluó la relación de causalidad entre el gasto en ciencia y tecnología - CyT y el Producto Interno Bruto - PIB en México y Ecuador, en un período de análisis de 1990 al 2016. Bajo un paradigma empírico-analítico se utiliza la prueba de raíz unitaria Dickey-Fuller Aumentada - DFA, se genera un modelo de*

vectores autorregresivos - VAR, se realizó la prueba de causalidad de Granger y la prueba de cointegración de Johansen. Se obtuvo un VAR2 (5) para Ecuador, mientras que México está presente como un número de Rezagos óptimo de siete - VAR2 (7). Es decir, una prueba de causalidad unidireccionalidad por parte de las variables para el caso de Ecuador y una bidireccionalidad en el caso de México. Se corroboró los resultados al establecer las variables en el mismo tiempo y las diferencias entre ellas son estables existiendo al menos un vector de relación de cointegración.

Palabras Chave: *ciencia y tecnología, producto interno bruto, cointegración, causalidad, raíz unitaria, vector autorregresivo.*

Clasificación JEL: *C32, C40, E23, F43.*

1. Introducción

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) describe en sus reportes el ingreso en la era de las economías basadas en el conocimiento (knowledge-based economies), mencionados sistemas se basan directamente en la innovación tecnológica, uso de conocimiento y de las tecnologías de la información y la comunicación (1996).

Arredondo (2016), describe que la globalización y la proliferación de tratados comerciales, en relación con el nacimiento de la sociedad del conocimiento, han puesto a la innovación como variable de crecimiento económico. A pesar de ello mencionada temática no es reciente, existen referentes teóricos que aluden a la innovación como pilar del desarrollo (Ferrari, 2012; Monzón, 2010).

Louçã (2014), agrega que ante los avances tecnológicos y cambios sociales se reinserta el aporte teórico propuesto por Schumpeter, como un resurgimiento del concepto de innovación en el actual sistema económico. Schumpeter (1908), entiende que el capitalismo se debe analizar como un sistema adaptativo desafiando a la teoría de equilibrio general.

Ríos et al. (2013), expresa que la literatura que expone el crecimiento endógeno centra su interés sobre el cambio tecnológico endógeno para explicar los patrones de crecimiento de las economías mundiales.

Alvarado et al. (2017), sustenta en términos de establecer la fuerza prioritaria para mover la producción capitalista y al sistema económico como un todo, la tecnología y a la "innovación" son entes transformadores constantes del desarrollo económico. Entendiendo esta premisa se da un carácter evolutivo del capitalismo impulsado por los aportes de Schumpeter al considerar que el proceso de innovación forma parte de la dinámica social del capitalismo como un todo.

El estudio de la innovación ha sido abordado fundamentalmente como uno de los recursos que logra mayores ventajas competitivas, y como estrategia empresarial que logre un mayor nivel de crecimiento y desempeño (Schumpeter, 1934; Hatch y Mowery, 1998; Reichstein y Salter, 2006; Keupp, Palmié y Gassmann, 2012).

Fernández (2015), describe que para la teoría neo-schumpeteriana no es posible entender el avance tecnológico sin el desarrollo de nuevos modos organizacionales que apoyen las actividades de investigación y desarrollo (I+D). Malerba (1992), agrega 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.

Kim et al. (2016), citado por Buendía et al. (2017), exponen el papel del CyT desde el enfoque macroeconómico, el cual 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 producción; también en formas mediante las cuales se transfiere el efecto de la innovación y la tecnología entre los distintos sectores económicos.

La Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo del Ecuador (SENPLADES) propone como política pública el cambio de la matriz productiva, promoviendo la transformación de la industria primaria exportadora y extractivista, a una que se enfoque en la producción diversificada, ecoeficiente y con mayor valor agregado, así como los servicios basados en la economía del conocimiento y la biodiversidad (2012).

Ante lo expuesto el presente estudio pretende establecer si el gasto en CyT presenta una relación de cointegración con el Producto Interno Bruto (PIB) de México y Ecuador. Entendiendo que estos convergen en una tendencia común en el largo plazo para estos países. El presente análisis empírico busca presentar la existencia o no de una relación entre el gasto público en ciencia y tecnología y el crecimiento económico en países en vías de desarrollo.

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 México y Ecuador estudiados mediante la revisión de literatura de autores que han caracterizado la incidencia de la ciencia y la tecnología en el crecimiento económico de un país, para luego establecer el marco metodológico que engloba el desarrollo del estudio: Posteriormente los resultados de la investigación se manifestarán ante la presentación del modelo de vectores autorregresivos que evidencie la simultaneidad de los índices antes mencionados sumado al test de Granger el cual establece la causalidad existente y finalmente la prueba de Johansen 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.

2. Método

La presente investigación se enmarca en un tipo de razonamiento inductivo con aplicación de pruebas econométricas para medir la probabilidad de los argumentos establecidos en función a la causalidad del gasto en Ciencia y Tecnología – CyT y el Productor Interno Bruto ecuatoriano – PIB. Se esboza como proceso de desarrollo de la investigación un proceso unimétodo con un paradigma empírico-analítico

según Bacon (1949) citado por Duque (2015) que permite reflejar la realidad de la forma más fiel y neutral posible de la investigación realizada.

Para el diseño de investigación del documento se utilizó una base de datos de serie temporales de frecuencia anual con un periodo de evaluación de 1990 al 2016 de las variables gasto en Ciencia y Tecnología (CyT) y el Producto Interno Bruto (PIB) tanto de Ecuador como de México, cuya base fue obtenida de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana (RICYT) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). La propuesta metodológica de la investigación propone un análisis que determine la estacionariedad de las variables mediante el uso de la prueba Dickey-Fuller Aumentada (DFA) para evitar obtener resultados espurios en regresiones con series de tiempo no estacionarias, para establecer una relación entre el gasto en CyT y el PIB 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. Finalmente se aplicará un método de análisis de cointegración entendiendo 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 parece que tengan una tendencia común.

3. Resultados

El gasto en Ciencia y Tecnología (CyT) y el Productor Interno Bruto (PIB) de los países en estudio presentan una tendencia positiva durante el periodo de estudio de 1990 a 2015. Aunque de comportamiento similar, la tendencia de México (Figura 1A) presenta mayor irregularidad que la presentada por el Ecuador (Figura 1B).

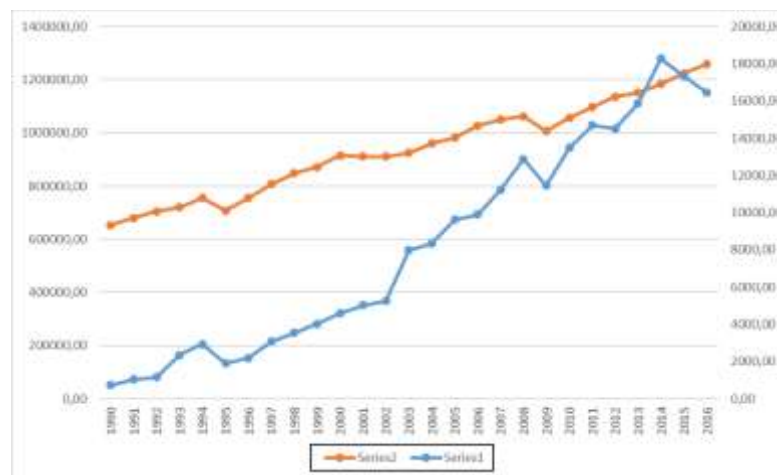


Fig. 1A. Gasto en Ciencia y Tecnología y Producto Interno Bruto. América Latina y el Caribe

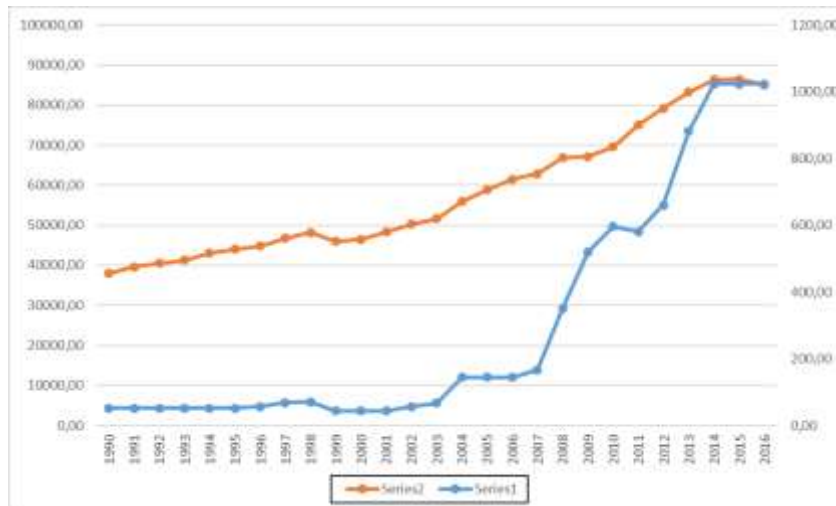


Fig. 1B. Gasto en Ciencia y Tecnología y Producto Interno Bruto. Ecuador

Para determinar el criterio de tendencia determinística o estocástica se realizó la prueba de Dickey-Fuller Aumentada (DFA). Los resultados de esta prueba muestran que en ambos indicadores se aprueba la hipótesis nula, indicando que tanto el CyT como el PIB son series que tienen raíz unitaria siendo estas no estacionarias con un 5% de nivel de significancia (Tabla 2).

Tabla 2. Prueba de Raíz Unitaria CyT y PIB

Grupo	Variable	Prueba DFA			Prob*
		Test	critical	t-Statistic	
values: 5% level					
Ecuador	CyT	-3.004861		-0.574019	0.8575
	PIB	-2.981038		0.989992	0.9951
México	CyT	-2.981038		-0.200524	0.9268
	PIB	-2.981038		0.066461	0.9566

*MacKinnon (1996) one-sided p-values

Para el proceso de estimación del vector autorregresivo (VAR) es necesario establecer la longitud máxima de rezago sobre el cual se determine la relación de las variables CyT y PIB entendiendo este criterio como el rezago óptimo. Para ello utilizaremos la prueba de razón de verosimilitud, los criterios de Error de Predicción Final y los estadísticos de Akaike, Schwarz y Hannan-Quinn. Estos criterios presentan en su mayoría una similitud al momento de establecer en 5 rezago para el caso de Ecuador y en el 7 rezago para América Latina y el Caribe (Tabla 3).

Tabla 3A. Criterios de Selección del Orden de Retrasos – VAR PIB CyT. México

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-411.3308	NA	2.70e+16	43.50851	43.60792	43.52533
1	-375.5693	60.22987*	9.57e+14	40.16519	40.46344	40.21567
2	-372.6604	4.286851	1.10e+15	40.28004	40.77712	40.36417
3	-369.2533	4.303761	1.22e+15	40.34245	41.03835	40.46022
4	-368.4697	0.824793	1.88e+15	40.68102	41.57575	40.83245
5	-363.9813	3.779745	2.10e+15	40.62961	41.72317	40.81468
6	-357.3870	4.164794	2.12e+15	40.35653	41.64892	40.57525
7	-335.9178	9.039687	5.63e+14*	38.51766*	40.00888*	38.77003*
8	-333.7838	0.449244	2.02e+15	38.71409	40.40414	39.00011

* 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

Tabla 3B. Criterios de Selección del Orden de Retrasos – VAR PIB CyT. Ecuador

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-	NA				
	374.8174		2.58e+12	34.25613	34.35531	34.27949
1	-					
	312.7873	107.1429	1.33e+10	28.98066	29.27822	29.05076
2	-					
	309.7229	4.735826	1.46e+10	29.06572	29.56165	29.18255
3	-					
	299.6061	13.79569	8.64e+09	28.50964	29.20394	28.67320
4	-					
	296.4342	3.748623	9.85e+09	28.58493	29.47760	28.79521
5	-	14.57078	4.15e+09	27.62395	28.71499	27.88096
	281.8634	*	*	*	*	*

* 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

Para el desarrollo del presente documento destacamos como modelo adecuado el rezago establecido por la mayor parte de los criterios de información que se presenta en el quinto rezago para el caso de Ecuador, y en el séptimo rezago para México. Entendiendo que el rezago óptimo del VAR entre el PIB y el CyT es de cinco rezagos – VAR2(5) para Ecuador y siete rezagos – VAR2(7), se determina que los indicadores presentan respuesta a los shocks entre variables y entre sí mismas propagándose en el largo plazo.

Para establecer la causalidad se realizó una prueba de Granger cuyos resultados muestran en el caso de México existe causalidad bidireccional rechazando las hipótesis nulas que el PIB no causa en el sentido de Granger a CyT y que CyT no causa en el sentido de Granger al PIB. Para el caso de Ecuador este muestra una unidireccionalidad aprobando la hipótesis nula que el PIB no causa en el sentido de Granger a CyT y rechazando la hipótesis nula que CyT no causa en el sentido de Granger al PIB (Tabla 4). Esto se evidencia al observar los valores de los p values en la tabla.

Tabla 4. Prueba de Causalidad de Granger – VAR PIB y CyT

Grupo	Hipótesis nula	Test de Granger		
		Chi-sq	Df	Prob.
Ecuador	PIB no causa a CyT	10.22009	5	0.0692
	CyT no causa a PIB	19.24741	5	0.0017
México	PIB no causa a CyT	19.85703	7	0.0059
	CyT no causa a PIB	15.42830	7	0.0309

La tabla de dialogo resumen indica tres especificaciones de Cointegración tanto en la prueba de la Traza como en la del Maximun Eigenvalue, encontrándose estas 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 Ecuador, y cinco especificaciones de cointegración para México, para el caso de estudio se seleccionará sólo intercepto y tendencia en la ecuación de cointegración (CE) y tendencia en el VAR para la de tendencia determinística lineal en los datos en ambos casos (Tabla 5).

Tabla 5. Test de Cointegración de Johansen – Resumen de Supuestos

Grupo	Data Trend:	None		Linear		Quadratic
		None	Intercept	Intercept	Intercept	Intercept
	Test Type	No Intercept No Trend	Intercept No Trend	Intercept No Trend	Intercept Trend	Intercept Trend
Ecuador	Trace	1	1	0	1	2
	Max-Eig	1	0	0	1	2
México	Trace	1	2	2	2	2
	Max-Eig	1	2	2	2	2

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

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

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 10%, comportamiento similar en el caso de la prueba de Máximo EigenValue, concluyendo que existe ms de un vector o relación de cointegración para el caso de Ecuador. En el caso de México 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 Máximo EigenValue, concluyendo que existe ms de un vector o relación de cointegración (Tabla 6).

Tabla 6A. Test de Cointegración de Johansen – CyT y PIB de 5 Rezagos. Ecuador

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	0.672072	34.86898	25.87211	0.0029
Cuando más 1	0.420428	11.45478	12.51798	0.0748

Número de ecuaciones de cointegración bajo Ho	Prueba de Rango de Cointegración Sin Restricciones del Máximo de Valor Propio			
	Valor Propio	Estadístico del Máximo de Valor Propio	Valor crítico 0,05	P-valor*
Ninguna	0.672072	23.41421	19.38704	0.0123
Cuando más 1	0.420428	11.45478	12.51798	0.0748

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

Tabla 6B. Test de Cointegración de Johansen – CyT y PIB de 7 Rezagos. México

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	1.000000	496.6609	25.87211	0.0000
Cuando más 1	0.616702	18.21990	12.51798	0.0050

Número de ecuaciones de cointegración bajo Ho	Prueba de Rango de Cointegración Sin Restricciones del Máximo de Valor Propio			
	Valor Propio	Estadístico del Máximo de Valor Propio	Valor crítico 0,05	P-valor*
Ninguna	1.000000	478.4410	19.38704	0.0001
Cuando más 1	0.616702	18.21990	12.51798	0.0050

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

4. Conclusiones

Establecer la relación entre el gasto en ciencia y tecnología (CyT) y el Producto Interno Bruto (PIB) representa un interés para el desarrollo de la política pública en el Ecuador y en los países considerados en vías de desarrollo al momento de establecer si la inversión en Actividades Científicas y Tecnológicas; e Investigación y Desarrollo Experimental son útiles para el crecimiento endógeno del país.

Al estudiar la relación entre el CyT y el PIB para el caso de Ecuador se determinó que ambos indicadores son de tendencia positiva, no estacionarios. Por lo que fue necesario evaluar su relación bajo la prueba de Johansen, de acuerdo con el test de cointegración, el rango de cointegración de las variables analizadas es $r + 1$ bajo la especificación de intercepto y tendencia en la ecuación de cointegración, y no tendencia determinística lineal en los datos con 5 rezagos en los términos VAR en diferencias. Bajo el criterio de causalidad se determinó que según la prueba de Granger el modelo presenta unidireccionalidad en términos de causalidad de Granger del CyT al PIB.

El análisis muestra que los datos obtenidos por México de CyT y el PIB se determinó que ambos indicadores son de tendencia positiva, no estacionarios. Por lo que fue necesario evaluar su relación bajo la prueba de Johansen, de acuerdo con el test de cointegración, el rango de cointegración de las variables analizadas es $r + 1$ bajo la especificación de intercepto y tendencia en la ecuación de cointegración, y no tendencia determinística lineal, se estableció un VAR de 7 rezagos y al determinar la causalidad, la prueba de Granger muestra una bidireccionalidad en términos de causalidad de Granger del CyT al PIB y viceversa.

A pesar del resultado obtenido, podemos argumentar como factor decisivo en el caso ecuatoriano la escasa cooperación entre competidores, clientes y proveedores, gobiernos y universidades en la búsqueda de una competitividad a través de la innovación.

Los resultados siguen contribuyendo al desarrollo empírico del tema. Es necesario generar otros estudios del tema con diversas metodologías que fortalezcan el desarrollo empírico en favor del mismo.

5. Referencias Bibliográficas

- OECD (1996). Science, technology and industry outlook. París: OECD
- Arredondo, F., Vázquez, J. 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, pp. 299 – 308
- Ferrari, B. (2012). Innovación Tecnológica: Pilar para el desarrollo. Disponible en: <http://www.2006-2012.economia.gob.mx/comunidad-negocios/notas-relevantes/7131-innovacion-tecnologica-pilardesarrollo>
- Monzón, J. (2010). Entorno para la Innovación. Almería: Fundación Cajamar.
- Louçã, F. (2014). The elusive concept of innovation for Schumpeter, Marschak and the early econometricians. Research Policy, <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2014.02.002>
- Schumpeter, J., 1908. Das Wesen und der Hauptinhalt der Theoretischen Nationalökonomie.: Duncker und Humboldt. Munich and Leipzig.

- Ríos, H. y Marroquín, J. (2013). Innovación tecnológica como mecanismo para impulsar el crecimiento económico Evidencia regional para México, *Contaduría y Administración* 58 (3), pp. 11-37
- 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*.
- Schumpeter, J. A. (1934). *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest and the Business Cycle*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Hatch, N. W. y Mowery, D. C. (1998). Process innovation and learning by doing in semiconductor manufacturing. *Management Science*, 44(11), 1461–1477.
- Reichstein, T. y Salter, A. (2006). Investigating the sources of process innovation among UK manufacturing firms. *Industrial and Corporate Change*, 15(4), 653–682.
- 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.
- Fernández, J. (2015). Economía neo-schumpeteriana, innovación y política tecnológica. *Cuadernos de economía*, 38. pp. 79–89, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cesjef.2015.03.001>.
- 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*, Taylor & Francis Journals. XIV (1-2), pp. 63-82
- Kim, Y., Loayza, N., & Meza-Cuadra, C. M. (2016). Productivity as the key to economic growth and development. World Bank
- Buendía, R., Rivas, J. y Alonso, I. (2017). Evaluación del potencial del desarrollo en ciencia y tecnología en México 2000-2015. *Economía Informa*, No. 402.
- Castaños, H. (1994). Universidad e innovación tecnológica. *Perfiles Educativos*, (65.).
- SENPLADES (2012). Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo del Ecuador. Transformación de la matriz productiva. <http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/01/matriz-productiva-WEBtodo.pdf>
- Bacon, F. (1949). *Novum Organum*. Buenos Aires: Losada. (Versión Original 1620)
- Duque, E. (2015). Seminario Metodología de la Investigación, Universidad Nacional de Colombia.