

# 03

Fecha de presentación: octubre, 2018

Fecha de aceptación: diciembre, 2018

Fecha de publicación: febrero, 2019

## ANÁLISIS DE COINTEGRACIÓN

ENTRE EL GASTO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA Y EL PRODUCTO INTERNO BRUTO. CASO ECUADOR

### COINTEGRATION ANALYSIS BETWEEN THE EXPENSE ON SCIENCE AND TECHNOLOGY AND THE GROSS NATIONAL PRODUCT. CASE ECUADOR

Víctor Quinde Rosales<sup>1</sup>

E-mail: [vquinde@uagraria.edu.ec](mailto:vquinde@uagraria.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9617-8054>

Carla Silvera Tumbaco<sup>1</sup>

E-mail: [csilvera@uagraria.edu.ec](mailto:csilvera@uagraria.edu.ec)

Gabriela Vaca Pinela<sup>1</sup>

E-mail: [gabriela\\_vacap@hotmail.com](mailto:gabriela_vacap@hotmail.com)

<sup>1</sup>Universidad Agraria de Ecuador. Ecuador.

#### Cita sugerida (APA, sexta edición)

Quinde Rosales, V., Silvera Tumbaco, C., & Vaca Pinela, G. (2019). Análisis de cointegración entre el gasto en ciencia y tecnología y el producto interno bruto. Caso Ecuador. *Universidad y Sociedad*, 11(2), 31-36. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>

#### RESUMEN

El objetivo de este análisis es determinar la relación y dirección causal entre el gasto en CyT y el Producto Interno Bruto – PIB en un periodo de análisis de 1990 al 2015, con datos del Banco Central del Ecuador (BCE) y la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana (RICYT). Se utilizó la prueba de raíz unitaria Dickey-Fuller Aumentada – DFA, se generó un modelo de vectores autorregresivos – VAR, se realizó la prueba de causalidad de Granger y se desarrolló la prueba de cointegración de Johansen demostrando la no estacionariedad de las variables en estudio. Como resultado se obtuvo un modelo VAR de dos variables con un número de rezagos óptimo de cinco – VAR2 (5) y una causalidad unidireccional por parte del CyT al PIB. Se estableció que las variables se mueven conjuntamente a lo largo del tiempo y las diferencias entre ellas son estables, lo que establece como criterio que el gasto generado por CyT sugiere al PIB ecuatoriano.

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

#### ABSTRACT

The objective of this article is to determine the relationship and the causal direction between expenses on S & T and the Gross National Product (GNP) from 1990 to 2015 with data from Central Bank of Ecuador (BCE) and Ibero-American Network of Science and Technology Indicators - Ricyt. It was used a Unitary Root and Augmented Dickey-Fuller - ADF test, it was generated a Vector Autoregressive model VAR, a Granger causality test and a Johansen Cointegration test. Further analysis showed the non-stationary of the variables under study, as a result it was achieved a VAR model with two variables with a number of optimal lags of five – VAR2(5) which was tested its causality by S & T into GDP. It means that variables move together over time and the differences between them are stable, which establishes as a criterion that the expenditure generated by S& T suggests to the Ecuadorian GDP.

**Keywords:** Science and technology, gross national product (GNP), cointegration, causality, unitary root, autoregressive vector

## INTRODUCCIÓN

Desde la perspectiva epistemológica neo-schumpeteriana, el crecimiento económico no debe ser analizado a través de estados de equilibrio, sino como una evolución con una incesante tendencia a redefinirse por sí mismo a través de la innovación (Fernández, 2015). Buendía, Rivas & Alonso (2017), argumentan que las causas y efectos del progreso de la Ciencia y Tecnología (CyT) están presente en el desarrollo del pensamiento económico, bajo el criterio de explicar el progreso de la sociedad en su conjunto y su funcionamiento en el sistema productivo.

La relación proporcional de la tecnología dentro de los procesos productivos en los distintos sectores económicos, genera un alto nivel de la productividad del trabajo y el crecimiento económico, como factores explicativos del consumo y la inversión (Marx, 1999). Ijués, et al. (2017), exponen como los estudios empresariales indican una relación existente entre la tecnología, el capital, el trabajo y la productividad.

La CyT ha tomado gran relevancia en el análisis de la economía actual. 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 (Velho, 2011). García-Pérez, Gálvez-Albarracín & Maldonado-Guzmán (2016), muestran a la innovación como una variable de crecimiento y desempeño que presenta utilidad a los diferentes agentes que componen el comercio exterior. Pricewaterhouse Coopers (2014), describe que América Latina se encuentra en un periodo de crecimiento económico muy dinámico y son la innovación y la tecnología factores clave para competir con otros mercados.

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 (Alvarado-Anastacio, Quinde-Rosales & Bucaram-Leverone, 2017). 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 & Mowery, 1998; Reichstein & Salter, 2006; Keupp, Palmié & Gassmann, 2012).

La Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo del Ecuador (2012) 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.

Ante lo expuesto el presente estudio pretende establecer si el gasto en CyT presenta una relación de cointegración con el Producto Interno Bruto (PIB) ecuatoriano a lo largo del ciclo económico. Entendiendo que estos convergen en una tendencia común en el largo plazo. De comprobar esta hipótesis, podemos establecer indicios de validez del pensamiento neo-schumpeteriano en una economía emergente como la ecuatoriana.

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 del 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.

## MATERIALES Y MÉTODOS

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<sup>1</sup> y el Producto 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.

<sup>1</sup>Corresponde al gasto de ACT: Actividades Científicas y Tecnológicas y I+D: Investigación y Desarrollo Experimental.

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 a 2015 de las variables gasto en Ciencia y Tecnología (CyT)<sup>2</sup> y el Producto Interno Bruto (PIB)<sup>3</sup> del Ecuador, cuya base fue obtenida de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana (RICYT) y el Banco Central del Ecuador (BCE). 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<sup>4</sup> 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.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El gasto en Ciencia y Tecnología (CyT) y el Producto Interno Bruto ecuatoriano (PIB) presentan una tendencia positiva durante el periodo de estudio de 1990 a 2015. Mencionado comportamiento presenta irregularidades en su tendencia principalmente dentro del periodo de 2003 al 2012 donde el gasto de CyT presentó una diferencia no significativa (Figura 1).

<sup>2</sup> Serie histórica en millones de dólares corrientes

<sup>3</sup> Serie histórica en millones de dólares año base 2007

<sup>4</sup> Espurio es la relación estadística de dos o más variables que aun así no poseen una relación de casualidad o coincidencia.

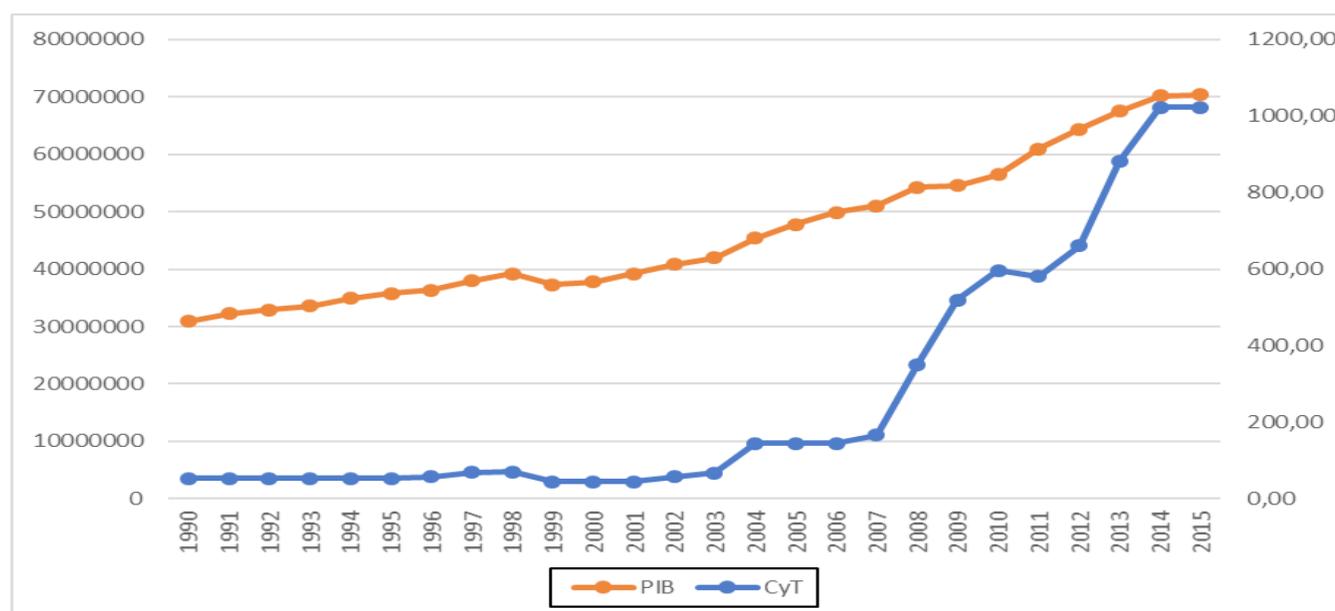


Figura 1. Gasto en Ciencia y Tecnología y Producto Interno Bruto.

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 (Tabla 2).

Tabla 2. Prueba de Raíz Unitaria a CyT y PIB

Variable	Prueba DFA		Prob*
	Test criticalval-lues: 5% level	t-Statistic	
<b>CyT</b>	-3.012363	-0.939901	0.7545
<b>PIB</b>	-2.986225	2.153291	0.9998

\*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 similares al momento de establecer el rezago en uno (Tabla 3).

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

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-472.8338	NA	1.44e+18	47.48338	47.58295	47.50282
1	-417.6518	93.80935	8.63e+15	42.36518	42.66390	42.42349
2	-415.1504	3.752164	1.02e+16	42.51504	43.01290	42.61223
3	-405.6840	12.30629*	6.15e+15	41.96840	42.66541	42.10446
4	-401.5308	4.568478	6.54e+15	41.95308	42.84924	42.12802
5	-391.2035	9.294639	3.97e+15*	41.32035*	42.41565*	41.53416*
6	-387.8578	2.341947	5.33e+15	41.38578	42.68023	41.63847

\* 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

Entendiendo que el rezago óptimo del VAR entre el CyT y el PIB es de cinco rezagos – VAR2(5) 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 una causalidad unidireccional rechazando la hipótesis nula que el CyT no causa en el sentido de Granger al PIB y aprobando la hipótesis nula que el PIB no causa en el sentido de Granger al CyT (Tabla 4). Esto se evidencia al observar los valores de los p values en la tabla.

Tabla 4. Prueba de Causalidad de Granger – VAR CyT PIB de 7 Rezagos

Hipótesis nula	Test de Granger		
	Chi-sq	df	Prob.
CyT no causa a PIB	12.79203	5	0.0254
PIB no causa a CyT	8.692349	5	0.1220

La tabla de dialogo resumen indica tres especificaciones de Cointegración tanto en la prueba de la Traza como en la del MaximunEigenvalue, 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

estudio se seleccionará sólo intercepto en la ecuación de cointegración (CE) y no tendencia en el VAR para la de tendencia determinística lineal en los datos (Tabla 5).

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

Data Trend:	None	None	Linear	Linear	Quadratic
Test Type	No Intercept No Trend	Intercept No Trend	Intercept No Trend	InterceptTrend	InterceptTrend
Trace	1	1	0	1	1
Max-Eig	1	0	0	1	1

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 una relación de cointegración al nivel del 5%, comportamiento similar en el caso de la prueba de MáximunEigenValue, concluyendo

que existe un solo vector o relación de cointegración para el caso de Ecuador (Tabla 6).

Tabla 6. 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	0.669033	29.78784	25.87211	0.0154
Cuando más 1	0.318634	7.673113	12.51798	0.2795
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	0.669033	22.11473	19.38704	0.0196
Cuando más 1	0.318634	7.673113	12.51798	0.2795

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

## 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 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 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 en la ecuación de cointegración, y 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.

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.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado-Anastacio, M., Quinde-Rosales, V., & Bucaram-Leverone, R. (2017). El sector agrícola no tradicional y su relación con el producto interno bruto del Ecuador. *El Misionero del Agro*, 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)
- Bacon, F. (1949). *Novum Organum*. Buenos Aires: Losada.
- Buendía, R., Rivas, J., & Alonso, I. (2017). Evaluación del potencial del desarrollo en ciencia y tecnología en México 2000-2015. *Economía Informa*, 402, 13-28. Recuperado de <http://www.economia.unam.mx/assets/pdfs/econinfo/402/02BuendiaRivasAlonso.pdf>
- Duque, E. (2015). Seminario Metodología de la Investigación. *Boletín del Archivo Arquidiocesano de Mérida*, 10(27), 25-46. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/691/69111740002.pdf>
- Ecuador. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2012). *Transformación de la matriz productiva*. Quito: SENPLADES.
- Fernández, J. (2015). Economía neo-schumpeteriana, innovación y política tecnológica. *Cuadernos de economía*, 38, 79-89. Recuperado de <https://ideas.repec.org/a/cud/journal/v38y2015i107p79-89.html>
- García-Pérez, D., Gálvez-Albarracín, E., & Maldonado-Guzmán, G. (2016). Efecto de la innovación en el crecimiento y el desempeño de las Mipymes de la Alianza del Pacífico. Un estudio empírico. *Estud.gerenc.* 32(141), 326-335. Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-59232016000400326&script=sci\\_abstract&lng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-59232016000400326&script=sci_abstract&lng=es)
- Hatch, N. W., & Mowery, D. C. (1998). Process innovation and learning by doing in semiconductor manufacturing. *Management Science*, 44(11), 1461-1477. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/2634893>
- Ibujés, J., & Benavides, M. (2017). Contribución de la tecnología a la productividad de las pymes de la industria textil en Ecuador. *Cuadernos de economía*, 41(115), 140-150. Recuperado de <https://ideas.repec.org/a/cud/journal/v41y2018i115p140-150.html>
- Keupp, M. M., Palmié, M., & 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. Recuperado de <https://www.alexandria.unisg.ch/217966/1/Keupp%20et%20al.%202012%20IJMR.pdf>
- Marx, K. (1999). *El capital* (3ª ed., Vol. 1). México: Fondo de Cultura Económica.
- Pricewater house Coopers. (2014). *La Alianza del Pacífico. Una nueva era para América Latina*. México: Edita PwC.
- Reichstein, T., & Salter, A. (2006). Investigating the sources of process innovation among UK manufacturing firms. *Industrial and Corporate Change*, 15(4), 653-682. Recuperado de <https://spiral.imperial.ac.uk/bitstream/10044/1/1211/1/ReichsteinSalterprocessinnovation.pdf>
- Schumpeter, J. A. (1934). *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest and the Business Cycle*. Cambridge: Harvard University Press.
- Velho, L. (2011). La ciencia y los paradigmas de la política científica, tecnológica y de innovación, en *Estudio social de la ciencia y la tecnología desde América Latina*, México: Siglo del Hombre Editores.