

Ciencia, tecnología y desarrollo económico: un análisis correlacional en Panamá

Science, technology, and economic development: a correlational analysis in Panama

Betzaida M. Jiménez

Universidad de Panamá, Facultad de Economía, Panamá

betzaida-m.jimenez@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0003-2032-5761>

Jorge Ramos D

Universidad de Panamá, Facultad de Economía. Panamá.

jorge.ramos-d@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0001-7598-0937>

Fecha de recepción: 29/09/2025

Fecha de aceptación: 22/10/2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/2710-7744.9059>

Resumen

La inversión en ciencia y tecnología constituye un elemento clave para impulsar el crecimiento económico y el desarrollo sostenible. Este estudio analiza la relación entre la inversión en ciencia y tecnología (I+D) y el Producto Interno Bruto (PIB) de Panamá durante 2000-2020. Se aplicó un diseño correlacional mediante regresión lineal simple, empleando Econometric Views como herramienta estadística. Los datos se obtuvieron del Instituto Nacional de Estadística y Censo de Panamá. Los resultados indican una relación moderada positiva entre ambas variables ($R = 0.73$, $R^2 = 0.54$), confirmando que la inversión en ciencia y tecnología explica el 54% de la variabilidad del PIB. No obstante, esta asociación moderada sugiere la necesidad de incorporar variables adicionales en futuras investigaciones para ampliar la comprensión del fenómeno.

Palabras claves: inversión en I+D, crecimiento económico, Panamá, análisis correlacional, desarrollo económico.

Summary

Investment in science and technology is a key element for driving economic growth and sustainable development. This study analyzes the relationship between investment in science and technology (R&D) and Panama's Gross Domestic Product (GDP) during 2000-2020. A correlational design was applied through simple linear regression, using Econometric Views as a statistical tool. Data were obtained from Panama's National Institute of Statistics and Census. Results indicate a moderate positive relationship between both variables ($R = 0.73$, $R^2 = 0.54$), confirming that investment in science and technology explains 54% of GDP variability. However, this moderate association suggests the need to incorporate additional variables in future research to expand understanding of the phenomenon.

Keywords: R&D investment, economic growth, Panama, correlational analysis, economic development.

1.Introducción

La inversión en ciencia y tecnología se ha consolidado como un factor esencial para el desarrollo económico de los países en el siglo XXI. Durante el período 2000-2020, Panamá experimentó avances significativos en infraestructura tecnológica, educación superior e investigación y desarrollo, acompañados de políticas públicas orientadas a atraer capital hacia sectores vinculados con la tecnología (SENACYT, 2020). Estos esfuerzos han favorecido la diversificación económica, la generación de empleo y potencialmente la mejora en la calidad de vida de la población.

El análisis de este período resulta particularmente relevante considerando que Panamá

reafirmó su compromiso institucional con la innovación y la tecnología como motores de progreso económico, tal como se evidencia en la formulación del Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (PENCIYT) y la creación de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT). Durante estas dos décadas, el país transitó gradualmente hacia una economía con mayor orientación al conocimiento. El propósito de esta investigación es examinar el grado de asociación entre la inversión en ciencia y tecnología y el crecimiento económico panameño, identificando los factores que han impulsado este proceso, así como los retos y oportunidades que surgieron en la transición hacia una economía basada en el conocimiento. Este estudio busca aportar una visión integral del impacto de la inversión en ciencia y tecnología en la evolución económica del país durante el período seleccionado.

2. Marco Conceptual

Teoría del Crecimiento Endógeno

La teoría del crecimiento endógeno surge como una alternativa a los modelos de crecimiento exógeno, proponiendo que el crecimiento económico sostenido a largo plazo puede explicarse a través de factores internos como la inversión en capital humano, la investigación y el desarrollo (I+D), la innovación tecnológica y la acumulación de conocimiento (Romer, 1986; Aghion & Howitt, 1992).

La inversión en capital humano constituye uno de los fundamentos principales de esta teoría. Mankiw et al. (1992) demostraron empíricamente que la inversión en capital humano, entendida como el conjunto de habilidades, conocimientos y capacidades de la fuerza laboral, puede sostener el crecimiento en el largo plazo al incrementar la productividad de los trabajadores.

La investigación y el desarrollo representan otro pilar fundamental. Romer (1990) sostiene que la inversión en I+D eleva la productividad de los trabajadores y genera un flujo constante de innovaciones que permiten alcanzar rendimientos crecientes y sostener el crecimiento económico. De manera complementaria, Aghion y Howitt (1992) señalan que la innovación tecnológica constituye un motor esencial del crecimiento endógeno al mejorar la eficiencia y competitividad empresarial.

A nivel internacional, Fagerberg (1994) analizó el papel de la tecnología en las diferencias de crecimiento entre países, mientras que Verspagen (2001) distinguió entre la absorción de tecnología extranjera y la capacidad de un país para liderar en innovación, enfatizando que la generación de patentes y las competencias tecnológicas explican gran parte de las divergencias económicas globales. Estos estudios demuestran la importancia de considerar tanto factores institucionales como la capacidad nacional de innovación.

Limitaciones en Contextos de Desarrollo

Sin embargo, autores como Goñi y Maloney (2014) advierten que en países menos desarrollados los retornos de la I+D pueden ser limitados debido a la falta de factores complementarios como capital humano avanzado, infraestructura científica y un sector privado dinámico. Maloney y Rodríguez-Clare (2010) añaden que limitaciones estructurales como la rigidez laboral, la escasa formación de recursos humanos y el acceso limitado al crédito reducen la efectividad de la I+D. En conjunto, estos factores limitan el potencial de aprovechamiento de la inversión en innovación en contextos de desarrollo incompleto.

Ciencia, Tecnología e Impacto Económico

La ciencia y la tecnología atraviesan todos los aspectos de la vida cotidiana, desde la comunicación hasta la producción de alimentos, contribuyendo con avances en

medicina, informática, energía, industria y agricultura. Su propósito central es mejorar la calidad de vida resolviendo problemas complejos y optimizando recursos. A la vez, representan una fuente importante de innovación y empleo, impactando directamente en el crecimiento económico. La inversión en ciencia y tecnología se configura como un eje crucial para el desarrollo económico, al impulsar la innovación, la productividad y la generación de nuevas oportunidades de progreso.

3. Metodología

Diseño de Investigación

Se aplicó un diseño correlacional que busca medir el grado de asociación entre la inversión en ciencia y tecnología (I+D) y el crecimiento económico de Panamá, sin que ello implique necesariamente una relación de causalidad directa. Este diseño permite identificar si existe una vinculación estadística entre las variables y establecer la dirección de dicha relación (Babbie, 2016).

Variables de Estudio y Definición Operativa

- **Variable Dependiente:** Producto Interno Bruto (PIB) nominal en millones de balboas. El PIB nominal fue seleccionado como medida agregada de la producción económica nacional durante el período analizado.
- **Variable Independiente:** Inversión en Ciencia y Tecnología (I+D) medida en millones de balboas. Esta variable representa el gasto efectuado por el sector público y privado en actividades de investigación y desarrollo.

Recolección de Datos

Los datos fueron recopilados del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC)

de Panamá, institución oficial responsable de la generación de estadísticas económicas del país.

La serie temporal comprende 21 observaciones anuales (2000-2020), período durante el cual Panamá experimentó transformaciones significativas en su estructura económica. Se seleccionó esta fuente por su confiabilidad institucional y disponibilidad de datos consistentes para el período analizado.

Modelo Econométrico

Se empleó el modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), metodología estadística ampliamente utilizada en econometría para estimar los parámetros de una regresión lineal. El MCO se basa en la minimización de la suma de los cuadrados de las diferencias entre los valores observados y los predichos por el modelo.

Ecuación del modelo:

$$Y = a + b_1X_1 + \varepsilon$$

Donde:

- **Y** = Producto Interno Bruto (variable dependiente)
- **a** = Intercepto (valor de PIB cuando inversión en I+D es cero)
- **b₁** = Coeficiente de pendiente (cambio en PIB ante cambio unitario en I+D)
- **X₁** = Inversión en Ciencia y Tecnología (variable independiente)
- **ε** = Término de error

Supuestos del Modelo MCO

Para que los estimadores obtenidos mediante MCO sean válidos, deben cumplirse los siguientes supuestos:

1. **Linealidad en los parámetros:** El modelo debe ser lineal en los coeficientes β .
2. **Exogeneidad:** Las variables independientes no deben estar correlacionadas con el término de error.
3. **No multicolinealidad perfecta:** Las variables independientes no deben ser linealmente dependientes.
4. **Homocedasticidad:** La varianza de los errores debe ser constante.
5. **No autocorrelación:** Los errores deben ser independientes entre sí.

El modelo fue estimado con un nivel de confianza del 95% utilizando el software Econometric Views.

Formulación de Hipótesis

- **Hipótesis nula (H_0):** No existe relación significativa entre la inversión en I+D y el crecimiento económico (PIB) de Panamá durante 2000-2020.
- **Hipótesis de investigación (H_1):** Existe relación significativa entre la inversión en I+D y el crecimiento económico (PIB) de Panamá durante 2000-2020.
- **Hipótesis estadística:** $H_0: R = 0$ vs. $H_1: R \neq 0$

Resultados

Ecuación de Regresión Estimada

Una vez importados los datos al software Econometric Views, se obtuvo la siguiente ecuación de regresión simple:

$$Y = -1,984.74 + 636.45X_1$$

Donde:

- **-1,984.74** = Intercepto (valor teórico del PIB cuando la inversión en I+D es cero)

- **636.45** = Coeficiente de pendiente (por cada millón de balboas adicional invertido en I+D, el PIB aumenta en 636.45 millones de balboas)

Tabla 1

Resultados del Análisis de Varianza y Regresión

Estadísticas de Regresión	Valor
Coeficiente de Correlación (R)	0.73
Coeficiente de Determinación (R^2)	0.54
R^2 Ajustado	0.51
Error Estándar	14,018.97

Tabla 2

Análisis de Varianza (ANOVA)

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de Cuadrados	F	Valor critico
Regresión	1	1 4,439,078,792.31	4,439,078,792.31	22.59	0.00
residuos	19	3,734,100,068.79	196,531,582.57	-	-
Total	20	8,173,178,861.10	-	-	-

Tabla 3

Coeficientes del Modelo

Variables	Coeficiente	Error Estándar	Estadístico t	Valor p	IC 95%
intercepto	-1,984.74	8,295.20	-0.24	0.81	[-19,346.79; 15,377.32]

Inversión en I+D	636.45	133.92	4.75	0.00	[356.16; 916.74]
------------------	--------	--------	------	------	------------------

Interpretación de Resultados

El coeficiente de correlación de Pearson ($R = 0.73$) indica una asociación moderada positiva entre la inversión en ciencia y tecnología y el PIB de Panamá. El coeficiente de determinación ($R^2 = 0.54$) sugiere que aproximadamente el 54% de la variabilidad en el PIB puede ser explicada por la inversión en I+D, mientras que el 46% restante es atribuible a otras variables no incluidas en el modelo.

El estadístico $F = 22.59$ con valor $p = 0.00$ indica que la relación es estadísticamente significativa al nivel de confianza del 95%, permitiendo rechazar la hipótesis nula. El coeficiente de la variable inversión en I+D es positivo ($b = 636.45$, $p < 0.01$), confirmando que incrementos en la inversión en ciencia y tecnología están asociados con incrementos en el PIB.

Sin embargo, la magnitud moderada del coeficiente de determinación sugiere que existen otros factores relevantes no capturados en este modelo simple, como la calidad institucional, el acceso al financiamiento internacional, la transferencia tecnológica, y la estructura sectorial de la economía panameña.

4. Discusión

Los hallazgos de este estudio confirman la relación entre inversión en I+D y crecimiento económico en Panamá, consistente con la literatura internacional que respalda la teoría del crecimiento endógeno. La relación moderada encontrada ($R^2 =$

0.54) refleja la realidad de un país en desarrollo donde la I+D es un factor importante pero no determinante exclusivo del crecimiento económico.

Esta asociación moderada es consistente con las advertencias de Goñi y Maloney (2014) sobre limitaciones en países menos desarrollados. En el caso de Panamá, los retornos moderados de la inversión en I+D pueden atribuirse a factores complementarios incompletos, como brechas en capital humano altamente calificado, limitaciones en infraestructura científica especializada, y un sector privado con capacidad variable de absorción tecnológica.

La significancia estadística del coeficiente de inversión en I+D refuerza la relevancia de las políticas públicas orientadas a estimular este tipo de inversión. Sin embargo, la necesidad de incorporar variables adicionales sugiere que futuras investigaciones deben considerar factores institucionales, de gobernanza, apertura comercial, y características del sistema científico nacional.

5.Conclusiones

Se confirma la hipótesis de investigación mediante la estimación del modelo de regresión, demostrando que existe una relación estadísticamente significativa entre la inversión en ciencia y tecnología y el crecimiento económico de Panamá durante 2000-2020 ($F = 22.59$, $p < 0.01$). Esta relación resulta moderada ($R = 0.73$, $R^2 = 0.54$), lo que sugiere que la inversión en I+D explica más de la mitad de la variabilidad del PIB, aunque otros factores también desempeñan roles relevantes.

Para futuras investigaciones se recomienda incorporar variables adicionales como indicadores institucionales, acceso al financiamiento, acumulación de capital humano,

apertura comercial, y características del sector empresarial, con el fin de enriquecer y ampliar el modelo explicativo del crecimiento económico en Panamá.

La inversión en ciencia y tecnología ha demostrado ser un factor importante para el crecimiento económico en el contexto panameño. Las políticas públicas orientadas a estimular esta inversión mediante incentivos fiscales, financiamiento directo de proyectos de investigación y esquemas de cooperación público-privada resultan relevantes para la promoción del desarrollo económico sostenible.

La capacidad de Panamá para acceder, adoptar y adaptar tecnologías y conocimientos generados globalmente constituye un factor decisivo para sostener su competitividad. Esta dimensión internacional de la ciencia y tecnología debe considerarse en futuras estrategias de política científica y tecnológica nacional.

6. Referencias Bibliográficas

Aghion, P., & Howitt, P. (1992). A model of growth through creative destruction.

Econometrica, 60(2), 323–351. <https://doi.org/10.2307/2951599>

Babbie, E. R. (2016). *The practice of social research* (14th ed.). Cengage Learning.

Fagerberg, J. (1994). Technology and international differences in growth rates. *Journal of Economic Literature*, 32(3), 1147–1175.

Goñi, E., & Maloney, W. F. (2014). Why don't Latin Americans save? *World*

Development, 45, 375–391. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2013.01.003>

Mankiw, N. G., Romer, D., & Weil, D. N. (1992). A contribution to the empirics of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 107(2), 407–437.

<https://doi.org/10.2307/2118477>

Maloney, W. F., & Rodríguez-Clare, A. (2010). Innovation shortfalls. *The Review of Development Economics*, 14(2), 202–220. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9361.2010.00545.x>

Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002–1037. <https://doi.org/10.1086/261420>

Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98(5), 71–102. <https://doi.org/10.1086/261725>

SENACYT. (2020). *Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2019-2024*. Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. <https://www.senacyt.gob.pa/pencyt-2019-2024/>

Verspagen, B. (2001). Economic growth and technological change: An evolutionary interpretation. *DRUID Working Paper*, 01–21.