

Impacto de la Producción Científica en el Desarrollo Socioeconómico: Un Análisis Cuantitativo Global

Impact of Scientific Production on Socioeconomic Development: A Global Quantitative Analysis.

Rubén Carlos Tunqui Cruz

carlostunqui@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-7450-3765>**Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca. Sucre, Bolivia**

Artículo recibido: 01 de marzo 2025 | Arbitrado: 25 de marzo 2025 | Aceptado: 25 de abril 2025 | Publicado: 27 de mayo 2025

Resumen

El presente estudio investiga la relación cuantitativa entre la producción científica, medida a través de la inversión en Investigación y Desarrollo (I+D), y el desarrollo socioeconómico, evaluado mediante indicadores como el Producto Interno Bruto (PIB) per cápita y el crecimiento económico. Utilizando un enfoque metodológico cuantitativo, se analizaron datos de panel de 18 países, clasificados en tres grupos (Desarrollados, Emergentes y Latinoamérica), durante el período 2010-2022. Los datos fueron obtenidos de fuentes oficiales como el Banco Mundial y la OCDE. Los resultados revelan una correlación positiva, fuerte y estadísticamente significativa ($r = 0.730$, $p < 0.001$) entre el gasto en I+D como porcentaje del PIB y el PIB per cápita. Sin embargo, no se encontró una correlación significativa entre la inversión en I+D y el crecimiento económico anual a corto plazo. El análisis comparativo demuestra brechas sustanciales en la inversión en I+D, con los países desarrollados invirtiendo en promedio un 2.81% de su PIB, en comparación con el 1.03% de los emergentes y el 0.34% de los latinoamericanos. Estas diferencias se asocian con disparidades en el nivel de ingreso y la estructura productiva. Se concluye que la inversión sostenida en ciencia y tecnología es un factor fundamental para alcanzar mayores niveles de desarrollo socioeconómico a largo plazo, aunque su impacto en el crecimiento coyuntural no sea directo. El estudio subraya la necesidad de que los países, especialmente los emergentes y en desarrollo, fortalezcan sus políticas de fomento a la I+D como estrategia para la transformación productiva y la mejora del bienestar social.

Palabras clave: Producción científica, Desarrollo socioeconómico, Inversión en I+D, Crecimiento económico, Bibliometría, Análisis cuantitativo, Política científica.

Abstract

This study investigates the quantitative relationship between scientific production, measured through Research and Development (R&D) investment, and socioeconomic development, assessed through indicators such as Gross Domestic Product (GDP) per capita and economic growth. Using a quantitative methodological approach, panel data from 18 countries, classified into three groups (Developed, Emerging, and Latin America), were analyzed for the period 2010-2022. Data were obtained from official sources such as the World Bank and the OECD. The results reveal a strong, positive, and statistically significant correlation ($r = 0.730$, $p < 0.001$) between R&D expenditure as a percentage of GDP and GDP per capita. However, no significant correlation was found between R&D investment and short-term annual economic growth. The comparative analysis demonstrates substantial gaps in R&D investment, with developed countries investing an average of 2.81% of their GDP, compared to 1.03% for emerging countries and 0.34% for Latin American countries. These differences are associated with disparities in income levels and productive structures. It is concluded that sustained investment in science and technology is a fundamental factor for achieving higher levels of long-term socioeconomic development, although its impact on cyclical growth may not be direct. The study underscores the need for countries, especially emerging and developing ones, to strengthen their R&D promotion policies as a strategy for productive transformation and social welfare improvement.

Keywords: Scientific Production, Socioeconomic Development, R&D Investment, Economic Growth, Bibliometrics, Quantitative Analysis, Science Policy.

INTRODUCCIÓN

La relación entre la generación de conocimiento y el progreso de las naciones ha sido un tema central en la economía del desarrollo y las políticas públicas durante décadas. En la economía global contemporánea, caracterizada por una competencia creciente y la rápida obsolescencia tecnológica, la capacidad de un país para crear, adaptar y difundir conocimiento científico y tecnológico se considera un pilar fundamental para sostener el crecimiento económico y mejorar la calidad de vida de su población (Aghion, David & Foray, 2009; Jones, 2021). La producción científica, como manifestación tangible de los esfuerzos de investigación de una nación, emerge como un indicador clave de esta capacidad innovadora. Su estudio no solo permite evaluar el dinamismo de los sistemas de ciencia y tecnología, sino también comprender su impacto potencial en la estructura productiva y el desarrollo socioeconómico general.

Estudios previos han abordado esta relación desde diversas perspectivas. Investigaciones de corte bibliométrico han demostrado que la productividad científica, particularmente en áreas de ciencia básica e ingeniería, tiene un efecto positivo y significativo en la complejidad económica de los países, un indicador que refleja la diversidad y sofisticación de su canasta exportadora (Laverde-Rojas & Correa, 2019). Otros trabajos empíricos han encontrado una fuerte correlación entre la inversión en Investigación y Desarrollo (I+D), principal motor de la producción científica, y el tamaño de la economía, sugiriendo que el conocimiento generado a través de la I+D tiene el potencial de acelerar el ritmo de crecimiento de un país (Arana-Barbier, 2023). De manera similar, se ha establecido que la educación superior, como cuna de la investigación y formación de capital humano avanzado, ejerce un impacto considerable en la productividad laboral y el desarrollo nacional (Li et al., 2024; Trinh et al., 2023).

Sin embargo, la naturaleza de esta relación no es lineal ni inmediata. Vinkler (2008) observó en un estudio longitudinal que, si bien existían correlaciones significativas entre los valores anuales de PIB y el número de publicaciones, no había una relación directa e instantánea entre ambos. Esto sugiere que el impacto de la ciencia en

la economía es un proceso acumulativo y de largo plazo, mediado por complejos mecanismos de transferencia de conocimiento, innovación y adopción tecnológica. Además, persisten importantes brechas en la producción científica y la inversión en I+D a nivel global. Datos de la UNESCO indican que cerca de diez países concentran el 80% del gasto mundial en I+D, y la mayoría de las naciones de ingresos bajos y medios aún invierten menos del 1% de su PIB en esta área (UNESCO, 2021).

Este panorama justifica la necesidad de profundizar en el análisis cuantitativo de la relación entre producción científica y desarrollo socioeconómico, utilizando datos actualizados y metodologías robustas que permitan comparar diferentes grupos de países. El presente artículo busca contribuir a esta línea de investigación mediante un estudio cuantitativo que examina el impacto de la inversión en I+D en el PIB per cápita y el crecimiento económico para un conjunto de 18 países durante el período 2010-2022. El objetivo principal es verificar empíricamente la hipótesis de que una mayor inversión en producción científica se asocia positivamente con mayores niveles de desarrollo socioeconómico, y cuantificar las diferencias existentes entre países desarrollados, emergentes y de América Latina. A través de este análisis, se espera ofrecer evidencia rigurosa que pueda informar el diseño de políticas científicas y de desarrollo más efectivas.

De este modo, la fundamentación teórica que vincula la producción científica con el desarrollo socioeconómico se ancla en varias corrientes del pensamiento económico y de los estudios de ciencia y tecnología. Una de las bases más influyentes es la teoría del crecimiento endógeno, desarrollada por economistas como Paul Romer y Robert Lucas. A diferencia de los modelos neoclásicos que consideraban el progreso tecnológico como un factor exógeno, los modelos de crecimiento endógeno postulan que el crecimiento económico es el resultado de fuerzas internas al sistema, principalmente la inversión en capital humano, la innovación y la creación de conocimiento (Ulku, 2004). En este marco, la Investigación y Desarrollo (I+D) deja de ser un residuo y se convierte en el motor principal que impulsa la productividad y la

competitividad a largo plazo. La producción científica, materializada en publicaciones, patentes y nuevo conocimiento, es el producto directo de esta inversión en I+D.

El concepto de Sistema Nacional de Innovación (SNI), popularizado por autores como Christopher Freeman, Bengt-Åke Lundvall y Richard Nelson, ofrece un marco más amplio para comprender estas dinámicas. El SNI se define como la red de instituciones de los sectores público y privado cuyas actividades e interacciones inician, importan, modifican y difunden nuevas tecnologías (Şener & Saridoğan, 2011). Dentro de este sistema, las universidades y los centros públicos de investigación desempeñan un papel crucial en la generación de conocimiento básico, que, aunque no siempre tenga una aplicación comercial inmediata, constituye el sustrato sobre el cual se construyen las innovaciones tecnológicas futuras. Aghion et al., (2009) refinan esta idea al proponer los sistemas 'STIG' (Ciencia, Tecnología, Innovación y Crecimiento), que integran la política de innovación con la política de ciencia y tecnología, reconociendo sus interdependencias y la necesidad de un enfoque coherente para maximizar el impacto económico.

La medición de estos constructos teóricos requiere el uso de indicadores cuantitativos. La bibliometría ofrece un conjunto de herramientas para evaluar la producción científica a través de indicadores como el número de publicaciones, las citas recibidas y las patentes solicitadas. Las publicaciones en revistas científicas arbitradas son un proxy aceptado de la creación de nuevo conocimiento, mientras que las citas pueden interpretarse como una medida de su impacto o utilidad dentro de la comunidad científica (Vinkler, 2008). Las patentes, por su parte, representan invenciones con potencial aplicación comercial y son un indicador clave de la producción de conocimiento tecnológico (Myszczyszyn, 2020). Aunque estos indicadores tienen limitaciones, su uso sistemático permite realizar análisis comparativos y longitudinales sobre la actividad científica de las naciones.

Un concepto adicional relevante es el de la Complejidad Económica, desarrollado por Hidalgo y Hausmann (2009). Este enfoque sostiene que el desarrollo está relacionado con la cantidad de conocimiento productivo que una sociedad posee.

El Índice de Complejidad Económica (ECI) mide esta capacidad a través de la diversidad y ubicuidad de los productos que un país exporta. Un país con alta complejidad económica es aquel que puede producir una amplia gama de bienes sofisticados que pocos otros países pueden fabricar. Laverde-Rojas y Correa (2019) encontraron una relación positiva entre la productividad científica y el ECI, sugiriendo que la ciencia es un insumo para construir las capacidades productivas que sustentan el desarrollo a largo plazo.

Finalmente, es crucial reconocer que la relación entre ciencia y desarrollo no es homogénea. Depende del nivel de desarrollo del país, su estructura institucional y su capacidad de absorción. Para los países en desarrollo, la inversión en educación superior y la creación de una base científica endógena son fundamentales para poder absorber y adaptar tecnologías existentes, y eventualmente, generar innovaciones propias (Lin, 2004; Mohamed et al., 2022). La investigación básica, aunque a menudo criticada por su aparente falta de aplicabilidad inmediata, es crucial para construir estas capacidades a largo plazo (Moyo, 2024).

Con base en este marco teórico, el presente estudio plantea las siguientes hipótesis:

- H1: Existe una correlación positiva y significativa entre el nivel de inversión en I+D (como porcentaje del PIB) y el nivel de desarrollo económico de un país (medido por el PIB per cápita).
- H2: Los países con mayor inversión en I+D (grupo de países desarrollados) presentan niveles de PIB per cápita significativamente más altos que los países con menor inversión (grupos de países emergentes y de Latinoamérica).
- H3: La relación entre la inversión en I+D y el crecimiento económico a corto plazo es débil o no significativa, lo que sugiere que el impacto de la ciencia en la economía es un fenómeno de largo plazo.

METODOLOGÍA

Para abordar los objetivos propuestos y contrastar las hipótesis, se diseñó un estudio cuantitativo, no experimental, de tipo correlacional y con un diseño longitudinal de datos de panel. Este enfoque permite analizar la relación entre variables a lo largo del tiempo y a través de diferentes unidades de análisis (países), controlando así posibles efectos fijos y mejorando la robustez de las estimaciones.

La muestra del estudio está compuesta por 18 países, seleccionados intencionalmente para representar diferentes niveles de desarrollo y regiones geográficas. Los países fueron clasificados en tres grupos:

1. Países Desarrollados (n=7): Alemania, Canadá, Corea del Sur, Estados Unidos, Francia, Japón y Reino Unido. Estos países fueron seleccionados por ser miembros de la OCDE con altos niveles de ingreso y una inversión consolidada en I+D.
2. Países Emergentes (n=7): Brasil, China, India, México, Rusia, Sudáfrica y Turquía. Este grupo incluye a los BRICS y otras economías de gran escala con sistemas de ciencia y tecnología en expansión.
3. Países de Latinoamérica (n=4): Argentina, Chile, Colombia y Perú. Seleccionados para tener una representación más específica de la región, incluyendo miembros de la Alianza del Pacífico y el Mercosur.

El período de análisis abarca desde el año 2010 hasta el 2022, inclusive (13 años). La elección de este período permite capturar las tendencias posteriores a la crisis financiera global de 2008 y disponer de datos homogéneos para la mayoría de los países e indicadores.

Los datos para todas las variables fueron recopilados de bases de datos de acceso público y reconocido prestigio internacional para garantizar su validez y fiabilidad. La principal fuente de datos fue el repositorio de Datos del Banco Mundial (World Bank Open Data). Adicionalmente, se utilizaron como referencia informes y bases de datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y del Instituto de Estadística de la UNESCO (UIS) para contextualizar los hallazgos.

Se definieron las siguientes variables para el análisis:

- Variable Independiente Principal: Producción Científica. Como *proxy* de la inversión en producción científica, se utilizó el indicador Gasto en Investigación y Desarrollo como porcentaje del PIB (GB.XPD.RSDV.GD.ZS). Este indicador es ampliamente aceptado en la literatura como la medida más representativa del esfuerzo de una nación por generar nuevo conocimiento (Arana-Barbier, 2023; Vinkler, 2008).
- Variables Dependientes: Desarrollo Socioeconómico. Se utilizaron dos indicadores principales:
 1. Nivel de Desarrollo: Medido a través del PIB per cápita en dólares estadounidenses corrientes (NY.GDP.PCAP.CD). Este indicador refleja el ingreso promedio por habitante y es una medida estándar del nivel de vida y desarrollo económico de un país.
 2. Dinamismo Económico: Medido a través del Crecimiento del PIB anual en porcentaje (NY.GDP.MKTP.KD.ZG). Este indicador captura la variación porcentual del producto interno bruto de un año a otro, reflejando el dinamismo de la economía a corto y mediano plazo.

El análisis de los datos se realizó en varias etapas utilizando el software Python y sus librerías especializadas en análisis de datos (Pandas, NumPy, SciPy) y visualización (Matplotlib, Seaborn).

1. Análisis Descriptivo: Se calcularon estadísticas descriptivas (media, mediana, desviación estándar, mínimo, máximo) para las variables de interés, tanto a nivel global como para cada país y grupo de países. Esto permitió caracterizar la distribución de los datos e identificar patrones generales.
2. Análisis Correlacional: Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson (r) para medir la fuerza y la dirección de la asociación lineal entre la variable independiente (Gasto en I+D) y las variables dependientes (PIB per cápita y Crecimiento del PIB). Se calculó el p-valor asociado para determinar la significancia estadística de las correlaciones (con un nivel de alfa de 0.05).

3. **Análisis Comparativo:** Se realizaron comparaciones de las medias de los indicadores entre los tres grupos de países definidos (Desarrollados, Emergentes, Latinoamérica) para identificar diferencias estructurales en la inversión en I+D y el desempeño económico.
4. **Visualización de Datos:** Se generaron gráficos de dispersión con líneas de tendencia para visualizar la relación entre las variables clave, y gráficos de barras con barras de error para comparar los promedios entre los grupos de países. Estas visualizaciones son fundamentales para interpretar y comunicar los resultados del análisis cuantitativo.

RESULTADOS

El análisis cuantitativo de los datos recopilados para 18 países durante el período 2010-2022 arrojó una serie de hallazgos significativos que se presentan a continuación. Estos resultados se estructuran en torno al análisis descriptivo de la inversión en I+D, la comparación entre los grupos de países definidos y el análisis de correlación entre las variables de estudio.

Estadísticas Descriptivas de la Inversión en I+D

El análisis del gasto en Investigación y Desarrollo (I+D) como porcentaje del PIB revela una considerable heterogeneidad entre los países de la muestra. La Tabla 1 presenta las estadísticas

descriptivas para este indicador, mostrando el promedio, la desviación estándar, y los valores mínimo y máximo para cada país durante el período analizado. Corea del Sur y Japón emergen como los líderes indiscutibles en esfuerzo inversor, con promedios de 4.24% y 3.23% de su PIB dedicado a I+D, respectivamente. Les siguen otros países desarrollados como Alemania (2.98%), Estados Unidos (2.97%) y Francia (2.22%).

En contraste, los países emergentes y de América Latina muestran niveles de inversión sustancialmente menores. China, aunque clasificada como emergente, destaca con una inversión promedio del 2.11%, superando a varios países desarrollados y mostrando una clara tendencia al alza. Otros países emergentes como Brasil (1.20%) y Turquía (1.08%) se sitúan en un nivel intermedio, mientras que la mayoría de los países de América Latina, como Argentina (0.54%), Chile (0.34%), Colombia (0.26%) y Perú (0.13%), se encuentran en la parte inferior de la distribución, con inversiones que no superan el 0.6% de su PIB en promedio.

Tabla 1. Estadísticas Descriptivas del Gasto en I+D (% del PIB) por País (2010-2022)

País	Código	Grupo	Promedio	Desv Est	Mínimo	Máximo	N años
Korea, Rep.	KOR	Desarrollados	4.239	0.547	3.566	5.211	13
Japan	JPN	Desarrollados	3.233	0.089	3.113	3.336	13
Germany	DEU	Desarrollados	2.979	0.148	2.798	3.193	13
United States	USA	Desarrollados	2.973	0.329	2.641	3.466	12
United Kingdom	GBR	Desarrollados	2.241	0.512	1.658	2.911	12
France	FRA	Desarrollados	2.221	0.030	2.188	2.284	13

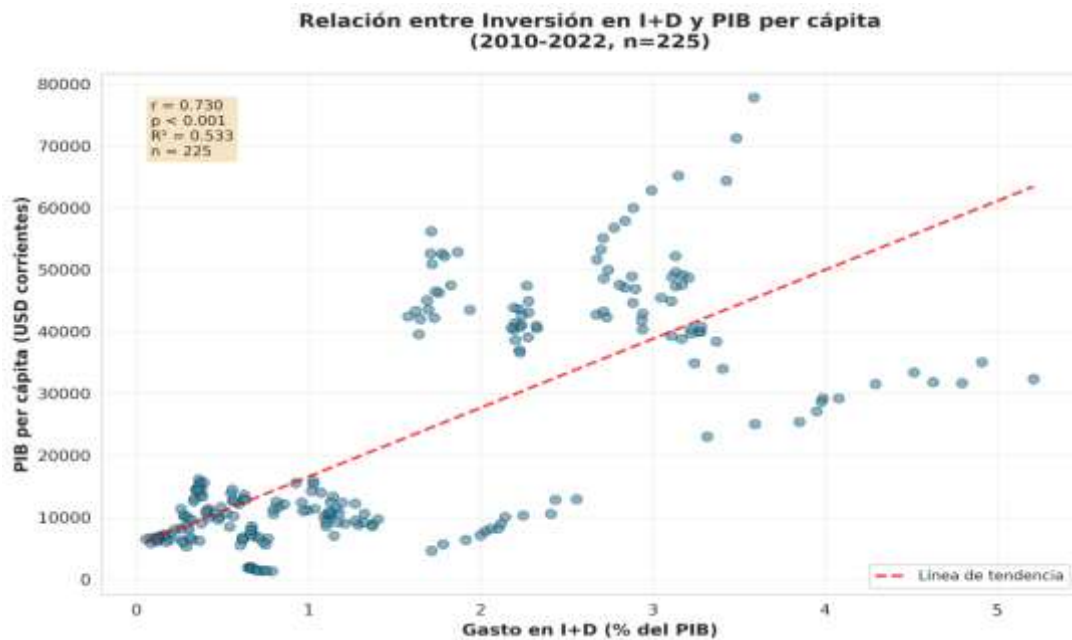
País	Código	Grupo	Promedio	Desv Est	Mínimo	Máximo	N años
China	CHN	Emergentes	2.114	0.248	1.705	2.555	13
Canada	CAN	Desarrollados	1.763	0.073	1.659	1.898	13
Brazil	BRA	Emergentes	1.199	0.079	1.096	1.343	11
Turkiye	TUR	Emergentes	1.079	0.244	0.838	1.401	13
South Africa	ZAF	Emergentes	0.771	0.075	0.619	0.841	10
Russian Federation	RUS	Emergentes	0.675	0.401	0.258	1.187	13
Argentina	ARG	Latinoamericana	0.544	0.055	0.478	0.635	13
Mexico	MEX	Emergentes	0.422	0.091	0.294	0.556	12
Chile	CHL	Latinoamericana	0.344	0.019	0.322	0.381	11
Colombia	COL	Latinoamericana	0.258	0.041	0.198	0.311	13
India	IND	Emergentes	0.211	0.213	0.055	0.664	9
Peru	PER	Latinoamericana	0.129	0.030	0.079	0.171	11

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial (2024).

Análisis Correlacional

Para evaluar la relación entre la inversión en I+D y el desarrollo socioeconómico, se realizó un análisis de correlación de Pearson. El Gráfico 1 ilustra la relación entre el gasto en I+D (% del PIB) y el PIB per cápita. Se observa una clara tendencia positiva: a medida que aumenta la inversión en I+D, el PIB per cápita también tiende a ser mayor. El análisis estadístico confirma esta apreciación visual, arrojando un coeficiente de correlación (r) de 0.730, lo que indica una asociación lineal fuerte y positiva. El p -valor asociado es inferior a 0.001, lo que permite rechazar la hipótesis nula de no correlación

y afirmar que la relación es estadísticamente significativa. El coeficiente de determinación (R^2) de 0.533 sugiere que aproximadamente el 53.3% de la variabilidad en el PIB per cápita entre los países y años analizados puede ser explicada por la variación en el gasto en I+D.

Gráfico 1. Relación entre Inversión en I+D y PIB per cápita (2010-2022)

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial (2024).

Por otro lado, al analizar la relación entre el gasto en I+D y el crecimiento económico anual a corto plazo, no se encontró una correlación estadísticamente significativa. El coeficiente de correlación fue de -0.083 con un p-valor de 0.217. Este resultado sugiere que un mayor esfuerzo en

I+D en un año determinado no se traduce directamente en una mayor tasa de crecimiento económico en ese mismo año, lo que respalda la idea de que el impacto de la ciencia en la economía opera en horizontes temporales más largos.

La Tabla 2 resume los resultados de la matriz de correlaciones entre las principales variables.

Tabla 2. Matriz de Correlaciones entre Indicadores Clave (2010-2022)

	I+D (% PIB)	PIB per cápita	Crecimiento PIB (%)
I+D (% PIB)	1.000		
PIB per cápita	0.730*	1.000	
Crecimiento PIB (%)	-0.083	-0.172*	1.000

Nota: $p < 0.05$. Correlación significativa. Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial (2024).

Análisis Comparativo por Grupos de Países

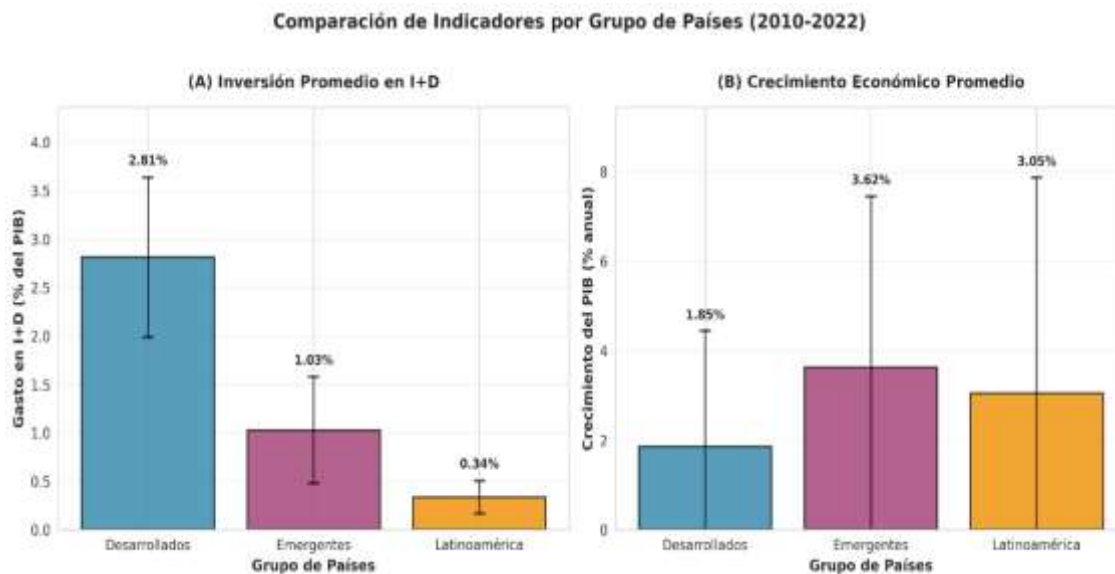
El análisis comparativo entre los tres grupos de países revela brechas estructurales profundas. Como se muestra en el Gráfico 2 (A), el grupo de Países Desarrollados presenta una inversión promedio en I+D del 2.81% de su PIB. Este valor es casi tres veces superior al del grupo de Países Emergentes

(1.03%) y más de ocho veces superior al del grupo de Latinoamérica (0.34%). Estas diferencias en el esfuerzo inversor se corresponden directamente con los niveles de ingreso, donde los países desarrollados muestran un PIB per cápita promedio (aprox. \$44,176 USD) muy superior al de los emergentes (aprox. \$8,697 USD) y los latinoamericanos (aprox. \$9,987 USD).

Curiosamente, al observar el crecimiento económico promedio (Gráfico 2 (B)), la relación se invierte. Los Países Emergentes y de Latinoamérica muestran tasas de crecimiento promedio más altas (3.62% y 3.05%, respectivamente) que los Países Desarrollados (1.85%). Este fenómeno, conocido

como convergencia económica, es esperado, ya que las economías en desarrollo tienen un mayor margen para crecer al adoptar tecnologías y capital de las economías más avanzadas. Sin embargo, la base desde la que crecen es mucho menor.

Gráfico 2. Comparación de Indicadores por Grupo de Países (2010-2022)



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial (2024).

La Tabla 3 consolida estas comparaciones, presentando las estadísticas clave para cada grupo de países. Se evidencia que, si bien los países en desarrollo pueden experimentar un crecimiento más rápido a corto plazo, los países desarrollados

mantienen una base de ingreso y una capacidad de inversión en ciencia y tecnología muy superiores, lo que fundamenta su liderazgo económico y tecnológico a largo plazo.

Tabla 3. Comparación de Indicadores Clave por Grupo de Países (Promedio 2010-2022)

Grupo	I+D Promedio (%)	Crecimiento Promedio (%)	PIBpc Promedio (USD)
Desarrollados	2.813	1.853	44,176
Emergentes	1.027	3.625	8,697
Latinoamérica	0.335	3.048	9,987

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial (2024)

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio cuantitativo proporcionan una sólida confirmación empírica de las teorías que postulan una conexión intrínseca entre la producción científica y el desarrollo socioeconómico. La fuerte y significativa

correlación positiva ($r = 0.730$) entre la inversión en I+D y el PIB per cápita (Hipótesis 1) está en línea con una vasta literatura que identifica al conocimiento y la innovación como motores del crecimiento a largo plazo. Este hallazgo es consistente con los modelos de crecimiento

endógeno, que argumentan que la acumulación de conocimiento, impulsada por la I+D, es fundamental para aumentar la productividad y, por ende, el ingreso per cápita (Ulku, 2004; Jones, 2021). El hecho de que más de la mitad de la varianza en el PIB per cápita pueda ser explicada por el gasto en I+D subraya la relevancia de la política científica como una herramienta estratégica para el desarrollo.

El análisis comparativo entre grupos de países (Hipótesis 2) no solo refuerza esta conclusión, sino que también pone de manifiesto la profunda brecha de desarrollo existente. Los países desarrollados, con una inversión promedio en I+D del 2.81% de su PIB, mantienen un nivel de ingreso per cápita que es, en promedio, cinco veces superior al de los países emergentes y latinoamericanos. Este resultado es un reflejo de lo que Vinkler (2008) describió como un ciclo en el que "los países ricos pueden permitirse gastar más en investigación científica, mientras que los países pobres solo pueden gastar menos". Esta dinámica crea un círculo virtuoso para las naciones avanzadas, donde una alta capacidad de inversión alimenta la innovación y la competitividad, lo que a su vez genera los recursos para seguir invirtiendo. Para los países en desarrollo, rompe este ciclo y representa un desafío estructural mayúsculo.

Uno de los hallazgos más interesantes es la ausencia de una correlación estadísticamente significativa entre la inversión en I+D y el crecimiento económico anual a corto plazo (Hipótesis 3). Este resultado, que a primera vista podría parecer contraintuitivo, es en realidad consistente con investigaciones previas y con la naturaleza misma del proceso de innovación. Como también señaló Vinkler (2008), no existe una relación directa e inmediata entre la producción de información y el PIB. La transformación del conocimiento científico en crecimiento económico es un proceso complejo y demorado que implica fases de desarrollo tecnológico, adopción por parte del sector productivo, y finalmente, impacto en la productividad. El crecimiento económico a corto plazo está más influenciado por factores cíclicos, políticas macroeconómicas y shocks externos.

En cambio, la inversión en ciencia y tecnología construye las capacidades fundamentales que determinan la trayectoria de crecimiento de un país

a largo plazo. El hecho de que los países emergentes y latinoamericanos crezcan más rápido en promedio (fenómeno de convergencia) no contradice la importancia de la I+D; simplemente indica que están partiendo de una base más baja y pueden obtener ganancias de productividad al adoptar tecnologías ya existentes. Sin embargo, para sostener ese crecimiento y evitar la "trampa del ingreso medio", es indispensable desarrollar capacidades endógenas de innovación, lo cual requiere una inversión sostenida en I+D (Arana-Barbier, 2023).

Los resultados de este estudio también dialogan con el concepto de complejidad económica. La capacidad de invertir de manera consistente en I+D, como lo hacen los países desarrollados, permite construir un ecosistema de conocimiento que sustenta la producción de bienes y servicios más sofisticados y diversificados. Esto se alinea con los hallazgos de Laverde-Rojas y Correa (2019), quienes vincularon la productividad científica con una mayor complejidad económica. La baja inversión en I+D en América Latina, por ejemplo, puede ser un factor explicativo de la dependencia de la región en la exportación de materias primas y su dificultad para escalar en las cadenas de valor globales.

Es importante reconocer las limitaciones de este estudio. Primero, el uso del gasto en I+D como proxy de la producción científica es una simplificación. No todo el gasto se traduce eficientemente en conocimiento útil, y no se captura la calidad de la investigación. Segundo, el análisis correlacional no permite establecer causalidad. Si bien la teoría sugiere que la I+D impulsa el PIB, también es cierto que los países más ricos tienen más recursos para invertir en I+D. La relación es, muy probablemente, bidireccional y se refuerza mutuamente. Futuras investigaciones podrían emplear técnicas econométricas más avanzadas, como los modelos de vectores autorregresivos (VAR) o el método generalizado de los momentos (GMM) en datos de panel, para explorar estas relaciones causales con mayor profundidad. Finalmente, el estudio se centra en indicadores macroeconómicos y no explora los canales específicos a través de los cuales la ciencia impacta en la sociedad, como la salud, el medio ambiente o la cultura.

CONCLUSIONES

Este estudio se propuso investigar la relación cuantitativa entre la producción científica y el desarrollo socioeconómico, y los resultados confirman de manera contundente la existencia de un vínculo estructural profundo. La principal conclusión es que la inversión sostenida en Investigación y Desarrollo (I+D) es un factor fuertemente asociado con el nivel de desarrollo económico de las naciones, medido a través de su PIB per cápita. La evidencia empírica demuestra que los países que dedican una mayor porción de su producto a la ciencia y la tecnología tienden a disfrutar de mayores niveles de ingreso y bienestar material. Esta relación, lejos de ser una mera coincidencia, refleja el papel fundamental del conocimiento como motor de la productividad, la innovación y la competitividad en la economía global moderna.

Una segunda conclusión clave es la constatación de que el impacto de la ciencia en la economía no es un fenómeno de corto plazo. La ausencia de una correlación significativa entre el gasto en I+D y las tasas de crecimiento anual del PIB sugiere que las políticas científicas deben ser entendidas como inversiones estratégicas a largo plazo. Sus frutos no se materializan en el ciclo económico inmediato, sino en la construcción gradual de capacidades endógenas, la formación de capital humano avanzado y la creación de un ecosistema innovador que, con el tiempo, transforma la estructura productiva de un país y eleva su potencial de crecimiento sostenible.

Finalmente, el estudio evidencia la persistencia de una marcada brecha global en ciencia y tecnología. La disparidad en la inversión en I+D entre los países desarrollados, emergentes y de América Latina es un reflejo y, a la vez, una causa de las desigualdades en el desarrollo. Para los países en desarrollo, los resultados subrayan la urgencia de fortalecer sus sistemas nacionales de innovación. Aumentar la inversión en I+D, fomentar la colaboración entre universidades y sector productivo, y promover la formación de investigadores no son gastos, sino inversiones indispensables para transitar hacia economías basadas en el conocimiento, capaces de generar mayor valor agregado y mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos.

En síntesis, si bien el camino del desarrollo es complejo y multifactorial, este análisis cuantitativo reafirma que la apuesta por la ciencia, la tecnología y la innovación es una condición necesaria, aunque no suficiente, para alcanzar una prosperidad duradera y compartida en el siglo XXI.

REFERENCIAS

- Abramo, G., D'Angelo, C. A., & Murgia, G. (2024). The scientific standing of nations and its relationship with economic competitiveness. *Scientometrics*, 129(1), 495-519. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0304299>
- Aghion, P., David, P. A., & Foray, D. (2009). Science, technology and innovation for economic growth: linking policy research and practice in 'STIG Systems'. *Research Policy*, 38(4), 681-693. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2009.01.013>
- Arana-Barbier, P. J. (2023). The Relationship Between Scientific Production and Economic Growth Through R&D Investment: A Bibliometric Approach. *Journal of Scientometric Research*, 12(3), 596-602. <https://doi.org/10.5530/jscires.12.3.057>
- Hidalgo, C. A., & Hausmann, R. (2009). The building blocks of economic complexity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(26), 10570-10575. <https://doi.org/10.1073/pnas.0900943106>
- Jones, B. F. (2021). Science and Innovation: The Under-Fueled Engine of Prosperity. Economic Strategy Group. <https://www.economicstrategygroup.org/wp-content/uploads/2021/11/8-Jones.pdf>
- Laverde-Rojas, H., & Correa, J. C. (2019). Can scientific productivity impact the economic complexity of countries? *Scientometrics*, 120(1), 267-282. <https://doi.org/10.1007/s11192-019-03118-8>
- Li, J., Wu, Y., & Ledger, S. (2024). How popularising higher education affects economic development. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(1), 1-12. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-03013-5>
- Lin, T. C. (2004). The role of higher education in economic development: An empirical study of Taiwan case. *Journal of Asian Economics*, 15(2), 355-371. <https://doi.org/10.1016/j.asieco.2004.02.006>

- Mansfield, E. (1972). Contribution of R&D to Economic Growth in the United States. *Science*, 175(4021), 477–486. <https://doi.org/10.1126/science.175.4021.477>
- Mohamed, M. M. A., Ariffin, A., & Ahmad, N. (2022). Do Knowledge Economy Indicators Affect Economic Growth? *Sustainability*, 14(8), 4774. <https://doi.org/10.3390/su14084774>
- Moyo, C. (2024). Knowledge creation and economic growth: the importance of basic research. *Cogent Economics & Finance*, 12(1), 2309714. <https://doi.org/10.1080/23311886.2024.2309714>
- Myszczyzyn, J. (2020). The Long-run Relationships between Number of Patents and Economic Growth. *European Research Studies Journal*, 23(Special Issue 2), 544-555. <https://doi.org/10.35808/ersj/1654>
- Pece, A. M., Oros, O. E., & Salisteanu, F. (2015). Innovation and Economic Growth: An Empirical Analysis for CEE Countries. *Procedia Economics and Finance*, 26, 461-467. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00874-6](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00874-6)
- Pinto, T., & Teixeira, A. A. (2024). Research output and economic growth in technological laggard contexts: a longitudinal analysis (1980–2019) by type of research. *Scientometrics*, 129, 1197–1230. <https://doi.org/10.1007/s11192-023-04893-1>
- Pinto, T., & Teixeira, A. A. (2024). Research output and economic growth in technological fields. *Scientometrics*, 129, 1-27. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0304299>
- Samimi, A. J., & Roshan, H. R. (2011). Scientific Output and GDP: Evidence from Countries around the World. *Journal of Education and Vocational Research*, 1(2), 45-48. <https://doi.org/10.22610/jevr.v1i2.23>
- Şener, S., & Saridoğan, E. (2011). The effects of science-technology-innovation on competitiveness and economic growth. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 24, 815-828. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.09.149>
- Trinh, N. T. H., T., T. T. N., & Vu, T. T. H. (2023). Higher Education and Its Role for National Development. A Case Study in Vietnam. *Education Sciences*, 13(4), 386. <https://doi.org/10.3390/educsci13040386>
- Ulku, H. (2004). R&D, innovation, and economic growth: An empirical analysis (IMF Working Paper No. 04/185). International Monetary Fund. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2004/wp04185.pdf>
- UNESCO. (2021). UNESCO Science Report: the race against time for smarter development. UNESCO Publishing. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377250>
- Vinkler, P. (2008). Correlation between the structure of scientific research, scientometric indicators and GDP in EU and non-EU countries. *Scientometrics*, 74(2), 237–254. <https://doi.org/10.1007/s11192-008-0215-z>
- World Bank. (2024). World Bank Open Data. The World Bank Group. <https://data.worldbank.org>
- Zacca-González, G., Chinchilla-Rodríguez, Z., Vargas-Quesada, B., & de Moya-Anegón, F. (2014). Bibliometric analysis of regional Latin America's scientific output in Public Health through SCImago journal & country rank. *BMC public health*, 14(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-632>