

Efectos dinámicos multisectoriales del sector minero en la economía del Perú durante el periodo 2009 al 2022

Dynamic multisectoral effects of the mining sector on the Peruvian economy during the period 2009 to 2022

José Luis Almerco Palomino
Universidad San Ignacio de Loyola, Peru
ORCID ID: 0000-0001-6549-592X
luisalmerco17@gmail.com

María Soledad Cutipa Mamani
Universidad San Ignacio de Loyola, Peru
ORCID ID: 0009-0001-1650-5447
mariacut63@gmail.com

Recibido: 09/12/2025 – Aceptado: 17/12/2025

<https://doi.org/10.56216/radee032025dic.a01>

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es calcular el efecto multisectorial de la minería sobre la economía peruana, a través de los factores de producción minera durante el período del 2009 a 2022. La metodología se basa en el modelo teórico de producción Cobb-Douglas y el método estadístico autorregresivo de rezagos distribuidos (ARDL) con datos en frecuencia trimestral. Los resultados demuestran que, efectivamente, las variables inversión y mano de obra del sector minero sí son significativas y explican los comportamientos diferenciados de los productos brutos internos (PBI) sectoriales en el Perú en el periodo analizado.

Palabras Clave: Efectos sectoriales, análisis dinámico, minería, PBI, Perú, Cobb-Douglas, ARDL, inversión, mano de obra, factores de producción.



Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una Licencia Creative Commons
Autor para correspondencia: José Luis Almerco Palomino, e-mail: luisalmerco17@gmail.com

Citar como: Almerco Palomino, J. L. & Cutipa Mamani, M. S. (2025) Efectos dinámicos multisectoriales del sector minero en la economía del Perú durante el periodo 2009 al 2022. *Revista de Análisis y Difusión de Perspectivas Educativas y Empresariales*, 5 (12): 9-29, <https://doi.org/10.56216/radee032025dic.a01>

ABSTRACT

The objective of this research is to calculate the multisectoral effect of mining on the Peruvian economy, through the factors of mining production, during the period from 2009 to 2022. The methodology is based on the Cobb-Douglas theoretical production model and the autoregressive distributed lag (ARDL) econometric method with quarterly data. The results demonstrate that the investment and labor variables in the mining sector are indeed significant and explain the differentiated behaviors of sectoral gross domestic products (GDP) in Peru during the analyzed period.

Keywords: Sectoral effects, dynamic analysis, mining, GDP, Peru, Cobb-Douglas, ARDL, investment, labor, factors of production.

En las últimas décadas, el sector minero ha consolidado su papel como uno de los principales motores del crecimiento económico del Perú. Su capacidad para atraer inversiones, generar divisas mediante exportaciones y promover el desarrollo de infraestructura lo convierte en una fuente clave de ingresos para el país. La extracción y comercialización de recursos minerales hacia mercados internacionales, como Estados Unidos, Países Bajos, Japón, España y China ha permitido al Perú posicionarse entre los principales productores mineros a nivel mundial.

El sector minero, a nivel internacional, es un motor económico fundamental que contribuye de manera significativa al Producto Bruto Interno (PBI) de muchos países y proporciona empleo a millones de personas en todo el mundo. En los países en desarrollo, además, el sector minero actúa como un catalizador del crecimiento económico, fomentando inversiones y desarrollando infraestructura. Asimismo, el sector minero aporta más de 1,9 billones de dólares anualmente a la economía global. Por ejemplo, se estima que, para el 2025, el mercado mundial de vehículos eléctricos consumirá aproximadamente 1,4 millones de toneladas métricas de litio (Escamilla, 2024).

Del mismo modo, el sector minero desempeña un rol clave en las cadenas de suministro a nivel global, al proporcionar insumos fundamentales para diversas industrias alrededor del mundo. Esto impulsa tanto la producción como la distribución de productos, resaltando su relevancia en el movimiento de bienes y servicios. Dentro de las materias primas esenciales se encuentran los minerales de tierras raras, indispensables para la fabricación de dispositivos tecnológicos avanzados, como teléfonos móviles, computadoras y equipos relacionados con energías renovables.

Según estadísticas del MINEM (2024), entre 2017 y 2021, la minería representó el 16 % del PBI del país. Hasta noviembre del año 2023, alrededor de 238,000 personas trabajaban en este sector, que además aportó S/14,936 millones a la recaudación fiscal. El Perú se encuentra entre los diez países con mayores recursos minerales del mundo. En la última década, la industria minera ha mostrado un crecimiento significativo en la producción de cobre, plata, oro, zinc, plomo, hierro y estaño, especialmente entre 2011 y 2014, cuando se registró un auge en las inversiones mineras.

Las exportaciones peruanas de productos mineros han experimentado un crecimiento significativo en los últimos años. En 2009, las exportaciones de cobre alcanzaron un valor de US\$5,835 millones, mientras que, en 2019 aumentaron a US\$13,893 millones, lo que representa un incremento del 138 %. Por otro lado, las exportaciones de oro en 2009 fueron de US\$6,791 millones y en 2019 subieron a US\$8,482 millones, evidenciando un crecimiento del 25 %. Además, los minerales como zinc, plata, plomo, estaño, hierro, molibdeno y otros aumentaron en un 70 % durante este período (Dammert, 2020).

En este contexto, resulta fundamental analizar el impacto de los factores de producción minera, particularmente la inversión y la mano de obra, sobre el Producto Bruto Interno (PBI). Si bien la minería representa un sector clave para la economía, persiste la necesidad de cuantificar con mayor precisión cómo inciden estos factores en el crecimiento económico, especialmente en un período marcado por la volatilidad de los precios internacionales, las fluctuaciones en la inversión y crecientes desafíos sociales y ambientales.

La presente investigación tiene como objetivo calcular el efecto multisectorial de la minería sobre la economía peruana, a través de los factores de producción minera durante el período del 2009 a 2022. La metodología se basa en el modelo teórico de producción Cobb-Douglas y el método econométrico autorregresivo de rezagos distribuidos (ARDL) con datos en frecuencia trimestral.

MARCO TEÓRICO

Dolgikh (2022) refiere que, a fin de optimizar los factores de producción en Ucrania, desarrolló un modelo econométrico basado en la función de producción Cobb-Douglas, planteado de la siguiente forma: $Q = AL^\alpha K^{1-\alpha}$, donde Q es la producción, L y K es trabajo y capital, respectivamente, y A y α son coeficientes positivos que indican el nivel tecnológico. El modelo demuestra que un aumento en los volúmenes de los factores de producción generó un incremento de 0.77 % en la producción de cultivos, del 0.86 % en la productividad laboral y del 0.81 % en la producción agrícola. Estos resultados evidencian un rendimiento creciente en la producción y en el uso de los recursos.

Anastares y Cuéllar (2024) estiman un modelo de función de producción Cobb-Douglas afín de analizar el efecto de los factores de producción minera, en el PBI del Perú durante el tramo del 2018-2022. Además, buscan proporcionar información relevante que contribuya a la formulación de políticas y a la toma de decisiones en el sector minero. La función estimada se expresa en la ecuación (1):

$$Y_i = \beta X_2 X_3 \varepsilon \quad (1)$$

Donde Y_i es el PBI, X_2 es el trabajo, X_3 es la inversión y ε el término de error. De este modo, los resultados muestran que la variable mano de obra aportó un 0.054 % y la inversión aportó un 0.160 % al PBI; concluyendo que estos efectos son estadísticamente significativos al nivel del 5 %.

Cruz (2019) analizó el enfoque de Cobb-Douglas, afín de optimizar la producción de la quinua orgánica y describir su elasticidad; se demostró que los parámetros de las variables trabajo, capital y tierra presentan signo positivo, siendo el óptimo económico $Q=1439$ kg/hectárea de quinua orgánica, donde el factor de producción capital es igual a $KT = 19.3$ hrs/máquina y la mano de obra representado por, $MO = 42.9$ jornales por hectárea. En efecto, las variables presentan un nivel de significancia del 1 % y sus probabilidades son cercanas a cero.

Baranov et al. (2023) estiman la función de Cobb-Douglas a través de los factores de producción en Rusia, aplicando como variable dependiente al PBI ruso, y como variables independientes el capital y número de personas empleadas, afín de demostrar la relación entre el PBI y dichos factores, según la ecuación (2):

$$Y = AC^p L^q, \quad A, p, q > 0, \quad (2)$$

Donde Y representa el PBI, C es el capital, L el trabajo; luego, los parámetros A, p, q son mayores que 0. Las elasticidades de C y L son representadas por los exponentes p y q ; A simboliza los factores intangibles, como la tecnología. Los resultados del estudio indican que el capital y mano de obra contribuyó en 0.98 % al crecimiento económico; asimismo, se observa rendimientos crecientes para el PBI ruso.

Guzmán et al. (2022) analizan los factores de producción a través de la población económicamente activa (PEA), el capital y la tecnología, para los países de Perú, Chile y Ecuador, desde 1990 hasta el 2020. Se evidencia que, en Ecuador y Chile, el capital y el trabajo contribuyen significativamente al PBI. Principalmente en Perú, la mano de obra y la inversión de capital impactan eficientemente en el PBI, concluyendo que, en Perú, las variables explican un coeficiente de determinación R^2 de 99.40 % en el crecimiento económico, y que, para el caso de Chile y Ecuador, se evidencia un R^2 de 97.85 % y 99.77 %, respectivamente. En efecto, las variables influyen significativamente en el crecimiento económico.

Al Shammre (2024) incorpora el modelo de producción Cobb-Douglas, utilizando datos del PBI de Arabia Saudita, consumo de energía, mano de obra y capital físico durante el período 2000 a 2019. El estudio revela correlaciones negativas entre la mano de obra y el consumo de energía, así como entre la mano de obra y el capital. Se estimó el modelo ARDL, encontrando una correlación positiva entre el PBI y los regresores. Además, otras variables asociadas a la globalización muestran un impacto favorable sobre el PBI.

$$Y_t = A K_t^\alpha L_t^\beta \quad 0 < \alpha, \beta < 1 \quad (3)$$

Donde Y_t es el PBI de Bolivia; A representa el progreso técnico o el nivel de tecnología, siendo una variable no directamente observable; α y β son los parámetros; K_t es el stock de capital; y L_t , la PEA ocupada; α y β son los parámetros del capital y del trabajo respectivamente.

Zhu et al. (2021) estiman la función de producción Cobb-Douglas para analizar los factores productivos del sector minero en China durante el período 2016-2020 y su contribución al PBI. El estudio se centra en tres variables clave: tecnología, capital y mano de obra, conforme a lo establecido en la ecuación (4):

$$Q = A K_t^\alpha L_t^\beta \quad (4)$$

Donde (Q) representa el PBI; (K_t), la inversión de capital; (L_t), la mano de obra; y (α) y (β), los coeficientes que miden los efectos marginales de cada factor. Los resultados muestran un coeficiente de determinación (R^2) de 0.975, lo que indica que el modelo explica el 97.5 % de la variación del PBI. Además, las variables explicativas del modelo son significativas, concluyendo que estas explican un 97 % de la variación del PBI, y que las variables exógenas resultan significativas.

Shahabi et al. (2009) relatan que el sector minero es el más importante de Irán; de este modo, desarrollaron los factores de producción minera mediante el modelo de Cobb-Douglas, durante el período de 1996 a 2005, a través de las variables PBI, inversión minera y mano de obra minera, expresado conforme a la ecuación (5):

$$Q = f(K_t, L_t) = A K_t^\alpha L_t^{1-\alpha} \quad (5)$$

Donde Q es el PBI de Irán, K_t es la inversión minera, L_t es la mano de obra minera. El estudio concluye que tanto la inversión como el trabajo en el sector minero tienen un impacto significativo en el PBI. En particular, la inversión del sector minero contribuyó con un 0.244

%, mientras que la mano de obra aportó un 0.773 %, lo que evidencia la relevancia de estos dos factores en el crecimiento económico.

$$PBI = A(t) L^\alpha K^\beta \mu \quad (6)$$

El sector minero en Rusia presentó un incremento de capital y mano de obra, y el crecimiento de productividad multifactorial disminuyó en 42 %. Por otro lado, Rusia se ha vuelto más dependiente de la inversión. En ese sentido, la cantidad de valor agregado (Z_j) en la industria (j) se representó conforme a la ecuación (7):

$$Z_j = g_j(K_j, L_j, T) \quad (7)$$

Hipótesis de investigación

Hipótesis General

- H_0 : Los factores de la producción minera sí tienen un efecto multisectorial significativo sobre la economía peruana durante el período 2009 a 2022
- H_1 : Los factores de la producción minera sí tienen un efecto multisectorial significativo sobre la economía peruana durante el período 2009 a 2022

Hipótesis Específica 1

- H_0 : La inversión del sector minero sí tiene un efecto significativo sobre la economía peruana durante el período 2009 a 2022.
- H_1 : La inversión del sector minero no tiene un efecto significativo sobre la economía peruana durante el período 2009 a 2022.

Hipótesis Específica 2

- H_0 : La mano de obra del sector minero sí tiene un efecto significativo sobre la economía peruana durante el período 2009 a 2022.
- H_1 : La mano de obra del sector minero no tiene un efecto significativo sobre la economía peruana durante el período 2009 a 2022.

METODOLOGÍA

La función de Cobb-Douglas se estima a partir de datos estadísticos; los modelos presentan un componente estocástico, logrando, dentro de sus resultados, que los parámetros de la función de producción puedan mejorar significativamente, conforme se observa en la ecuación (8), donde $Y(t)$ es la producción total, A es la escala de tecnología, α y β son indicadores de elasticidad, $K(t)$ es el recurso de capital y $L(t)$ es el trabajo (Sandler et al., 2020).

$$Y(t) = A \cdot K(t)^\alpha L(t)^\beta \quad (8)$$

Las investigaciones de Rybak (2016) aplican la función de Cobb-Douglas, a través de los factores de producción como el capital, trabajo y producción minera de hulla en Polonia durante el período de 2004 a 2010, expresada conforme a la ecuación (9):

$$Y_t = \beta A E K^{\alpha 1} T_R^{\alpha 2} \quad (9)$$

Giang y Huong (2023) plantearon la función de producción de Cobb-Douglas con la finalidad de identificar y comparar el impacto de los factores de producción de Rusia y Vietnam, enfocados en la eficiencia económica y ecológica del uso de la tierra para la producción de papa. El modelo de función de producción empleado fue desarrollado conforme a la ecuación (10):

$$Y = A L^\alpha K^\beta \quad (10)$$

Con la finalidad de ampliar la literatura relacionada con las variables que afectan o influyen en el crecimiento económico, se identificó los estudios de Shahabi et al. (2009), Dolgikh (2022) y Xie y Zhu (2022), en los cuales se estiman los factores de producción minera en el PBI a través de la función de producción Cobb-Douglas (11):

$$Y_t = f(K_t, L_t) \quad (11)$$

En la especificación del modelo y para efectos de interpretación, las variables se transformaron mediante una linealización logarítmica, siguiendo los aportes teóricos aplicados de Shahabi et al. (2009), Xie y Zhu (2022), y Dolgikh (2022), obteniendo la ecuación (12):

$$\ln Y_t = \beta_1 + \beta_2 \ln K_t + \beta_3 \ln L_t + \mu_i \quad (12)$$

Donde $\ln Y_t$ representa el logaritmo natural del PBI real, siendo un indicador del crecimiento económico; $\ln K_t$ es el logaritmo natural de inversión minera; y $\ln L_t$, es el logaritmo natural de mano de obra minera; y μ_i , es el efecto aleatorio. Finalmente, el modelo se ajusta a los objetivos de la presente investigación y, a nivel metodológico, se basa en la investigación científica de Xie y Zhu (2022) y Shahabi et al. (2009), donde se destaca que la inversión y mano de obra deben emplearse de una manera efectiva en el crecimiento económico.

De acuerdo con Cobb y Douglas (1928), plantean que el modelo es la principal herramienta para predecir el crecimiento económico mediante dos factores elementales; trabajo e inversión. Dichos factores aportan una fracción de P , que es el producto, donde la suma de elasticidades indica el tipo de rendimiento en la función de producción. De la ecuación (13):

$$Y = A K^\alpha L^\beta \quad (13)$$

Podemos definir que existen tres tipos de rendimientos:

- Rendimientos constantes a escala, donde $\alpha + \beta = 1$
- Rendimientos crecientes a escala, donde $\alpha + \beta > 1$
- Rendimientos decrecientes a escala, donde $\alpha + \beta < 1$

Al respecto, la intervención de inversión y trabajo en el crecimiento de la producción se transforma, concluyendo que la productividad del factor inversión y trabajo se debe medir como una composición y no por separado; asimismo, los valores de α y β representan las elasticidades de la inversión y mano de obra, respectivamente.

De este modo, sobre la base del modelo elegido en el marco teórico y que permitirá evaluar las hipótesis de la presente investigación, se emplea el modelo teórico Cobb-Douglas, que se detalla en la ecuación (14):

$$\ln Y_t = \beta_1 + \beta_2 \ln K_t + \beta_3 \ln L_t + \mu_i \quad (14)$$

Donde:

- $\ln Y_t$ representa el logaritmo natural del PBI real (indicador del crecimiento económico).
- $\ln K_t$ es el logaritmo natural de la inversión del sector minero.
- $\ln L_t$ representa logaritmo natural de la mano de obra del sector minero.
- μ_i representa al error aleatorio.

RESULTADOS

En esta sección se presentará los resultados de la investigación respecto el efecto multisectorial de la minería en la economía peruana, a través de los factores de producción minera durante el período del 2009 a 2022.

A. Resultados de pruebas estadísticas y econométricas

A.1. Estadísticos descriptivos de las variables en niveles

Se analizan los estadísticos descriptivos de todas las variables, como el PBI_t , K_t y L_t , dado que se presentan en frecuencia trimestral durante el período 2009 a 2022.

Tabla 1: *Estadísticos descriptivos de las variables en sus niveles*

	PBI_t	K_t minería	L_t minería
Mean	121834.9	5050375	122304.0
Median	125034.8	4958570	103500.5
Maximum	149737.8	8099346	243000.6
Minimum	88262.88	2065861	42000.30
Std. Dev.	16119.00	1543859	67546.88
Skewness	-0.429830	0.110547	0.193204
Kurtosis	2.179850	2.332062	1.348840
Jarque-Bera	3.293880	1.155055	6.709824
Probability	0.192638	0.561284	0.034912

Fuente: Elaboración propia utilizando el software – Eviews.

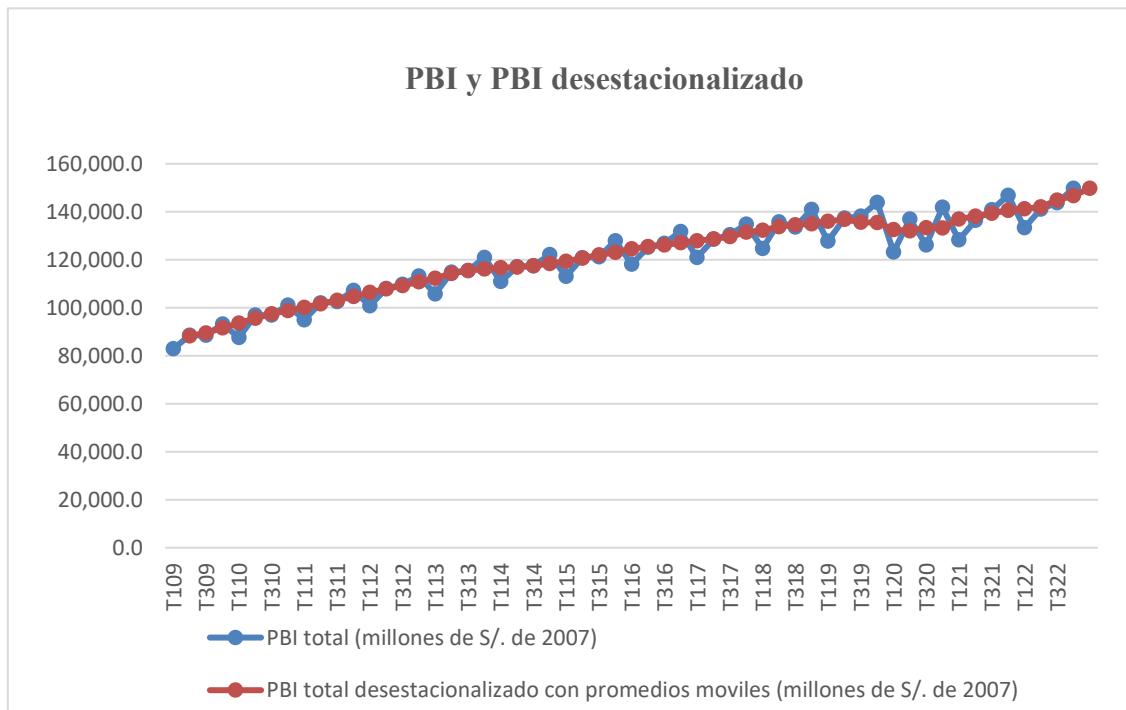
En la tabla 2, se observan las probabilidades de Jarque-Bera de las variables: PBI_t , con un valor de 0.192636, y K_t con un valor de 0.561284, presentando un comportamiento normal, dado que el valor del $p - value$ es superior al 5 %. Solo la variable mano de obra minera L_t presenta un comportamiento no normal, con un $p - value$ menor al 5 % de 0.034912.

A.2. Test de estacionalidad de las series

Se analiza el comportamiento estacional de las series PBI_t , K_t y L_t , dado que se presentan en frecuencia trimestral durante el período 2009 a 2022. Según los datos históricos registrados del Producto Bruto Interno de Perú (PBI_t) y de los factores de producción del sector minero, la inversión K_t y el empleo L_t ; se identificó que solo las series trimestrales de las variables PBI_t y K_t sí presentan comportamientos repetitivos y estacionales año a año, de acuerdo al análisis trimestral realizado. Por lo tanto, se realizó el proceso de desestacionalización de las series a través de la metodología de promedios móviles.

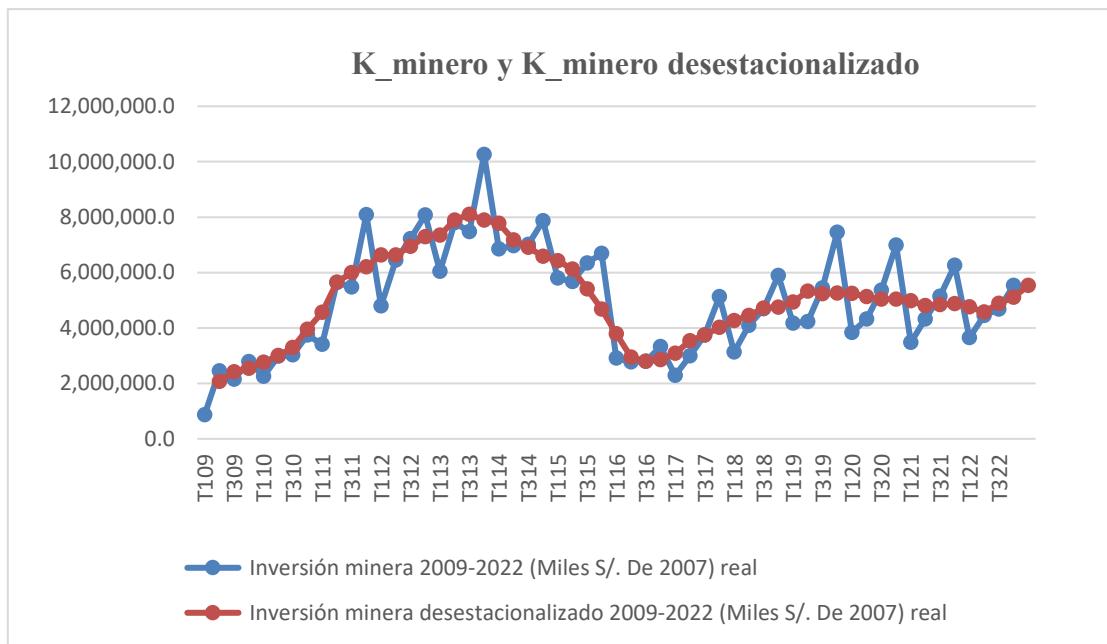
A continuación, se muestra gráficamente las series estacionales y desestacionalizadas de las variables PBI_t y K_t .

Figura 1: Serie desestacionalizada del Producto Bruto Interno real (PBI_t)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2: Serie desestacionalizada de la inversión minera real (K_t)



Fuente: Elaboración propia.

A.3. Test de Estacionariedad: Dickey-Fuller

En este apartado se efectuaron las pruebas de raíz unitaria de Dickey-Fuller a las variables PBI_t , K_t y L_t , teniendo en cuenta las hipótesis $H_0: y_1 = 0$, existencia de raíz unitaria, y $H_1: y_1 \neq 0$, no presenta raíz unitaria, a fin de conocer si son estacionarias.

Tabla 2: Test de Dickey-Fuller

Serie	Test ADF	Conclusión
<i>PBI</i>	Componente del modelo auxiliar	Intercepción y tendencia
	Estadístico de la prueba	-6.467695
	P valor de la prueba	0.0000
	Orden de integración	<i>I(0)</i>
K_minería	Componente del modelo auxiliar	Intercepción y tendencia
	Estadístico de la prueba	-4.834944
	P valor de la prueba	0.0002
	Orden de integración	<i>I(0)</i>
L_minería	Componente del modelo auxiliar	Intercepción y tendencia
	Estadístico de la prueba	-8.004586
	P valor de la prueba	0.0000
	Orden de integración	<i>I(0)</i>

Nota: El t-test usa el criterio de información de Schwarz

Fuente: Elaboración propia utilizando el software – EViews

A.4. Test de Causalidad de Granger

Tabla 3: *Test de causalidad de Granger*

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
K_MINERÍA does not Granger Cause PBI	55	3.78812	0.0450
PBI does not Granger Cause K_MINERÍA		1.50499	0.2254
L_MINERÍA does not Granger Cause PBI	55	5.40573	0.0267
PBI does not Granger Cause L_MINERÍA		3.22247	0.0789
L_MINERÍA does not Granger Cause K_MINERÍA	55	1.23102	0.2723
K_MINERÍA does not Granger Cause L_MINERÍA		0.10412	0.7482

Fuente: Elaboración propia utilizando el software – Eviews

Se realizó la prueba de Granger para las variables PBI_t , K_t y L_t , donde se verificó que la variable K_t sí causa a lo Granger al PBI_t ya que el $p - value$ es 0.0450 (menor o igual al 0.05), se confirma una relación unidireccional. Asimismo, la variable L_t causa a lo Granger al PBI_t , dado que el $p - value$ es 0.0267 (menor al 0.05) y se confirma una relación unidireccional de causalidad. Es decir, tanto el K_t y L_t si causan al PBI_t , ya que sus valores p son menores a 0.05.

A.5. Prueba de Cointegración: Pesaran y Shin

Se efectuó la prueba de estacionariedad de Pesaran y Shin, también conocida como la prueba “Bond test”, cuyos resultados se detallan en la tabla 9.

Tabla 4: *Prueba de cointegración de Pesaran y Shin*

ARDL Bounds Test		
Null Hypothesis: No long-run relationships exist		
Test Statistic	Value	k
F-statistic	5.489679	2
Critical Value Bounds		
Significance	I0 Bound	I1 Bound
10%	3.17	4.14
5%	3.79	4.85
2.5%	4.41	5.52
1%	5.15	6.36

Fuente: Elaboración propia utilizando el software – EVViews

El valor de F-estadístico es 5.489679, es mayor que el valor crítico superior (3.79); por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula. Es decir, el modelo sí presenta cointegración, lo que implica que existe una relación a largo plazo entre las variables, y que las desviaciones de dicha relación tienden a revertirse con el tiempo. Es decir, las variables se mueven conjuntamente, de manera que, aunque puedan divergir temporalmente, eventualmente vuelven a converger hacia su equilibrio de largo plazo.

La cointegración de este modelo está sujeta a la inclusión del intercepto y tendencia en el modelo.

B. Modelo Autorregresivo de Rezagos Distribuidos – ARDL

B.1. Resultados de la estimación del modelo ARDL (1, 0, 0)

Tabla 5: Resultado del modelo ARDL con intercepto y tendencia

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
LOG(PBI(-1))	0.309171	0.111159	2.781348	0.0076
LOG(K_MINERÍA)	0.103656	0.025832	4.012636	0.0002
LOG(L_MINERÍA)	0.068921	0.032044	2.150837	0.0363
C	5.602313	1.379059	4.062419	0.0002
@TREND	0.002940	0.001466	2.006000	0.0503
R-squared	0.848542	Durbin-Watson stat	1.637257	
F-statistic	70.03122	Prob(F-statistic)	0.000000	

Nota: La prueba del modelo estimado “ARDL”

Fuente: Elaboración propia empleando el software – Eviews

Los resultados del modelo ARDL evidencian un coeficiente de determinación R^2 de 0.8485, lo que indica el grado de explicación de las variables explicativas sobre la variable dependiente. Asimismo, las variables $\log PBI_{t-1}$, $\log K_t$ y $\log L_t$ son estadísticamente significativas, dado que sus valores probabilísticos son 0.0076, 0.0002 y 0.0363, respectivamente, siendo menores al nivel de significancia de 0.05 o 5 %.

$$\text{LOG_PBI}_t = 5.602313 + 0.309171 \text{ LOG_PBI}_{t-1} + 0.103656 \text{ LOG_K} + 0.068921 \text{ LOG_L} + 0.002940 @\text{Trend} + \varepsilon_t$$

Se evidencia que las variables inversión minera (K_t), y mano de obra minera (L_t), presentan significancia estadística a nivel individual ($p - value < 0.05$) y global (Coeficiente de determinación, R^2 es 0.85).

Interpretación de los estimadores de los factores de producción minera sobre el PBI total de Perú.

- Un aumento del 1 % en la inversión en el sector minero contribuye a un crecimiento del 0.103656 % en el PBI del Perú entre los años 2009 y 2022.
- Un aumento del 1 % en la mano de obra del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.068921 % en el PBI del Perú entre los años 2009 y 2022.

Desde la perspectiva del modelo de Cobb-Douglas del tipo $Y = A K^\alpha L^\beta$, los valores de α y β para este modelo son: $\alpha = 0.103656$ y $\beta = 0.068921$ lo que evidencia la existencia de

rendimientos decrecientes a escala, dado que al sumar los valores ($\alpha + \beta$) se obtiene 0.172577 (menor que 1); es decir, la productividad marginal de la inversión y de la mano de obra son positivas, pero decrecientes, considerando un efecto fijo (intercepto y tendencia).

Dado que la producción y el sector minero en el Perú tienen un efecto dinámico, tanto directo como indirecto, en otros sectores, a continuación, se muestra un análisis de sensibilidad de los factores de producción del sector minero respecto de la producción de otros sectores. Es decir, se estima el efecto de los factores de producción del sector minero sobre el PBI sectorial de las actividades económicas más relacionadas con la minería.

B.2. Análisis de sensibilidad de los resultados: Efectos de la minería en otros sectores

En esta sección se estima y analiza el efecto de los factores de producción de la minería sobre el PBI del Perú a nivel global, y a nivel sectorial en agricultura, comercio, construcción, manufactura, servicios e incluso del propio sector minero.

Tabla 6: *Efectos de la inversión y mano de obra minera sobre otros sectores económicos del Perú*

Sector	Modelo	PBI rezagado (-1)	K coeficiente de la inversión minera (α)	L coeficiente de mano de obra minero (β)	$\alpha + \beta$	Rendimiento a escala
PBI global	ARDL	0.309171	0.103656	0.068921	0.172577	Decreciente
Minería	ARDL	0.772273	0.091762	0.067196	0.158958	Decreciente
Agricultura	ARDL	0.083686	0.309120	0.286836	0.595956	Decreciente
Comercio	ARDL	0.548089	0.190149	0.116846	0.306995	Decreciente
Construcción	ARDL	0.172904	0.357898	0.160013	0.517911	Decreciente
Manufactura	ARDL	0.739957	0.130222	0.045038	0.175260	Decreciente
Servicios	ARDL	0.775732	0.108324	0.069483	0.177807	Decreciente

Fuente: Elaboración propia utilizando el software - EViews

Interpretación de los estimadores sectoriales

Efecto sobre PBI global

- Un aumento del 1 % en la inversión del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.103656 % en el PBI del Perú durante el período de 2009 a 2022.
- Un aumento del 1 % en la mano de obra del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.068921 % en el PBI del Perú durante el período de 2009 a 2022.
- Se presentan rendimientos decrecientes a escala ($\alpha + \beta$) = 0.172577; es decir, la productividad marginal de la inversión y de la mano de obra es positiva, pero decreciente con respecto al PBI del Perú

Efecto sobre PBI de minería:

- Un aumento del 1 % en la inversión del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.091762 % en el PBI del sector minero durante el período de 2009 a 2022.
- Un aumento del 1 % en la mano de obra del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.067196 % en el PBI del sector minero durante el período de 2009 a 2022.
- Se presentan rendimientos decrecientes a escala ($\alpha + \beta$) = 0.158958; es decir, la productividad marginal de la inversión y de la mano de obra es positiva, pero decreciente con respecto al PBI del sector minero.

Efecto sobre PBI de agricultura:

- Un aumento del 1 % en la inversión del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.309120 % en el PBI del sector agrícola durante el período de 2009 a 2022.
- Un aumento del 1 % en la mano de obra del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.286836 % en el PBI del sector agrícola durante el período de 2009 a 2022.
- Se presentan rendimientos decrecientes a escala ($\alpha + \beta$) = 0.595956; es decir, la productividad marginal de la inversión y de la mano de obra es positiva, pero decreciente con respecto al PBI del sector agrícola.

Efecto sobre PBI de comercio:

- Un aumento del 1 % en la inversión del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.190149 % en el PBI del sector comercio durante el período de 2009 a 2022.
- Un aumento del 1 % en la mano de obra del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.116846 % en el PBI del sector comercio durante el período de 2009 a 2022.
- Se presentan rendimientos decrecientes a escala ($\alpha + \beta$) = 0.306995; es decir, la productividad marginal de la inversión y de la mano de obra es positiva, pero decreciente con respecto al PBI del sector comercio.

Efecto sobre PBI de construcción:

- Un aumento del 1 % en la inversión del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.357898 % en el PBI del sector construcción durante el período de 2009 a 2022.
- Un aumento del 1 % en la mano de obra del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.160013 % en el PBI del sector construcción durante el período de 2009 a 2022.
- Se presentan rendimientos decrecientes a escala ($\alpha + \beta$) = 0.517911; es decir, la productividad marginal de la inversión y de la mano de obra es positiva, pero decreciente con respecto al PBI del sector construcción.

Efecto sobre PBI de manufactura:

- Un aumento del 1% en la inversión del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.130222 % en el PBI del sector manufactura durante el período de 2009 a 2022.
- Un aumento del 1 % en la mano de obra del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.045038 % en el PBI del sector manufactura durante el período de 2009 a 2022.
- Se presentan rendimientos decrecientes a escala ($\alpha + \beta$) = 0.175260; es decir, la productividad marginal de la inversión y de la mano de obra es positiva, pero decreciente con respecto al PBI del sector manufactura.

Efecto sobre PBI de servicios:

- Un aumento del 1 % en la inversión del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.108324 % en el PBI del sector servicios durante el período de 2009 a 2022.

- Un aumento del 1 % en la mano de obra del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.069483 % en el PBI del sector servicios durante el período de 2009 a 2022.
- Se presentan rendimientos decrecientes a escala ($\alpha + \beta$) = 0.177807; es decir, la productividad marginal de la inversión y de la mano de obra es positiva, pero decreciente con respecto al PBI del sector servicios.

En suma, los canales de transmisión del efecto de la minería son la inversión y la mano de obra, ya que generan efectos dinámicos en otros sectores económicos, principalmente en el sector agricultura y construcción, seguidos del sector comercio y, con menor impacto, en los sectores manufactura y servicios.

DISCUSIÓN

Discusión según las Hipótesis

Se valida la hipótesis general, ya que los resultados indican que las variables inversión minera (K) y mano de obra minera (L) son estadísticamente significativas para explicar el comportamiento del PBI. Esto se sustenta en que sus valores probabilísticos (P-value) son menores al 5 %. Además, se observa un efecto positivo de ambos factores de producción sobre el PBI, dado que los coeficientes asociados a K y L presentan signos positivos. Por otro lado, el grado de explicación del modelo, medido a través del coeficiente de determinación (R^2), alcanza un valor de 0.848542 y evidencia que se trata de un modelo estadísticamente eficiente y robusto.

Se valida la hipótesis específica 1, ya que los resultados evidencian la significancia estadística en la variable "inversión minera"; dado que el valor probabilístico de la prueba (t-student) es 0.0002, y es menor a 0.05 (P-value < 0.05), lo que indica que el efecto de la inversión minero sobre el PBI es estadísticamente significativo. En cuanto al efecto económico, se estima que un incremento del 1 % en la inversión del sector minero impulsa a un crecimiento del 0.103656 % en el PBI. En este contexto, el aumento de inversión en el sector minero contribuirá al desarrollo de servicios, incremento de ingresos y fomentar la creación de empleo en distintas zonas del país.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se valida la hipótesis específica 2, dado que el valor probabilístico de la prueba (t-student) es 0.0363 y es menor al 0.05 (P-value < 0.05). En cuanto al efecto económico, se observa que un incremento del 1 % en la mano de obra minera genera un incremento del 0.068921 % en el PBI, lo que indica que la influencia de la mano de obra minera sobre el crecimiento económico es estadísticamente significativa. Este resultado evidencia que, actualmente, la mano de obra minera tiene un efecto relevante en la economía, en parte debido al aumento del poder adquisitivo de los trabajadores del sector minero. Además, este efecto se extiende de manera descentralizada a diversas regiones del país, contribuyendo no solo al crecimiento económico, sino también al desarrollo tecnológico, social y regional.

Discusión según antecedentes

En esta sección se contrastan los resultados de la presente investigación con los hallazgos de estudios previos, tanto nacionales como internacionales, descritos en los antecedentes, en relación con los factores de la producción minera y su efecto en el crecimiento económico.

En el período analizado del 2009 a 2022, se evidenció que la inversión minera contribuyó al PBI en un 0.103656 % y la mano de obra en un 0.068921 %; estos resultados están respaldados, en el caso del Perú, por las investigaciones de Rojas (2024), Delgado y Vásquez (2019), Sullca y Vargas (2021), Bautista et al. (2024), Castillo (2021), Espinoza (2018), Paredes (2022) y Huaranga y Robles (2017), ya que las variables que explican el crecimiento económico en el país dependen de los factores de producción minera. A nivel internacional, las investigaciones de Sahoo et al. (2017), Feng y Chen (2013), Ottawa (2009), Nejad (2015), Monge (2012), El Asli et al. (2024), Rivas et al. (2018), Esquivel y Rojas (2007), Bodden y Orjuela (2018), Onalan y Basegmez (2018), Carbajal (2024) y Humayun et al. (2023) respaldan las investigaciones de la presente investigación, dado que en todas estas investigaciones las variables inversión y mano de obra son significativas para explicar el crecimiento económico del PBI en sus respectivos países.

Así mismo, los resultados encontrados en el modelo estimado de Cobb-Douglas, con valores de $\alpha = 0.103656$ y $\beta = 0.068921$, evidencian rendimientos decrecientes a escala; es decir, la suma de ambos estimadores es 0.172577 (menor a 1), donde se demuestra que la productividad marginal de la inversión y mano de obra minera son positivas pero decrecientes, por lo que cada vez aportan en menor cantidad al PBI. Estos datos contrastan con lo propuesto por Rivas et al. (2018), quienes estimaron que la sumatoria de elasticidades es 0.3502, siendo menor a 1, presentando rendimientos decrecientes. De tal forma que, si se incrementan en 1 % los factores productivos, se obtendrá un aumento menor al 1 % en el PBI. Por lo expuesto, se espera que se genere mayor inversión y trabajo con extensión tecnológica.

Por otro lado, los hallazgos de la investigación de Onalan y Basegmez (2018) presentan una contribución de inversión y trabajo con rendimientos crecientes a escala, con un valor de 1.497, mayor a 1. Esto se debe a que, ante una mayor dotación de inversión y trabajo, el rendimiento de dicha producción se incrementa en proporción al esfuerzo realizado. De acuerdo con Monge (2012), en su investigación estima, a través del modelo Cobb-Douglas, que la suma de elasticidades de mano de obra e inversión es igual a 1, presentando rendimientos constantes a escala. En efecto, esto señala que, si se duplica el esfuerzo en inversión y trabajo, se verá reflejado en una mayor capacidad productiva.

La minería se presenta como un sector dinámico dentro de la economía peruana. Un aumento en la dotación de factores de producción minera impactaría indirectamente en el crecimiento económico. En este sentido, la investigación de Sullca y Vargas (2021) demuestra que existe una correlación del 39 % entre la inversión minera y el PBI, lo que evidencia una relación indirecta. En conclusión, el incremento de la inversión y de la mano de obra en el sector minero contribuye de manera indirecta al crecimiento económico, impulsando a su vez una mayor inversión, desarrollo laboral y generación de empleo.

Por su parte, Bautista et al. (2024) estiman que la inversión afecta al PBI en un 0.18 % y la mano de obra en un 0.11 %, presentando efectos positivos en el PBI. En contraste, Espinoza (2018) señala que la inversión y trabajo aportan al PBI de la economía peruana en un 0.52 % y un 0.48 % respectivamente. Desde una perspectiva actual, las inversiones mineras en el Perú se proyectan como sostenibles y competitivas, lo que favorece el crecimiento económico. En línea con ello, los resultados de la presente investigación indican que la inversión minera incide en el PBI en un 0.103656 %, y la mano de obra minera en un 0.068921 %. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Paredes (2022), Huaranga y Robles (2017) y Castillo (2021), quienes sostienen que ambas variables contribuyen significativamente al PBI.

Discusión según el marco teórico

La postura teórica indica que el modelo Cobb-Douglas de forma $Y = AL^\alpha K^\beta$, presenta las siguientes relaciones teóricas: los factores de producción, inversión minera (K) y mano de obra minera (L), se relacionan positivamente con la variable PBI. En ese sentido, se confirma que el comportamiento del modelo Cobb-Douglas sí se cumple para el sector minero del Perú, donde se busca explicar si los factores de la producción minera explican directa y positivamente al crecimiento económico del país.

De acuerdo con el enfoque teórico de la función de producción Cobb-Douglas, que permite analizar los rendimientos y la intensidad en el uso de los factores de producción, esta tesis identifica la existencia de rendimientos decrecientes en el sector minero peruano, con un valor estimado de 0.172577. Esto implica que, al duplicarse la inversión y trabajo en el sector minero, la producción se intensifica en una proporción inferior a los esfuerzos realizados, de tal forma que ambos factores tienen una contribución reducida a la producción minera y al PBI, evidenciando una baja eficiencia marginal. Esta situación representa un desafío relevante para el sector, especialmente si se busca mejorar la inversión, la productividad y la competitividad.

Estos hallazgos contrastan con lo propuesto por Anastares y Cuéllar (2024), quienes también reconocen rendimientos decrecientes, pero los consideran esenciales para la optimización productiva. Por otro lado, estudios como los de Dolgikh (2022) y Baranov et al. (2023) reportan rendimientos crecientes del PBI, donde la producción aumenta en una proporción mayor al incremento de inversión y trabajo; por ejemplo, una duplicación de estos factores implicaría un crecimiento superior al cien por ciento en la producción.

Desde la perspectiva teórica de los factores inversión y trabajo, en esta investigación se ha estimado que su contribución al PBI es de 0.103656 % y 0.068921 %, respectivamente. Estos resultados se contrastan con los enfoques teóricos propuestos por Gian y Huong (2023), Xie y Zhu (2022), Shahabi et al. (2009) y Dolgikh (2022), quienes concluyen que tanto la inversión como la mano de obra inciden de manera significativa y estadísticamente eficiente en el crecimiento económico. Además, se estima actualmente que, por cada empleo generado en el sector minero de la economía peruana, se crean nueve empleos adicionales en otros sectores. La inversión en minería, por tanto, no solo fortalece el crecimiento económico, sino que también impulsa el desarrollo de proyectos de gran envergadura a nivel departamental.

Según lo expuesto por Rybak (2016), la inversión, el trabajo y la producción minera, bajo un modelo lineal, contribuyen al PBI de Polonia. Este hallazgo guarda relación con la estimación lineal teórica desarrollada en el presente estudio, en la que se observan rendimientos decrecientes a escala. Actualmente, los factores de producción minera continúan aportando al crecimiento del PBI de la economía peruana, lo que los convierte en elementos clave para el desarrollo económico. En este sentido, los resultados obtenidos refuerzan el presente trabajo, donde los factores de inversión y trabajo impulsan el crecimiento del PBI y, en consecuencia, favorecen el aumento del empleo a largo plazo.

CONCLUSIÓN

La minería presenta una incidencia significativa en la economía del Perú, dado que, se confirma que los factores de producción minera, sí inciden positivamente en el producto bruto interno del Perú. En el caso de la inversión minera, se observa una relación positiva y estadísticamente significativa, de igual manera, la mano de obra minera muestra una relación positiva y significativa con un P-value de 0.0363, siendo menor al 0.05 de significancia.

Efecto de la minería sobre la economía del Perú, los resultados indican que ante un aumento del 1 % en la inversión del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.103656

% en el PBI del Perú durante el período de 2009 a 2022. Así mismo, ante un aumento del 1 % en la mano de obra del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.068921 % en el PBI del Perú durante el período de 2009 a 2022. También se presentan rendimientos decrecientes a escala ($\alpha + \beta$) = 0.172577; es decir, la productividad marginal de la inversión y de la mano de obra es positiva, pero decreciente con respecto al PBI del Perú.

Efecto de los factores de producción minera sobre la minería del Perú, los resultados indican que ante un aumento del 1 % en la inversión del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.091762 % en el PBI del sector minero durante el período de 2009 a 2022; así mismo, ante un incremento del 1 % en la mano de obra del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.067196 % en el PBI del sector minero durante el período de 2009 a 2022. También se presentan rendimientos decrecientes a escala ($\alpha + \beta$) = 0.158958; es decir, la productividad marginal de la inversión y de la mano de obra es positiva, pero decreciente con respecto al PBI del sector minero.

Efecto de la minería sobre la agricultura del Perú, los resultados indican que ante un aumento del 1 % en la inversión del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.309120 % en el PBI del sector agrícola durante el período de 2009 a 2022. Además, ante un aumento del 1 % en la mano de obra del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.286836 % en el PBI del sector agrícola durante el período de 2009 a 2022. También presentan rendimientos decrecientes a escala ($\alpha + \beta$) = 0.595956; es decir, la productividad marginal de la inversión y de la mano de obra es positiva, pero decreciente con respecto al PBI del sector agrícola.

Efecto de la minería sobre el comercio del Perú, los resultados indican que ante un aumento del 1 % en la inversión del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.190149 % en el PBI del sector comercio durante el período de 2009 a 2022. Así mismo, ante un aumento del 1 % en la mano de obra del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.116846 % en el PBI del sector comercio durante el período de 2009 a 2022. Además, se presenta rendimientos decrecientes a escala ($\alpha + \beta$) = 0.306995; es decir, la productividad marginal de la inversión y de la mano de obra es positiva, pero decreciente con respecto al PBI del sector comercio.

Efecto de la minería sobre la construcción del Perú, los resultados indican que ante un aumento del 1 % en la inversión del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.357898 % en el PBI del sector construcción durante el período de 2009 a 2022. También un aumento del 1 % en la mano de obra del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.160013 % en el PBI del sector construcción durante el período de 2009 a 2022. Además, se presenta rendimientos decrecientes a escala ($\alpha + \beta$) = 0.517911; es decir, la productividad marginal de la inversión y de la mano de obra es positiva, pero decreciente con respecto al PBI del sector construcción.

Efecto de la minería sobre la manufactura del Perú, los resultados indican que ante un aumento del 1% en la inversión del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.130222 % en el PBI del sector manufactura durante el período de 2009 a 2022. Además, ante un aumento del 1 % en la mano de obra del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.045038 % en el PBI del sector manufactura durante el período de 2009 a 2022. También se presentan rendimientos decrecientes a escala ($\alpha + \beta$) = 0.175260; es decir, la productividad marginal de la inversión y de la mano de obra es positiva, pero decreciente con respecto al PBI del sector manufactura.

Efecto de la minería sobre el sector servicios del Perú, los resultados indican que ante un aumento del 1 % en la inversión del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.108324 % en el PBI del sector servicios durante el período de 2009 a 2022. Así mismo, ante un aumento del 1 % en la mano de obra del sector minero contribuye a un crecimiento del 0.069483 % en el PBI del sector servicios durante el período de 2009 a 2022. También se presentan

rendimientos decrecientes a escala ($\alpha + \beta = 0.177807$); es decir, la productividad marginal de la inversión y de la mano de obra es positiva, pero decreciente con respecto al PBI del sector servicios.

En suma, los canales de transmisión del efecto de la minería son la inversión y la mano de obra, ya que generan efectos dinámicos en otros sectores económicos, principalmente en el sector agricultura y construcción, seguidos del sector comercio y, con menor impacto, en los sectores manufactura y servicios.

RECOMENDACIONES

Dadas las conclusiones, se recomienda al estado peruano fomentar la inversión y empleo minero como motor de crecimiento, pero con énfasis en diversificar los beneficios hacia otros sectores (agricultura, construcción) y mejorar la productividad a través de la innovación, con políticas que manejen los rendimientos decrecientes y fortalezcan la cadena de valor, asegurando que el dinamismo minero se traduzca en desarrollo sostenible para toda la economía, no solo en el sector mismo, implementando medidas para maximizar el efecto multiplicador y evitar la dependencia excesiva.

Incentivar la Inversión y Empleo Minero: Dado que la inversión y mano de obra minera impactan positivamente el PBI, mantener políticas estables que atraigan capital y generen empleo en el sector minero es crucial para el crecimiento nacional. *Gestionar Rendimientos Decrecientes:* Implementar políticas que busquen aumentar la eficiencia y productividad (tecnología, capacitación) para contrarrestar la tendencia decreciente de la productividad marginal, maximizando el PBI por cada unidad adicional de inversión/trabajo.

Fortalecer la Cadena de Valor: Dado que la minería impulsa otros sectores, se deben crear mecanismos para que los beneficios se derramen más eficientemente, por ejemplo, promoviendo la articulación con proveedores locales de servicios y bienes para sectores como agricultura y construcción.

Agricultura y Construcción: Dado que son los sectores más beneficiados indirectamente por la inversión minera, enfocar esfuerzos en desarrollar cadenas de suministro agrícolas y de construcción que se integren con la minería, aprovechando el mayor poder adquisitivo y la demanda generada. *Comercio, Manufactura y Servicios:* Si bien el impacto es menor, se deben diseñar políticas sectoriales específicas (capacitación, acceso a crédito) para que estos sectores puedan absorber mejor el output económico de la minería y aumentar su participación.

Promover la Diversificación Económica: utilizar los ingresos y el dinamismo minero para invertir en otros motores de crecimiento, reduciendo la vulnerabilidad del país a los ciclos mineros. *Mejorar la Articulación Regional,* es decir, asegurar que los beneficios de la inversión minera se distribuyan mejor territorialmente, beneficiando a las regiones productoras y no solo a las zonas urbanas centrales, fomentando el empleo y la inversión local. Finalmente, respecto a la Inversión en capital humano, mejorar la calidad de la mano de obra minera y de los sectores relacionados mediante programas de formación técnica y profesional, alineados con las demandas del sector, para aumentar la productividad

REFERENCIAS

- Al Shammre, A.S. (2024). The Impact of Using Renewable Energy Resources on Sustainable Development in the Kingdom of Saudi Arabia. *Sustainability MDPI*, 16(1324), 1-16.
<https://doi.org/10.3390/su16031324>
- Anastares, C. & Cuellar, A. (2024). *Función de producción CobbDouglas aplicada a la producción de cobre en el Perú, Periodo 2018.6 – 2022.6* (Tesis de licenciatura).
http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/4601/1/T026_71273846_T.pdf

- Ángeles, E., Palomino, M., Pastor, C. y Pérez, P. (2012). Efecto de la minería sobre el empleo, producto y la recaudación en el Perú. Lima: Instituto Peruano de Economía (IPE).
- Arsenault, J.F. & Andrew Sharpe, A. (2008). "An Analysis of the Causes of Weak Labour Productivity Growth in Canada since 2000," [versión electrónica]. *International Productivity Monitor, Centre for the Study of Living Standards, 16*, 14-39.
- Baranov, S., Skufina, T., & Samarina, V. (2023). Influence of Underutilization of Production Capacities on the Dynamics of Russian GDP: An Assessment on the Basis of Production Functions. *Journal of Risk and Financial Management, 16*, 1-10. <https://doi.org/10.3390/jrfm16030166>
- Bautista, L., Salazar, K. & Suárez, N. (2024). *Factores de producción y crecimiento económico del Perú en el período 1990-2022*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional del Callao.
- BCRP (2025). *Data trimestral del Banco Central de Reserva del Perú*. [estadísticas.bcrp.gob.pe]
<https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/>
- Bejarano, H., Molero, L., Campuzano, J., & Salcedo, V. (2018). Productivity of the factors, potential product and gap of the product in Peru. *Económicas CUC, 39(1)*, 41-60.
<http://dx.doi.org/10.17981/econcuc.39.1.2018.03>
- Bellod, J.F. (2011). La Función de producción Cobb-Douglas y la economía española. *Revista de Economía Crítica, 12, ISSN 2013-5254*, 9-38.
- Bodden, A. & Orjuela, E. (2018). *Función de producción Cobb-Douglas aplicada al Producto Interno Bruto Colombiano*. (Tesis de licenciatura). Universidad Piloto de Colombia.
- Carbajal, C. (2024). Cobb-Douglas simulation: United States and Mexico. *Análisis Económico, 39 (101)*, 99-119. <http://doi.org/10.24275/uam/azc/desh/ae/2024v39n101/Carbajal>
- Castillo, L. (2021). *Determinantes del crecimiento económico peruano: 3º trimestre 2001 al 2º trimestre 2020*. (Tesis de licenciatura). Universidad de Piura.
- Cobb, C.W., & Douglas, P.H. (1928). A theory of production. *American Economic Review, 18(1)*, 139 – 165.
<https://www.jstor.org/stable/1811556>
- Cotrina, E., & Huayllacayan, L. (2023). *Función de producción Cobb Douglas aplicada al producto bruto interno en la economía peruana, período: 1990 – 2020* (Tesis de licenciatura).
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3250>
- Cruz, J. (2019). Analysis of the Cobb-Douglas function that best optimizes the productivity of organic quinoa in the Puno region, 2015-2016. *Revista de investigaciones de la escuela de posgrado UNA, 8(3)*. 1173-1186. <http://dx.doi.org/10.26788/riepg.2019.3.136>
- Dammert A. (2020). La Importancia del sector Minero para el Perú. *Journal of Economics, Finance and International Business, 4 (1)*, 1-7. <http://dx.doi.org/10.20511/jefib.2020>
- Delgado, N., & Vásquez, P. (2019). *Impacto del sector minero en el crecimiento económico del Perú durante el periodo 1992 – 2015* (Tesis de licenciatura). <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/21055>
- Dolgikh, Y. (2022). Improvement of Crop Production Planning in Ukraine Using the Cobb-Douglas Production Function. *Ekonomika APK, 29(1)*, 10-17. <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202201010>
- El Asli, H., Azeroual, M., Mekkaoui, Y. & Jamil, Y. (2024). How productivity, capital investment, employment, human capital and energy are affecting economic growth in morocco? an ARDL, FMOLS, DOLS AND CCR approaches. *Sciendo Economics Innovative and Economics Research Journal, 12(3)*, 225-255.
<https://doi.org/10.2478/eoik-2024-0040>
- Ellerman, D., Stoker, T.M. & Berndt, E. (2001). Sources of Productivity Growth in the American Coal Industry 1972–95. *University of Chicago Press, 1*, 373-418.
- El Peruano. (2018, 19 de abril). *Apunte de la minería al PBI*. [IPE.org.com].
<https://www.ipe.org.pe/portal/apunte-de-la-mineria-al-pbi/>
- El Peruano (2023, 01 de octubre). *Minería peruana se consolida*. [elperuano.pe].
<https://www.elperuano.pe/noticia/224266-mineria-peruana-se-consolida>
- Escamilla, C. (2024, 24 de junio). *The Importance of Mining in Modern Society* [The University of Arizona].
<https://mining.arizona.edu/news/importance-mining-modern-society>
- Espinoza, F. (2018). *Los factores de producción como factor clave en el aumento de la renta de los bienes y servicios finales en Perú periodo 1980-2013*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional “José Faustino Sánchez Carrión”.
- Esquivel, M. & Rojas, M. (2007). Estimación de una función de producción para Costa Rica: 1991Q1-2006Q4 [versión electrónica]. *Banco Central de Costa Rica, (08)*, 1-15.
- Feng, Q. & Chen, H. (2013). The safety-level gap between China and the US in view of the interaction between coal production and safety management. *Safety Science, 54*. 80-86.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2012.12.001>

- Feraudi, P. & Ayaviri, D. (2018). The Cobb Douglas production function and its application in the Bolivian economy. *Revista de la Universidad Internacional del Ecuador*, 3(4), 70-82.
<https://doi.org/10.33890/innova.v3.n4.2018.495>
- Giang, P.H., & Huong, V.T.T. (2023). Comparison of the Impact of Production Factors on the Ecological and Economic Efficiency of the Potato Land-Use Type in Vietnam and Russia Based on the Cobb-Douglas Production Function. *Journal of Ecological Engineering*, 24(9), 272–281.
<https://doi.org/10.12911/22998993/169181>
- Granger, C.W.J (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods. *Econometrica*, 37(3), 424-438. <https://doi.org/10.2307/1912791>
- Gujarati, D., & Porter, D. (2010). *Econometría*. (5º.ed.). Interamericana Editores, S.A. DE C.V. ISBN: 978-607-15-0294-0.
- Guzmán, D., Piñancela, L., & Sotomayor, J. (2022). Determinants of the economic growth of Chile, Ecuador and Peru during the period 1990 to 2020. *593 Digital Publisher CEIT*, 7 (2), 43-55.
<https://doi.org/10.33386/593dp.2022.2.1004>
- Hayati, M., Nugroho, T., Firdaus, M., & Adetya, F. (2024). Evaluation of technical efficiency traditional agriculture among smallholder maize farmers in East Java. *EDP Sciences*, 499, 1-6.
<http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/202449901026>
- Huaranga, M., & Robles, B. (2017). *Factores que determinan la productividad y su influencia en el crecimiento económico del Perú 2000-2016*. (Tesis de licenciatura).
<https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1978>
- Humayun T., Li, S., Niazi, G.R., Humayun S., & Younas,W. (2023). An empirical analysis of Pakistan's economic growth from the perspective of strong sustainability. *Nat Resour Forum*, 1-30.
<http://dx.doi.org/10.1111/1477-8947.12369>
- INEI (2025). *Estadísticas Instituto Nacional de Estadística e Informática*. [inei.gob.pe].
<https://www.inei.gob.pe/biblioteca-boletines/>
- Kaldor, N. (1957). A Model of Economic Growth. *The Economic Journal*, 67(268), 591–624. <https://doi.org/10.2307/2227704>
- Larios, F., y Álvarez, J. (2014). *Análisis Econométrico de Series de Tiempo* (1ª ed.). Universidad San Ignacio de Loyola. <https://www.ebooks7-24.com/stage.aspx?il=&pg=&ed=>
- Maslak, N., Lei, Z., & Xu, L. (2020). Analysis of agricultural trade in china based on the theory of factor endowment. *Agricultural and Resource Economics*, 6(1), 50-61.
<https://doi.org/10.51599/are.2020.06.01.04>
- MEF (2022, 10 de octubre). *Para impulsar las inversiones en minería e hidrocarburos el MEF plantea ampliar la devolución del IGV a las actividades de exploración*. [mef.gob.pe].
https://www.mef.gob.pe/en/?option=com_content&language=en-GB&Itemid=101108&view=article&catid=100&id=7540&lang=en-GB
- MEF (2022). Anuario Minero 2022 (1a ed.) <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4700376/2022.pdf>
- MINEM (2022). *Boletín Estadístico Minero* (ESTAMIN-2022), (03).
<https://www.gob.pe/institucion/minem/colecciones/6-boletin-estadistico-minero>
- MINEM (2024). *Cartera de Proyectos de Inversión Minera 2024*. (01).
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6011041/5325671-2024_cpim.pdf?v=1710282593
- MINEM (2024). *Minería, una actividad que aporta significativamente a la economía peruana*.
[peru.angloamerican.com]. <https://peru.angloamerican.com/moquegua/impulso-minero/mineria-una-actividad-que-aporta-significativamente-a-la-economia-peruana.aspx>
- MINEM (2025). *Estadísticas mineras. Portal del Ministerio de Energía y Minas*. [minem.gob.pe]
<https://www.gob.pe/institucion/minem/colecciones/12125-estadisticas-mineras>
- Morales, L. (2019). *Factores de la minería y su influencia en el crecimiento económico del perú, año 2008 – 2017*. (Tesis de licenciatura). Universidad Privada de Tacna.
- Monge, C. (2012). Estimación de una función de producción para Costa Rica: 1978-2010 [versión electrónica]. *Banco Central de Costa Rica*, (19), 1-32.
- MTPE (2024). Estadísticas del Ministerio del Trabajo y Promoción del Empleo. [2trabajo.gob.pe].
<https://www2.trabajo.gob.pe/estadisticas/anuarios-estadisticos/>
- Nejad, S.A.Z (2015). Production Function of the Mining Sector of Iran. *European Online Journal of Natural and Social Sciences* 2015, 4(1), 138-153.
- Nkoro, E. & Uko, A. (2016). Autoregressive Distributed Lag (ARDL) cointegration technique: application and interpretation. *Journal of Statistical and Econometric Methods*, 5 (4), 63-91
- Ogujiuba, K., Adebayo, F. & Stiegler, N. (2014). Efficiency of Capital-Labor in Nigeria's Mining Sector: A Cobb-Douglas Framework. *Journal of Economics and Behavioral Studies*, 6(9), 760-770.
<https://doi.org/10.22610/jebs.v6i9.535>

- Onalan, O. & Basegmez, H. (2018). Estimation of economic growth using Grey Cobb-Douglas production function: an application for US economy. *Journal of Business, Economics and Finance (JBEF)*, 7(2), 178-190. <http://doi.org/10.17261/Pressacademia.2018.840>
- Otárola, M. (1993). *Econometría – Teoría y problemas propuestos*. (1º ed.). Universidad de Lima.
- Ottawa, O. (2009). a detailed analysis of the productivity performance of oil and gas extraction in canada [versión electrónica]. *Centre for the Study of Living Standards* (8), 1-55.
- Paredes, L.D (2022). *Estimación de la función de producción Cobb – Douglas para la economía peruana: 1990 – 2019* (Tesis de licenciatura). <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5528>
- Pesaran, M.H & Shin, Y. (1995). An Autoregressive Distributed Lag Modeling Approach to Co-integration Analysis. *Department of Applied Economics, University of Cambridge, England*, (1), 1-24. <https://doi.org/10.1017/CCOL0521633230.011>
- Piven, V. & Kubatko, O. (2023). Sustainable Economic Growth Factors in the EU: Applying a Modified Cobb-Douglas Production Function with Renewable Energy and Digitalization. *E3S Web of Conferences*, 456, 1-11. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345601006>
- Rivas, E., Salazar, C. & Torrez, I. (2018). *Modelo de Producción Cobb Douglas para la economía de Nicaragua en el período 1999-2014*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Rojas, A. (2024). *Incidencia del sector minero en el crecimiento económico del Perú, 2009 – 2023*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Tumbes.
- Rosales, R., Perdomo, J., Morales, C. & Urrego, J. (2010). *Intermediate economics: Theory and applications*. (1). Ediciones Uniandes ISSN 1909-4442
- Rybak, A., & Rybak, A. (2016). Possible strategies for hard coal mining in Poland as a result of production function analysis. *Resources Policy*, 50, 27–33. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resourpol.2016.08.002>
- Sahoo A., Sahoo, D., & Sahu, N. (2014). Mining export, industrial production and economic growth: A cointegration and causality analysis for India. *Resources Policy*, 42, 27-34. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resourpol.2014.09.001>
- Sahoo A., Sahoo, D., & Sahu, N. (2017). Productive performance of Indian mining industry: A stochastic frontier decomposition. *Global Journal of Business, Economics and Management: Current Issues*. 7(1), 80-88. <http://dx.doi.org/10.18844/gj bem.v7i1.1469>
- Samuelson, P. & Nordhaus, W. (2010). *Economía 19ed con aplicaciones a Latinoamérica*. (19ed). McGraw-Hill Interamericana Editores S.A.
- Sandler, I., Ivanov D., Lifshits, M., & Diligenskaya, A. (2020). Identification of generalized Cobb-Douglas production functions with multiplicative errors in variables. *IOP Conf. Series: Material Science and Engineering*, 1064, 1-5. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1064/1/012015>
- Shahabi, R., Kakaie, R., Ramazani, R. & Agheli, L. (2009). Estimation of production function for mines in Iran. *Journal of Geology and Mining Research*, 1(1), 019-024.
- Sidorenko, O., Sairinen, R., & Moore, K. (2020). Rethinking the concept of small-scale mining for technologically advanced raw materials production. *Resources Policy*, 68, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101712>
- SNMPE (2024, 21 de mayo). *Paul Romer: es necesario establecer políticas para fortalecer la fuerza laboral dentro del sector minero*. [Simposio – XV Encuentro Internacional de Minería]. <https://www.simposio.pe/paul-romer-es-necesario-establecer-politicas-para-fortalecer-la-fuerza-laboral-dentro-del-sector-minero/>
- Sullca, V., & Vargas, M. (2021). *Análisis del sector minero y su influencia en el crecimiento económico en la región de Arequipa, periodo 2010 – 2019*. (Tesis de licenciatura). Universidad Católica de Santa María.
- Sultana, S., Hossain, M.M., & Haque, M.N. (2023). Estimating the potato farming efficiency: A comparative study between stochastic frontier analysis and data envelopment analysis. *PLOS ONE-Research Article*, 18 (4), 1-15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.02843911>
- Timmer, M., & Voskoboinikov, I. (2017). Is mining fuelling long-run growth in Russia? Industry productivity growth trends in 1995-2012. *University of Florida*, 281-318. <https://doi.org/10.1017/9781316534502.008>
- Vargas, B. (2014). The role of production Cobb – Douglas. *Fides Et Ratio*, 8, 67-74.
- Xie, T., & Zhu, X. (2022). Research on the measurement of contribution value of scientific and technological talents in China's mining industry—Innovative application based on "Cobb Douglas production function method". *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1087, 1-8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1087/1/012027>
- Zhu, Y., Xu, D., Ali, S., & Cheng, J (2021). A hybrid assessment model for mineral resource availability potentials. *Resources Policy*, 74, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102283>.