



Yura: Relaciones internacionales

Departamento de Ciencias Económicas, Administrativas y de Comercio

Revista electrónica ISSN: 1390-938x

Nº 41: Enero – marzo 2025

Impacto de las exportaciones de minerales en el producto interno bruto de Bolivia: Análisis del periodo 1996-2022 pp. 1 - 24

Erik Ernesto Muñoz Royo

Gilder Denis Vidal Claros

Universidad Mayor de San Simón

Cochabamba - Bolivia.

Calles Oquendo y Jordán

negocios2006mr@gmail.com

denisvidal@hotmail.com

Impacto de las exportaciones de minerales en el producto interno bruto de Bolivia: Análisis del periodo 1996-2022

Erik Ernesto Muñoz Royo
Universidad Mayor de San Simón
negocios2006mr@gmail.com

Gilder Denis Vidal Claros
Universidad Mayor de San Simón
denisvidal@hotmail.com

1

Resumen

El presente artículo científico inicia con el planteamiento de la pregunta de investigación: ¿Cuál es el efecto de las variables de las exportaciones de minerales sobre el producto interno bruto en Bolivia durante el periodo 1996-2022? El objetivo de la investigación fue: Determinar el efecto de las variables de las exportaciones de minerales sobre el producto interno bruto de Bolivia durante el período 1996-2022. El estudio se desarrolló considerando el paradigma positivista, con un diseño de investigación no experimental longitudinal. Los métodos de investigación utilizados fueron la inducción, deducción, análisis, síntesis y proyectivo. La muestra de estudio corresponde a una serie de tiempo dinámica de las variables de las exportaciones de minerales y el producto interno bruto conformada por datos de 103 trimestres, periodo 1996-2022 en miles de bolivianos a valores constantes de 1990. El test de Granger indicó un all p-value de 0.0352 el cual es inferior al nivel de significancia de 0.05 (Conforme los resultados estadísticos de la prueba), en consecuencia, no se rechazó la hipótesis alternativa de investigación: Las variables de las exportaciones de minerales tienen un impacto o efecto positivo en el producto interno bruto durante el periodo 1996-2022. El modelo de vectores autorregresivos (VAR) estableció un pronóstico de 10 trimestres exponiendo un forecast con una tendencia no definida.

Palabras clave

Efecto, exportaciones, mineral, producto interno bruto, econometría.

Abstract

This scientific article begins with the research question: What is the effect of the variables of mineral exports on the gross domestic product in Bolivia during the period 1996-2022? The objective of the research was: To determine the effect of the variables of mineral exports on the gross domestic product of Bolivia during the period 1996-2022. The study was developed considering the positivist paradigm, with a longitudinal non-experimental research design. The research methods used were induction, deduction, analysis, synthesis and projective. The study sample corresponds to a dynamic time series of the variables of mineral exports and gross domestic product made up of data from 103 quarters, period 1996-2022 in thousands of Bolivianos at constant 1990 values. The Granger test indicated an all p-value of 0.0352 which is lower than the significance level of 0.05 (according to the statistical results of the test), consequently, the alternative research hypothesis was not rejected: Mineral exports variables have a positive impact or effect on gross domestic product during the period 1996-2022. The vector autoregressive model (VAR) established a 10-quarter forecast exposing a forecast with an undefined trend.

keywords

Effect, exports, mineral, gross domestic product, econometrics.

En 2020 la pandemia de COVID-19 condujo a una crisis económica mundial, la actividad productiva de los países se redujo en un 90 %, la economía mundial se contrajo alrededor de un 3 %, la pobreza aumentó en todo el mundo. Los Gobiernos implementaron acciones empleando medidas para mitigar los riesgos financieros y efectos derivados de la pandemia, logrando la recuperación de las economías en el año 2021 y primer semestre de 2022. Se redujeron los precios internacionales de los commodities, puesto que éstas dependen de la exportación de recursos naturales, puesto que, al contraerse la demanda mundial, también se contrajo la producción, lo que incidió en menores ingresos fiscales para los gobiernos. En el rubro de la minería, muchas empresas mineras redujeron gradualmente sus operaciones, empleando el personal mínimo para sus operaciones y logística críticas, suspendiendo actividades de construcción y expansión de proyectos de inversión, enfrentándose a dificultades en sus cadenas de suministro en un contexto de alta incertidumbre y volatilidad. En 2022 con la guerra en Ucrania, el precio de las materias primas aumentó debido a la incertidumbre, commodities como el petróleo, metales, gasolina, gas natural, trigo, maíz o la soja incrementaron sus precios, lo que está impulsando a las empresas a buscar fuentes alternativas de suministro. En Bolivia la actividad minera muestra signos de recuperación, en el primer semestre de 2022, las altas cotizaciones de los principales minerales en el mercado internacional, así como el incremento del volumen de producción permitieron alcanzar nuevos máximos en el valor de producción de minerales. Se observa un incremento de las cantidades producidas de zinc y oro en el primer semestre 2022 respecto al 2021; influenciada por las altas cotizaciones de los minerales en el mercado internacional.

Ello conduce a la formulación de la pregunta de investigación: ¿Cuál es el efecto de las variables de las exportaciones de minerales sobre el producto interno bruto en Bolivia durante el periodo 1996-2022? El objetivo general fue: Determinar el efecto de las variables de las

exportaciones de minerales sobre el producto interno bruto de Bolivia durante el período 1996-2022.

La literatura revisada, según Mankiw (2017), señala que las exportaciones son productos, es decir, bienes y servicios que se producen en la economía doméstica o nacional y que se venden en el extranjero, mientras que las importaciones son bienes y servicios producidos en el extranjero que se venden en la economía doméstica (p. 672). Las críticas al rol que ha desempeñado el sector minero en los países latinoamericanos están ligadas a la urgencia de estos para insertarse en los mercados internacionales mediante las exportaciones, como forma de obtener ingresos, aumentar el PIB y combatir la pobreza de su población (Bosch Carcuro & Domínguez Pérez, 2022, p. 56).

La principal función del mercado es determinar el precio de los bienes. El precio es el valor del bien en términos de dinero (el papel del dinero se analizará más adelante en este capítulo). A un nivel más profundo, los precios representan los términos con base en los cuales se intercambian distintas mercancías. Los precios coordinan las decisiones de los productores y los consumidores en un mercado. Los precios más elevados tienden a reducir las compras de los consumidores y a fomentar la producción. Los menores precios fomentan el consumo y desalientan la producción. Los precios son la rueda que equilibra el mecanismo del mercado (Samuelson y Nordhaus, 2010, p. 27).

La evolución de la exportación de minerales bolivianos es especialmente interesante: su exportación bruta pasó de ser \$ 444 millones de dólares constantes en 1995 a \$ 8250 en su pico más alto en 2014 (casi 20 veces más). Si bien esto tuvo repercusiones positivas en el corto plazo para el crecimiento, no es difícil notar que tuvo efectos negativos en materia de diversificación productiva (Peñaranda Molina, 2021, p. 47).

El aporte del sector minero al desarrollo económico de una localidad o un país es un tema de debate sobre el cual, en sentido general, no existen muchos puntos de consenso. Esa discusión, a su vez, es provocada por la aparente relación inversa entre el acervo de recursos naturales y el crecimiento del producto de los países, fenómeno conocido como la maldición de los recursos. Por un lado, se entiende que el sector minero aporta insumos de producción al resto de los sectores productivos de una sociedad, que posteriormente sirven para incrementar la producción de esta y, por esa vía, generar mayores niveles de ingreso y bienestar. En cambio, el otro lado de la discusión indica que los mecanismos bajo los cuales funciona el sector minero (y, de manera más particular, la industria extractiva) están desconectados del resto del sector productivo de un país, y por tanto no contribuyen al desarrollo de una sociedad. La visión tradicional sobre la actividad minera extractiva es usualmente defendida por la escuela neoclásica de la ciencia económica. Bajo ese paradigma, los recursos minerales de un país pueden formar parte de sus insumos dentro de la función de producción; por tanto, una mayor cantidad de disponibilidad de recursos —mientras no cambien otros factores que influyan en el proceso productivo— permite un incremento en la producción de un país. Bajo ese argumento, lo preferible para una nación es la extracción y explotación de dichos recursos, los cuales permanecen en forma de yacimientos en el territorio para incrementar la generación de ingresos del país (Bosch Carcuro & Pérez Domínguez, 2022, p. 55).

El modelo extractivista instaurado en los distintos países dotados de minerales ha traído consigo consecuencias negativas en lo social, cultural y ambiental, debido a la deficiente regulación por parte del Estado; las actividades extractivas minero-energéticas han evidenciado conflictos socioambientales afectando el comportamiento de las poblaciones, ya que los efectos de estas se evidenciaban en las condiciones de vida, salud y el tejido social. Las compañías de la industria minera a nivel mundial están obligadas a implementar estrategias nuevas que

ayuden a incrementar su productividad tomando en cuenta la disminución de los metales en los yacimientos (Quispe Yucra, 2022, pp. 1-2).

Podemos definir la producción como el proceso mediante el cual se transforman materias primas en un bien o servicio, con un valor agregado mayor. El objetivo de la teoría de la producción es la maximización del beneficio económico de la empresa (Graue, 2009, p. 187). La macroeconomía afecta al precio de los activos en el mercado de valores. No todos los factores lo hacen en igual medida, y asumiendo que se lleva a cabo una diversificación geográfica, las variables más generales son las que mayor impacto tienen: Inflación, Tipo de interés, Bonos del gobierno a largo plazo, Nivel de producción industrial, Bonos de baja calidad, Niveles de consumo per cápita, Precio del petróleo (García-Mina, 2023, p. 4). La caída en el comercio global de metales industriales debido a la crisis mundial, obliga a inquirir sobre el grado de la eficiencia en el uso de los factores de la producción en el conjunto de las actividades mineras para responder a las variaciones de la demanda global (Esperanza Flores et al., 2022, p. 224).

El producto interno bruto es un indicador económico que muestra el valor total de bienes y servicios producidos en la economía durante un período de tiempo, normalmente un año. Es uno de los principales indicadores del crecimiento de la producción organizacional de un país, lo cual refleja su nivel económico (Solís & Ulloa Carabali, 2022). Los países latinoamericanos tienen una importante participación de los hidrocarburos y los minerales en sus economías. Esa importancia ha evolucionado a lo largo de las dos décadas más recientes, destacándose países en los que el Producto Interno Bruto está determinado en gran medida por esos componentes de la actividad exportadora. El panorama es, en todo caso, diverso: República Dominicana y Uruguay son países en los cuales el valor de las exportaciones de mineral representa una baja o muy baja proporción del PIB; por otro lado, Chile, Bolivia, Ecuador y Venezuela son casos de extraordinaria importancia de esos factores (Bosch Carcuro & Pérez Domínguez, 2022, p. 58).

Caridad & Ocerin (2012) indican que la Teoría Económica postula una serie de relaciones causales entre diversas magnitudes económica. La Econometría aborda el problema de elaborar modelos que midan las relaciones causales entre variables económicas. Al plantear un modelo económico, en una primera fase, se formulan las relaciones causales entre las variables objeto de estudio, así como las restricciones existentes en esas relaciones. Para cuantificar una relación es necesario disponer de datos numéricos de las variables y plantear las relaciones que existen o que se supone que existen entre ellas. El proceso de estimación de un modelo previamente especificado consiste en la estimación de los parámetros (como α , β , β_1 , β_2) que intervienen en él. En todos los casos, estos modelos económicos no sirven para representar de forma exacta las relaciones anteriores utilizando datos reales. Existe siempre una discrepancia o error, que se denomina perturbación aleatoria, ε , entre los valores medidos reales de la variable explicada y los estimados mediante el modelo. En todos los modelos econométricos se incorporan estas perturbaciones aleatorias a las formas funcionales propuestas (pp. 2-3).

La econometría se basa en el desarrollo de métodos estadísticos que se utilizan para estimar relaciones económicas, probar teorías económicas y evaluar e implementar políticas públicas y de negocios. La aplicación más común de la econometría es en el pronóstico de variables macroeconómicas tan importantes como las tasas de interés, de inflación y el producto interno bruto. Si bien el pronóstico de indicadores económicos es un tema muy conocido y al que se le suele dar mucha publicidad, los métodos econométricos también se emplean en áreas de la economía que no están relacionadas con la elaboración de pronósticos macroeconómicos (Wooldridge, 2010, p. 1).

En términos literales econometría significa “medición económica”. Sin embargo, si bien es cierto que la medición es una parte importante de la econometría, el alcance de esta disciplina es mucho más amplio, como se deduce de las siguientes citas:

- La econometría, resultado de cierta perspectiva sobre el papel que desempeña la economía, consiste en la aplicación de la estadística matemática a los datos económicos para dar soporte empírico a los modelos construidos por la economía matemática y obtener resultados numéricos.
- La econometría puede definirse como el análisis cuantitativo de fenómenos económicos reales, basados en el desarrollo simultáneo de la teoría y la observación, relacionados mediante métodos apropiados de inferencia.
- La econometría se define como la ciencia social en la cual las herramientas de la teoría económica, las matemáticas y la inferencia estadística se aplican al análisis de los fenómenos económicos.

El interés principal de la economía matemática es expresar la teoría económica en una forma matemática (ecuaciones) sin preocuparse por la capacidad de medición o de verificación empírica de la teoría. La econometría, como ya apuntamos, se interesa sobre todo en la verificación empírica de la teoría económica (Gujarati & Porter, 2010, pp. 1-2). Mantilla et al. (2017), indican que los vectores autorregresivos (VAR) fueron planteados originalmente por Sims (1980) como una metodología alternativa a la denominada econometría tradicional. A comienzos de la década de los setenta del siglo pasado, la metodología tradicional se basaba en la construcción de (grandes) modelos de ecuaciones simultáneas en los que las variables estaban divididas en dos grupos: endógenas o determinadas dentro del modelo, y exógenas. La estimación de estos modelos exigía que estuviesen identificados, lo que a su vez implicaba el cumplimiento de determinadas restricciones generalmente de exclusión (es decir, en cada una de las ecuaciones identificadas, debían excluirse una o varias variables). Estas restricciones no tenían mucho que ver con la teoría económica y eran contempladas con creciente escepticismo por una parte importante de la profesión. La división entre variables endógenas y exógenas también parecía arbitraria. Si a esto unimos el hecho de que los modelos multiecuacionales

sufrieron un rotundo fracaso durante la crisis de los setenta, podemos entender el contexto en el que Sims planteó su alternativa metodológica (p. 703).

Utilizamos un modelo del tipo vector autorregresivo (VAR) cuando queremos caracterizar las interacciones simultáneas entre un grupo de variable. Un VAR es un modelo de ecuaciones simultáneas formado por un sistema de ecuaciones de forma reducida sin restringir. Que sean ecuaciones de forma reducida quiere decir que los valores contemporáneos de las variables del modelo no aparecen como variables explicativas en ninguna de las ecuaciones. Por el contrario, el conjunto de variables explicativas de cada ecuación está constituido por un bloque de retardos de cada una de las variables del modelo (Novales, 2017, p. 2).

Mantilla et al. (2017), la predicción es una de las causas del éxito de los VAR y una de sus principales aplicaciones. La predicción óptima vendrá dada por el modelo estructural dinámico. Otra posibilidad es utilizar la denominada predicción iterada. Consiste en reestimar el VAR después de cada pronóstico, empleando este como un dato adicional. Es decir, si queremos emplear este procedimiento para efectuar una predicción h periodos adelante, procederemos de la siguiente forma. Se estima el VAR con los datos conocidos. Generalmente se efectúa una predicción para el siguiente periodo ($t+1$). Empleando ese pronóstico como un dato más se vuelve a estimar el VAR y se efectúa una nueva predicción para el periodo ($t+2$) y así sucesivamente hasta llegar al periodo h (pp. 708-709).

Considerando el marco conceptual respecto a las variables de las exportaciones de minerales y el producto interno bruto, se plantea la hipótesis de investigación: Las variables de las exportaciones de minerales tienen un impacto positivo en el producto interno bruto durante el periodo 1996-2022.

Materiales y Métodos

El estudio se desarrolló considerando el paradigma positivista, con un enfoque de investigación cuantitativo, un tipo de investigación explicativo y un diseño no experimental longitudinal, es así que el diseño es de una serie de tiempo por el periodo 1996 a 2022; se analizaron 103 valores trimestrales en la serie de tiempo expresados en miles de bolivianos. Los métodos de investigación utilizados fueron la inducción, deducción, análisis, síntesis y proyectivo. En la investigación los datos corresponden a variables macroeconómicas, es así que el universo viene a ser los valores de la población de estudio, conformada por valores de las variables de las exportaciones de minerales y el producto interno bruto. En cambio, la muestra de estudio corresponde a una serie de tiempo dinámica de las variables de las exportaciones de minerales y el producto interno bruto conformada por datos de 103 trimestres, periodo 1996-2022 a valores constantes de 1990.

Entre las técnicas e instrumentos de investigación se empleó el análisis documental obteniendo la información de los reportes del Banco Central de Bolivia, Instituto Nacional de Estadística, Ministerio de Economía y Finanzas Públicas. En el procedimiento de investigación, una fase importante fue el trabajo de campo, el cual consistió en la obtención de la información mediante el análisis documental de los reportes del Banco Central de Bolivia, Instituto Nacional de Estadística, Ministerio de Economía y Finanzas Públicas. En la fase de resultados de la investigación, luego de la recolección de la información se procedió con la evaluación del modelo econométrico de vectores autorregresivos (VAR), seguidamente se realizó la estimación de la proyección de las variables de las exportaciones de minerales sobre el producto interno bruto.

A continuación, se presenta un análisis de las estadísticas descriptivas de resumen de las variables de las series de tiempo sujetas a estudio.

Tabla 1

Estadísticas descriptivas de resumen

	PIB	EXP01	PRECIO_Z\$	PROD_Z
Mean	8339054.	2406164.	0.217415	80128.14
Median	7955173.	2535347.	0.206140	95674.92
Maximum	13098574	3698199.	0.544374	137822.8
Minimum	4781223.	1016615.	0.125776	32913.49
Std. Dev.	2517533.	735970.2	0.075999	38534.19
Skewness	0.338144	-0.262777	2.125336	-0.027734
Kurtosis	1.725864	1.878700	8.217898	1.277967
Jarque-Bera	8.930053	6.581353	194.3896	12.73970
Probability	0.011504	0.037229	0.000000	0.001712
Sum	8.59E+08	2.48E+08	22.39377	8253198.
Sum Sq. Dev.	6.46E+14	5.52E+13	0.589143	1.51E+11
Observations	103	103	103	103

Nota: Elaboración propia con EViews, 2024.

Se observa la media, mediana, valor mínimo, máximo, asimetría, curtosis que permiten tener una mejor comprensión de la magnitud de los valores sujetos a estudio, por ejemplo, en el período de análisis de 1996-2022, el valor máximo del producto interno bruto alcanza a 13.098.574 (En miles de bolivianos), exportaciones 3.698.199 (En miles de bolivianos), precio 0.544374 (dólares por libra fina) y producción de Zinc 137822.8 (Toneladas métricas), lo cual expone el crecimiento económico de Bolivia.

Se obtuvo la segunda diferencia en las series estudiadas, utilizando 8 rezagos empleando el criterio Akaike information criterion (AIC), se estimó el modelo VAR óptimo incorporando nueve variables dummy para los valores atípicos (Picos de las series de tiempo).

Tabla 1

Estimación de VAR óptimo con variables dummy

R-squared	0.853834	0.692681	0.929493	0.987516
Adj. R-squared	0.728983	0.430179	0.869268	0.976853
Sum sq. resids	2393.225	8669.951	2538.134	92.34760
S.E. equation	7.061081	13.43964	7.271712	1.387050
F-statistic	6.838851	2.638764	15.43367	92.60872
Log likelihood	-275.3309	-333.2559	-277.9763	-128.8632
Akaike AIC	7.051798	8.339019	7.110585	3.796960
Schwarz SC	8.218376	9.505597	8.277163	4.963538
Mean dependent	0.357230	0.148976	0.038749	0.017001
S.D. dependent	13.56354	17.80403	20.11153	9.116811

Nota: Elaboración propia con EViews, 2024.

En la estimación de VAR óptimo con variables dummy, los coeficientes de determinación (R-squared) de las variables TPEXP01, TPPRECIO_Z\$, TPPROD_Z, TPPIB presentan óptima variabilidad explicada en cada serie de tiempo explicada por el modelo VAR. Los coeficientes de determinación 0.853834, 0.692681, 0.929493, 0.987516 reflejan una elevada bondad del ajuste en el modelo VAR, otorgando estabilidad a los parámetros de estudio.

Prueba de normalidad de los residuos: se presenta la prueba de normalidad de los residuos de Doornik – Hansen.

Tabla 2

Test de Doornik – Hansen

VAR Residual Normality Tests
 Orthogonalization: Residual Correlation (Doornik-Hansen)
 Null Hypothesis: Residuals are multivariate normal
 Date: 11/02/22 Time: 21:14
 Sample: 1 103
 Included observations: 90

Component	Skewness	Chi-sq	df	Prob.*
1	-0.350627	2.017736	1	0.1555
2	-0.405622	2.660970	1	0.1028
3	0.107835	0.198989	1	0.6555
4	-0.111864	0.214062	1	0.6436
Joint		5.091756	4	0.2780

Component	Kurtosis	Chi-sq	df	Prob.
1	3.764056	2.302130	1	0.1292
2	3.872284	2.312808	1	0.1283
3	3.152768	0.716423	1	0.3973
4	3.145741	0.683120	1	0.4085
Joint		6.014480	4	0.1981

Component	Jarque-Bera	df	Prob.
1	4.319866	2	0.1153
2	4.973779	2	0.0832
3	0.915411	2	0.6327
4	0.897181	2	0.6385
Joint	11.10624	8	0.1958

*Approximate p-values do not account for coefficient estimation

Nota: Elaboración propia con EViews, 2024.

La prueba de Doornik – Hansen evidencia que el test de Jarque - Bera expone un joint p-value = 0.1958 lo cual es mayor al nivel de significancia de 5%, por tanto, no se rechaza la hipótesis nula: Los residuos presentan una distribución normal multivariada. (Error tipo II).

Raíces inversas del polinomio: se presenta la prueba de raíz unitaria de los residuos.

Tabla 3

Test de raíz unitaria

Roots of Characteristic Polynomial
 Endogenous variables: TPEXP01
 TPPRECIO_Z\$ TPPROD_Z TPPIB
 Exogenous variables: C DT1 DT2 DT3 DT4
 DT5 DT6 DT7 DT8 DT9
 Lag specification: 1 8
 Date: 11/02/22 Time: 21:32

Root	Modulus
-0.999735	0.999735
-0.411103 + 0.843521i	0.938367
-0.411103 - 0.843521i	0.938367
0.490557 + 0.795740i	0.934798
0.490557 - 0.795740i	0.934798
0.833117 + 0.400679i	0.924461
0.833117 - 0.400679i	0.924461
-0.801509 + 0.454074i	0.921195
-0.801509 - 0.454074i	0.921195
-0.478466 + 0.780286i	0.915301
-0.478466 - 0.780286i	0.915301
-0.699663 + 0.569142i	0.901915
-0.699663 - 0.569142i	0.901915
0.655241 + 0.578105i	0.873812
0.655241 - 0.578105i	0.873812
0.349177 + 0.794391i	0.867745
0.349177 - 0.794391i	0.867745
-0.761749 - 0.387221i	0.854518
-0.761749 + 0.387221i	0.854518
-0.264324 - 0.805926i	0.848165
-0.264324 + 0.805926i	0.848165
0.514246 + 0.630510i	0.813628
0.514246 - 0.630510i	0.813628
-0.404922 + 0.652747i	0.768141
-0.404922 - 0.652747i	0.768141
0.687480 - 0.314525i	0.756012
0.687480 + 0.314525i	0.756012
0.051331 + 0.705688i	0.707553
0.051331 - 0.705688i	0.707553
0.546704 + 0.405698i	0.680791
0.546704 - 0.405698i	0.680791
0.006709	0.006709

No root lies outside the unit circle.
 VAR satisfies the stability condition.

Nota: Elaboración propia con EViews, 2024.

El modelo VAR tiene una solución menor a 1, no excede del círculo unitario, ninguna raíz se encuentra fuera del círculo unitario. El modelo VAR cumple la condición de estabilidad, es decir, no presenta raíz unitaria, en consecuencia, existe ruido blanco con una media cero, varianza constante y covarianzas nulas.

Prueba de heteroscedasticidad de los residuos: se presenta la prueba de heteroscedasticidad de los residuos de Levels and Squares.

Tabla 4

Test de Levels and Squares

VAR Residual Heteroskedasticity Tests (Levels and Squares)

Date: 11/02/22 Time: 21:29

Sample: 1 103

Included observations: 90

Joint test:					
Chi-sq	df	Prob.			
732.6726	730	0.4652			

Individual components:					
Dependent	R-squared	F(73,16)	Prob.	Chi-sq(73)	Prob.
res1*res1	0.802916	0.892927	0.6462	72.26245	0.5024
res2*res2	0.792601	0.837617	0.7064	71.33410	0.5333
res3*res3	0.723080	0.572308	0.9436	65.07724	0.7341
res4*res4	0.925673	2.729638	0.0138	83.31053	0.1919
res2*res1	0.805338	0.906763	0.6313	72.48040	0.4952
res3*res1	0.846349	1.207290	0.3499	76.17142	0.3768
res3*res2	0.859084	1.336200	0.2642	77.31754	0.3426
res4*res1	0.807292	0.918180	0.6190	72.65628	0.4893
res4*res2	0.863415	1.385523	0.2368	77.70735	0.3313
res4*res3	0.786288	0.806398	0.7400	70.76590	0.5523

Nota: Elaboración propia con EViews, 2024.

La prueba de Levels and Squares evidencia que el test expone un joint p-value = 0.4652 lo cual es mayor al nivel de significancia de 5%, por tanto, no se rechaza la hipótesis nula: Los residuos de las variables del modelo VAR tienen una varianza constante (Homocedasticidad). (Error tipo II)

Prueba de autocorrelación de los residuos: se presenta la prueba de autocorrelación de los residuos.

Tabla 5*Test de autocorrelación de los residuos*

VAR Residual Serial Correlation LM Tests
Date: 11/02/22 Time: 21:37
Sample: 1 103
Included observations: 90

Null hypothesis: No serial correlation at lag h

Lag	LRE* stat	df	Prob.	Rao F-stat	df	Prob.
1	18.79938	16	0.2792	1.195647	(16, 125.9)	0.2804
2	21.83176	16	0.1487	1.404848	(16, 125.9)	0.1497
3	10.19039	16	0.8565	0.627087	(16, 125.9)	0.8570
4	4.395621	16	0.9980	0.264608	(16, 125.9)	0.9980
5	8.033455	16	0.9479	0.490315	(16, 125.9)	0.9481
6	6.252938	16	0.9851	0.379072	(16, 125.9)	0.9852
7	12.96553	16	0.6753	0.806357	(16, 125.9)	0.6762
8	16.18396	16	0.4402	1.019007	(16, 125.9)	0.4415

Null hypothesis: No serial correlation at lags 1 to h

Lag	LRE* stat	df	Prob.	Rao F-stat	df	Prob.
1	18.79938	16	0.2792	1.195647	(16, 125.9)	0.2804
2	36.12243	32	0.2819	1.148387	(32, 138.0)	0.2872
3	50.44265	48	0.3771	1.057688	(48, 129.2)	0.3930
4	56.61507	64	0.7324	0.851469	(64, 115.8)	0.7583
5	69.82244	80	0.7847	0.816402	(80, 101.0)	0.8272
6	83.62131	96	0.8123	0.783718	(96, 85.7)	0.8773
7	94.77672	112	0.8791	0.709252	(112, 70.1)	0.9479
8	122.0259	128	0.6321	0.776542	(128, 54.4)	0.8749

Nota: Elaboración propia con EViews, 2024.

La prueba de autocorrelación de los residuos evidencia en los ocho rezagos que el p-value es superior al nivel de significancia de 5%, por tanto, no se rechaza la hipótesis nula: Los residuos de las variables del modelo VAR no presentan una correlación serial. (Error tipo II)

Ahora bien, se expone un resumen sobre la satisfacción de los supuestos econométricos del modelo:

- La prueba de Doornik – Hansen evidencia que el test de Jarque - Bera expone un joint p-value = 0.1958 lo cual es mayor al nivel de significancia de 5%, por tanto, no se rechaza la hipótesis nula: Los residuos presentan una distribución normal multivariada. (Error tipo II).

- El modelo VAR tiene una solución menor a 1, no excede del círculo unitario, ninguna raíz se encuentra fuera del círculo unitario. El modelo VAR cumple la condición de estabilidad, es decir, no presenta raíz unitaria, en consecuencia, existe ruido blanco con una media cero, varianza constante y covarianzas nulas.
- La prueba de Levels and Squares evidencia que el test expone un joint p-value = 0.4652 lo cual es mayor al nivel de significancia de 5%, por tanto, no se rechaza la hipótesis nula: Los residuos de las variables del modelo VAR tienen una varianza constante (Homocedasticidad). (Error tipo II)
- La prueba de autocorrelación de los residuos evidencia en los ocho rezagos que el p-value es superior al nivel de significancia de 5%, por tanto, no se rechaza la hipótesis nula: Los residuos de las variables del modelo VAR no presentan una correlación serial. (Error tipo II)

Cumplidos los supuestos econométricos que expusieron la estabilidad en los parámetros del modelo de estudio, se realiza el análisis de la descomposición de la varianza de un VAR, el cual brinda información acerca de la potencia relativa de innovaciones aleatorias para cada variable endógena. Consiste en descomponer la varianza de las variables endógenas en componentes que permitan aislar el porcentaje de variabilidad de una endógena explicado por una de las innovaciones para distintos horizontes predictivos. Seguidamente, se presenta la descomposición de la varianza de las variables estudiadas.

Tabla 6

Análisis de la descomposición de varianza del TPPIB

Variance Decomposition of TPPIB:					
Period	S.E.	TPEXP01	TPPRECIO...	TPPROD_Z	TPPIB
1	1.387050	10.83323	9.897642	8.850235	70.41889
2	1.541317	8.773371	12.26066	9.559823	69.40614
3	1.611843	10.46983	11.29553	11.05021	67.18444
4	1.651292	10.03375	14.91455	10.52861	64.52310
5	1.759499	9.028303	19.99689	12.78683	58.18797
6	1.830388	8.665004	19.12434	12.36637	59.84428
7	1.976413	9.328878	19.69748	11.13791	59.83574
8	2.018495	9.929997	19.18005	12.98767	57.90228
9	2.035205	9.771638	19.98196	12.89738	57.34902
10	2.070291	9.499519	21.53819	13.06677	55.89552

Cholesky Ordering: TPEXP01 TPPRECIO_Z\$ TPROD_Z TPPIB

Nota: Elaboración propia con EViews, 2024.

Análisis de la descomposición de varianza del producto interno bruto: en el periodo 10 (trimestre 10), el producto interno bruto es explicado por la variabilidad del 9,49% de las exportaciones, 21,53% del precio del Zinc, 13,06% de la producción de Zinc, y consigo misma en un 55,89%, por lo que la mayor explicación está en el precio del Zinc.

Tabla 7*Test de Granger*

Dependent variable: TPPIB			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
TPEXP01	4.541936	8	0.8052
TPPRECIO_Z\$	5.413245	8	0.7126
TPPROD_Z	17.41304	8	0.0261
All	37.93951	24	0.0352

Nota: Elaboración propia con EViews, 2024.

En la causalidad del sentido de Granger, por lo menos una de las variables causa a la otra, en el sentido de que tenerla en cuenta aporta a la calidad de la explicación de la otra variable. En este entendido, entre los resultados del test de Granger se pueden mencionar a:

- En la variable dependiente TPPIB respecto a las variables TPEXP01, TPRECIO_Z\$, TPPROD_Z en el test de Granger exponen un all p-value = 0.0352 el cual es inferior al nivel de significancia de 5%, por tanto, no se rechaza la hipótesis alternativa: Las variables TPEXP01, TPRECIO_Z\$, TPPROD_Z causan en el sentido de Granger a la variable TPPIB. (Error tipo I)

El test de Granger indica un all p-value de 0.0352 el cual es inferior al nivel de significancia de 0.05 (Conforme los resultados estadísticos de la prueba), por tanto, no se rechaza la hipótesis alternativa de investigación: Las variables de las exportaciones de minerales tienen un impacto positivo en el producto interno bruto durante el periodo 1996-2022.

Resultados

A continuación, se expone el forecast de las series de tiempo estudiadas para predecir su comportamiento en el periodo 2022-2024 (10 trimestres).

Tabla 8

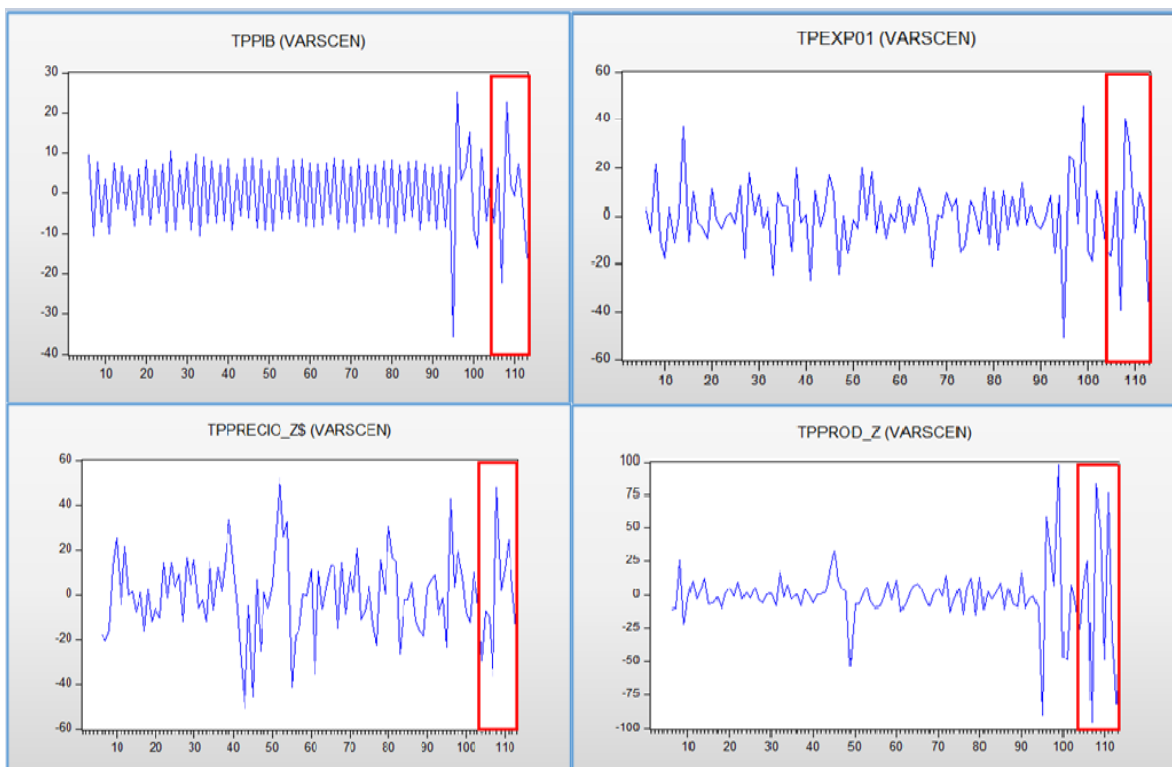
Pronóstico

	TPPIB_F	TPPRECIO_ZS_F	TPPROD_Z_F	TPEXP01_F
103	-6.861295	-1.034565	-6.275978	-1.22318172944
104	2.325509	-29.75520	-25.61220	-14.5973474176
105	-7.387722	-7.619481	9.394394	-17.2066738217
106	6.274915	-9.859107	25.44819	9.6825335315
107	-22.19956	-36.36192	-94.89889	-39.5033817962
108	22.64094	48.03146	83.83136	40.0060195882
109	2.172648	1.785032	46.67385	29.5663298302
110	-0.700409	11.34660	-48.90511	-6.77916994581
111	7.346670	24.52725	76.18618	9.16963797587
112	-2.159784	3.245368	-31.34058	2.81752224377
113	-16.21441	-20.18571	-87.55596	-40.3399992144

Nota: Elaboración propia con EViews, 2024.

Figura 1

Tendencias del Pronóstico



Nota: Elaboración propia con EViews, 2024.

Donde la interpretación de las tendencias en el modelo VAR establece un pronóstico para el producto interno bruto, exportaciones, precio del Zinc, producción de Zinc, exponiendo un forecast para un periodo de 10 trimestres, con oscilaciones al alza y baja; producto de la volatilidad de la dinámica de la actividad minera.

Discusión

Los significados más relevantes en la discusión respecto a los resultados fueron:

- En su investigación Cuadros (2021) “Impacto de las variables macroeconómicas del sector minero en los ingresos fiscales del Perú 2004 – 2020”, indica que la variable logaritmo del precio promedio de las exportaciones de materia prima ($\Delta \log XPM_t$) causa en sentido Granger a la variable logaritmo del ingreso fiscal ($\Delta \log IF_t$), p-value $0.0057 < 0.005$. El hallazgo en la presente investigación: la variable precio del Zinc (TPPRECIO_Z\$) no causa en sentido Granger a la variable producción del Zinc, exportaciones y al producto interno bruto, puesto que los p-valores son superiores a 0,05; resultados contrarios a la investigación de Cuadros (2021).
- Salirrosas (2028) en su investigación denominada “Impactos de corto y largo plazo de la minería del cobre en el crecimiento económico del Perú período 1995 – 2016”, obtiene una probabilidad de “All” menor al 5% se concluye que en todos los bloques hay significancia conjunta de la influencia de las variables entre sí, es decir hay endogeneidad de todas ellas. El hallazgo en la presente investigación: la variable dependiente TPPIB respecto a las variables TPEXP01, TPRECIO_Z\$, TPROD_Z en el test de Granger exponen un all p-value = 0.0352 el cual es inferior al nivel de significancia de 5%, por tanto, no se rechaza la hipótesis alternativa: Las variables exportaciones, precio y producción de Zinc causan en el sentido de Granger a la variable

producto interno bruto. (Error tipo I); resultado similar a los obtenidos por Salirrosas (2028).

- En cambio, Marceliano (2019) en su investigación “La relación del crecimiento económico y las exportaciones de cobre del Perú, periodo 1988 – 2018”, determina una correlación de Pearson de 0,394 siendo un valor positivo, demuestra que existe una correlación positiva baja entre las variables crecimiento económico peruano y las exportaciones de cobre del Perú. La Correlación de Pearson fue de 0.394 con un nivel de significancia de 0.028, se concluye que existe una relación entre las variables crecimiento económico peruano y las exportaciones de cobre del Perú. Existe una relación entre las variables términos de intercambio y exportaciones de cobre del Perú, periodo 1988 – 2018. Se concluye que los términos de intercambio al estar relacionadas con las exportaciones de cobre, pueden ocasionar altas perturbaciones en la economía peruana a largo plazo, en consecuencia, al indebido manejo del sector minero. El hallazgo en la presente investigación: la variable dependiente TPPIB respecto a la variable endógena TPEXP01 en el test de Granger exponen un p-value = 0.8052 el cual es superior al nivel de significancia de 5%, por tanto, no se rechaza la hipótesis nula: La variable exportaciones TPEXP01 no causa en el sentido de Granger a la variable producto interno bruto. (Error tipo II); resultados similares respecto a la baja correlación de Pearson de 0,394 obtenido por Marceliano (2019).

El aporte de las conclusiones en términos de conocimiento adicional fue:

- Se realizó la estimación de VAR óptimo con variables dummy, los coeficientes de determinación (R-squared) de las variables TPEXP01, TPPRECIO_Z\$, TPPROD_Z, TPPIB presentan óptimas varianzas en cada serie de tiempo explicada por el modelo VAR. Los coeficientes de determinación 0.853834, 0.692681, 0.929493, 0.987516 reflejan una elevada bondad del ajuste en el

modelo VAR, otorgando estabilidad a los parámetros de estudio. En la prueba de raíz unitaria de los residuos, el modelo VAR tiene una solución menor a 1; el modelo VAR cumple la condición de estabilidad.

- Se determinó el nivel de significancia estadística de las pruebas de los residuales, la prueba de Doornik – Hansen evidencia que el test de Jarque - Bera expone un $p\text{-value} = 0.1958$, por tanto, no se rechaza la hipótesis nula: Los residuos presentan una distribución normal multivariada (Error tipo II). La prueba de Levels and Squares evidencia que el test expone un $\text{joint } p\text{-value} = 0.4652$, por tanto, no se rechaza la hipótesis nula: Los residuos de las variables del modelo VAR tienen una varianza constante (Homocedasticidad) (Error tipo II). La prueba de autocorrelación de los residuos evidencia en los ocho rezagos que el $p\text{-value}$ es superior al nivel de significancia de 5%, por tanto, no se rechaza la hipótesis nula: Los residuos de las variables del modelo VAR no presentan una correlación serial (Error tipo II).
- En la investigación se llegó a demostrar la hipótesis alternativa de investigación: Las variables exportaciones, precio del Zinc, producción del Zinc causan en el sentido de Granger a la variable producto interno bruto de Bolivia durante el período 1996-2022. (Error tipo I)
- El modelo de vectores autorregresivos (VAR) estableció un pronóstico de 10 trimestres para el producto interno bruto, exportaciones, precio del Zinc y producción del Zinc exponiendo un forecast con una tendencia no definida, debido a la alta volatilidad de los valores sujetos a estudio; presentando oscilaciones al alza y baja.

Se recomienda a los investigadores y ejecutivos aplicar variables dummy en la determinación del modelo VAR óptimo, procediendo a la prueba de raíz unitaria de los residuos

buscando obtener un valor menor a 1 y así alcanzar estabilidad en los parámetros de estudio. Así también, proceder a realizar pruebas de los residuales en las variables de estudio en el modelo VAR óptimo, alcanzando un nivel de significancia estadística que permitan establecer la: distribución normal multivariada, homocedasticidad exponiendo una varianza constante en los residuos, no correlación serial de los residuales.

Se sugiere a los investigadores y ejecutivos analizar la descomposición de la varianza y el test de Granger en el comportamiento de las variables de estudio; identificando las variables independientes que mayor explicación aportan a la variable dependiente. Finalmente, se recomienda a las autoridades de gobierno tomar decisiones con cautela respecto a la formulación de políticas públicas en la explotación de minerales considerando los pronósticos a mediano plazo (10 trimestres); puesto que se evidencia una alta volatilidad en el pronóstico de las series de tiempo, con una tendencia no definida debido a las perturbaciones imperantes en los mercados.

Lista de referencias

- Bosch Carcuro, M., & Domínguez Pérez, M. (2022). Minería, generación de bienestar y desarrollo económico. Una breve revisión de la literatura. Pensamiento. Facultad de Humanidades. [https://repositorio.unapec.edu.do/bitstream/123456789/881/1/6 Minería%2C generación de bienestar y desarrollo económico-52-61.pdf](https://repositorio.unapec.edu.do/bitstream/123456789/881/1/6%20Minería%20generación%20de%20bienestar%20y%20desarrollo%20económico-52-61.pdf)
- Caridad, J.M., Ocerin. (2012). Econometría: Modelos econométricos y series de temporales con los paquetes uTSP y TSP. Barcelona: Editorial Reverté. S.A.
- Cuadros, M. (2021). Impacto de las variables macroeconómicas del sector minero en los ingresos fiscales del Perú 2004 – 2020. Perú: Facultad de Ciencias Empresariales. Universidad San Ignacio de Loyola.
- Esperanza Flores, M., Díaz Barragán, M. A., & Plata Pérez, P. (2022). El auge del sector minero en Zacatecas en los albores del siglo XXI. Una revisión de la eficiencia técnica aplicando un análisis de envoltura de datos (DEA). Panorama Económico, XVII, 221–243. <file:///C:/Users/Kingston/Downloads/10-esparza.pdf>
- García-Mina, P. F. (2023). Ventajas e inconvenientes del factor investing. Comillas Universidad Pontificia. [https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/69687/TFG - Figaredo Garcia-Mina%2C Pelayo.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/69687/TFG%20Garcia-Mina%20Pelayo.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Gujarati, D., Porter, D. (2010). Econometría. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V
- Graue, A. (2009). Fundamentos de economía. México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
- Mankiw, G. (2017). Principios de economía (7ª. Ed.). México: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- Mantilla, M., Pérez, P., Sanz, B. (2017). Econometría y predicción. España: McGraw-Hill/ Interamericana de España, S.L.
- Marceliano, M. (2019). La relación del crecimiento económico y las exportaciones de cobre del Perú, periodo 1988 – 2018. Perú: Facultad de Ciencias Empresariales. Universidad Privada de Tacna.
- Novales, A. (2017). Modelos vectoriales autorregresivos (VAR). España: Universidad Complutense.
- Peñaranda Molina, D. A. (2021). Determinantes de la diversificación de exportaciones en Sudamérica: Un análisis con datos de panel. Instituto de Investigaciones Socio-Económicas (IISEC), Universidad Católica Boliviana, 202103, 1–71. http://www.iisec.ucb.edu.bo/assets_iisec/publicacion/202103.pdf
- Quispe Yucra, J. (2022). Estado Actual de los Pasivos Ambientales de la Actividad Industrial Minera en el Perú, Revisión Sistemática - 2022 (U. C. Vallego (ed.)). [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/103674/Quispe_YJ - SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/103674/Quispe_YJ%20SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Salirrosas, J. (2018). Impactos de corto y largo plazo de la minería del cobre en el crecimiento

económico del Perú período 1995 – 2016. Perú: Facultad de Ciencias Empresariales. Universidad San Ignacio de Loyola.

Samuelson, P. y Nordhaus, W. (2010). Economía con aplicaciones a Latinoamérica. México: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Solís, J. D., & Ulloa Carabali, K. (2022). Aproximación al estado del arte de la competitividad en las empresas pymes. Universidad Antonio Nariño, 1–23. http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/7616/1/2022_Juan David Solis.pdf

Wooldridge, J. (2010). Introducción a la econometría un enfoque moderno. México: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.