

La relación a largo plazo y la causalidad entre las exportaciones mineras, la producción industrial y el crecimiento económico en Perú: Un estudio de caso utilizando un modelo VEC *

Cristian Carrión *Escuela Politécnica Nacional*
Christian Socasi *Escuela Politécnica Nacional*

Este documento investiga la relación entre la exportación minera, la producción industrial y el crecimiento económico en la República del Perú utilizando los datos correspondientes a las variables del Producto Bruto Interno (PBI), Valores FOB de las exportaciones mineras metálicas (XMIN) y el Producto Bruto Interno manufacturero (PBIMAN) correspondientes a los años de 1994-2016, se escoge este periodo debido a que a partir de 1993 rige la nueva Constitución Política del Perú, que permitió el mayor ingreso de inversiones a los diferentes sectores de la economía nacional. La técnica de cointegración multivariante se ha empleado para ver la relación de equilibrio a largo plazo entre las variables. Además, se ha adoptado la causalidad de Granger basada en el modelo de corrección de errores de vectores (VECM) para ver la causalidad a corto y largo plazo entre las variables. Los resultados de la cointegración confirman que las exportaciones de minerales, la producción industrial y el crecimiento económico están cointegrados, lo que indica una existencia de una relación de equilibrio a largo plazo entre variables. Del mismo modo, el resultado de causalidad de Granger de VECM sostiene que existe una relación de causalidad de Granger a largo plazo que va desde el crecimiento económico y la producción industrial hasta la exportación de minerales del Perú.

Introducción

El Perú es el país con mayor atractivo para la inversión minera en la región. Debido a la concentración de inversiones en el sector minero y a los altos precios internacionales, los minerales metálicos han llegado a representar el 5 % de las exportaciones totales del país al 2016, teniendo un impacto directo sobre el producto bruto interno (Instituto Peruano de Economía, 2017).

La relación bilateral entre varias variables hace más complejo el proceso de un modelo econométrico. Uno de los pasos principales para modelar una determinada relación entre variables es la especificación del modelo econométrico. La elección del método depende del propósito de la evaluación y la evaluación de la disponibilidad de datos. Modelos como VAR y VECM se usan con mayor frecuencia en el tratamiento de tales relaciones, que tienen más de una variable endógena. Un factor preocupante es el impacto ambiental de la minería, puesto que ya en los años 80 era señalada como la actividad económica más contaminante. Por ello, se han establecido programas de evaluación de pasivos ambientales y planes de adecuación ambiental para la gran minería. Se estima en alrededor de US\$ 977,1 millones la inversión necesaria para mitigar la contaminación ambiental producida por las unidades mineras operativas. En cuanto a la mediana y pequeña minería, se estima que existe un saldo de pasivos ambientales de aproximadamente US\$ 181,4 mi-

*La replicación de los archivos están disponibles en la página Github del autor (github.com/cristian1512)

llones, principalmente por contaminación en cuencas petrolíferas y lavaderos de oro. No obstante, la indefinición de derechos de propiedad reduce los incentivos para que las normas ambientales sean aplicadas y dificulta la fiscalización.

El presente trabajo tiene por objetivo principal: determinar cuál ha tenido mayor incidencia sobre el crecimiento económico en el Perú en el periodo 1994-2016. Los objetivos específicos son: 1) Determinar la existencia de una relación de equilibrio en el largo plazo entre las exportaciones mineras metálicas, la producción industrial y el crecimiento económico, para hallar una sincronización en el tiempo que refleje una relación confiable y determinante; 2) Determinar la direccionalidad de la relación causal entre las exportaciones mineras metálicas, la producción industrial y el crecimiento económico.

Revisión de la literatura

sasdsdaadaddasdsaasd

Datos y Metodología

Datos

El crecimiento económico será representado mediante el producto bruto interno real (*PBI*), dando la posibilidad de comparar la producción real en tiempos diferentes, siendo una buena medida para el crecimiento económico. El sector minero estará reflejado mediante los datos anuales de valores FOB de la exportación de minerales metálicos (cobre, zinc, oro, plata, estaño, hierro plomo y molibdeno), los cuales se tomaron como una sola variable (*XMIN*), pues captura la actividad minera en crecimiento y el sector industrial mediante el Producto Bruto Interno Manufacturero (*PBIMAN*): Los datos se obtuvieron de la base de datos del Banco Central de la Republica del Perú, del periodo de 1994-2016 expresados en precios del 2011, ya que en esa época el sector minero fue un soporte esencial en la económica peruana, pues fue un año de precios de los metales excepcionalmente altos.

Metodología

La relación entre Exportaciones Mineras Metálicas, Producto Interno Bruto Manufacturero y el Producto Interno Bruto se puede expresar de la siguiente manera:

$$PBI_t = \alpha_0 + \alpha_1 PBIMAN_t + \alpha_2 XMIN_t + \varepsilon_T \quad (1)$$

Donde:

- PBI_t = Producto Interno Bruto
- $PBIMAN_t$ = Producto Interno Bruto Manufacturero
- $XMIN_t$ = Exportaciones Mineras Metálicas
- ε_t = Ruido Blanco

Donde

- t : es la variable de tendencia.

Entonces, comenzamos el proceso de estimación a partir del modelo 1. El propósito de este trabajo es examinar la relación a largo plazo entre Exportaciones Mineras Metálicas, Producto Interno Bruto Manufacturero y el Producto Interno Bruto en Perú. El enfoque metodológico del estudio incluye los siguientes pasos:

- Comprobamos las propiedades de estacionariedad de la serie aplicando la prueba de Dickey-Fuller (ADF) aumentada (Dickey and Fuller 1981) así como la prueba de Phillips-Perron (PP)(Phillips and Perron 1988).
- Si todas las variables están integradas de orden uno, entonces la prueba de cointegración de Johansen (1995) es la más apropiada para ser usada.
- El tercer paso consiste en comprobar la relación causal entre las variables utilizando las pruebas apropiadas.

En la Figura A.1 se presenta la evolución de las tres variables, Exportaciones Mineras Metálicas, Producto Interno Bruto Manufacturero y el Producto Interno Bruto de Perú durante los años 1994-2016. Las estadísticas descriptivas de las variables se muestran en la Cuadro A.1.

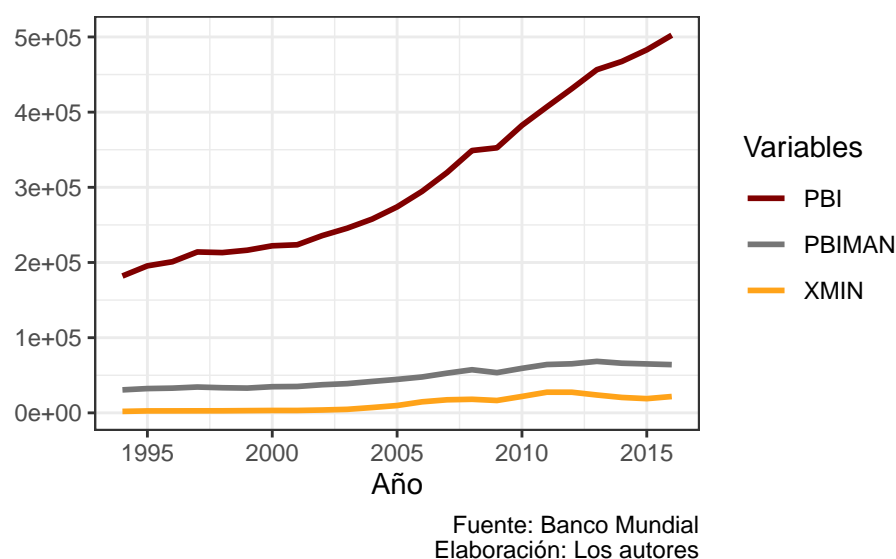


Figura A.1: Representación gráfica de los datos de Perú (Niveles)

Cuadro A.1: Estadística Descriptiva para las Variables Usadas en el Análisis

Statistic	N	Mean	St. Dev.	Min	Max
PBI	23	309,856.20	105,249.60	182,043.70	502,341.30
PBIMAN	23	47,526.75	13,678.43	30,583.02	68,507.77
XMIN	23	11,991.95	9,187.39	1,959.70	27,494.47

Nota: Las estadísticas descriptivas corresponden al periodo 1990-2014

Elaboración: Los autores

La relación causal entre el PIB, Exportaciones Mineras Metálicas y el Producto Interno Bruto Manufacturero: Resultados Empíricos

Pruebas de Raíces Unitarias

Aplicando las pruebas de raíz unitaria del ADF, de Dickey y Fuller (Dickey and Fuller 1981), y del PP, de Phillips y Perron (Phillips and Perron 1988), presentamos los resultados en el Cuadro A.2. Los resultados del Cuadro A.2 mostraron que todas las variables son estacionarias en su primera diferencias (para la prueba de ADF), es decir, están integradas de orden uno (es decir, $I(1)$). Por lo tanto, se continua aplicando el enfoque de cointegración de Johansen para examinar la relación a largo plazo entre las variables.

Cuadro A.2: Los resultados de la prueba de raíz de la unidad ADF sobre el crecimiento económico y el CO2 durante 1990-2014

Variables	t Valor	Dickey–Fuller		t Valor	Phillips–Perron	
		p	Estabilidad		p	Estabilidad
PBI	-1.168	0.889	No Estacionario	-1.829	0.967	No Estacionario
PBIMAN	-1.627	0.714	No Estacionario	-6.334	0.721	No Estacionario
XMIN	-1.498	0.764	No Estacionario	-7.139	0.667	No Estacionario
Δ PBI	-4.157	0.018	Estacionario	-20.681	0.02	Estacionario
Δ PBIMAN	-3.96	0.025	Estacionario	-20.272	0.023	Estacionario
Δ XMIN	-3.853	0.032	Estacionario	-12.212	0.327	No Estacionario

Δ : Primera Diferencia

Elaboración: Los autores

Prueba de Cointegración

Dado que el enfoque de Johansen (1988) es sensible a la longitud del retraso, antes de aplicar la prueba de cointegración, tenemos que encontrar el orden del modelo VEC, la longitud de desfase óptima se selecciona por el valor mínimo de los criterios AIC, SC, HQ y FPE. En la Cuadro A.3 se presentan los resultados de estos criterios. Todos los criterios indican que la longitud óptima del rezago es igual a 2. Por lo tanto, el orden del modelo VEC es igual a 2.

La clave de la prueba de cointegración reside en la selección de la forma adecuada de la prueba de cointegración y el orden de retraso. La relación de cointegración entre las variables del modelo VEC se prueba generalmente con el método de Johansen (1988). Aquí las secuencias seleccionadas son términos de tendencia lineal, y luego la forma de prueba de la ecuación de cointegración es sólo de intercepción. El número máximo de vectores de cointegración es el número de variables menos uno ($n-1=3-1=2$). La prueba de cointegración de Johansen sobre las Exportaciones Mineras, PIB Manufacturero y el PIB, en el Cuadro A.4 muestra que, en la prueba de trazas los resultados de la prueba deben aceptar la hipótesis nula, por debajo del nivel del 5 %, y existen dos relaciones positivas. Esto significa que hay relaciones de equilibrio estables y a largo plazo entre las variables. Partiendo de la premisa de la existencia de relaciones de cointegración, la modelización del VEC puede realizarse más adelante.

Los resultados del Cuadro A.4 (estadísticas de pruebas de trazas) apoyan la presencia de un

Cuadro A.3: Criterios de selección del orden de rezagos del VEC (Max=2)

Parámetros	Lag 1	Lag 2
AIC(n)	47.043	46.69*
HQ(n)	47.172	46.917*
SC(n)	47.64*	47.735
FPE(n)	2.73e20	2.05e20*

*Indica el orden de retraso seleccionado por el criterio

Elaboración: Los autores

Cuadro A.4: Los resultados de la prueba de cointegración del crecimiento económico, las exportaciones mineras y la producción industrial durante 1994-2016

	Hipótesis	Trace Estadístico	p valor	Ecuac. de Cointegración
1	H0:r=0, H1:r>0	53,701	<0.001	0
2	H0:r=1, H1:r >1	23,972	0.001637	0
3	H0:r=2, H1:r >2	4,178	0.050960	2

Las estadísticas indican 2 ecuaciones de cointegración al nivel del .01 de p-valor

Elaboración: Los autores

vector cointegrador con un nivel de significación del .01. Concluimos que hay una fuerte evidencia de cointegración a largo plazo entre las variables examinadas. Las ecuaciones de cointegración a largo plazo se muestran a continuación:

$$PBI_{t-1} = 35,103XMIN_{t-1} + 283577,505 \quad (2)$$

$$PBIMAN_{t-1} = 2,308XMIN_{t-1} + 33317,268 \quad (3)$$

Basándose en la ecuación 2 de cointegración anterior, el estudio concluye que, los impactos a largo plazo de las Exportaciones Mineras en el PIB son positivos y significativos, es decir, se mueven juntos en la misma dirección. Mientras que para la ecuación 3 de cointegración se concluye que los impactos a largo plazo de las Exportaciones Mineras en el PIB Manufacturero son positivos y significativos, es decir, se mueven juntos en la misma dirección.

Estimación y análisis del VECM

Los resultados del Cuadro A.5 muestran que el grado de ajuste del modelo VEC $R^2 > 0,5$, y los valores de los criterios AIC y SC son relativamente pequeños, lo que indica la razonabilidad de la estimación del modelo y la línea de promedio cero representa una relación de equilibrio estable y a largo plazo entre las variables.

El Cuadro A.6 proporciona los resultados estimados de la causalidad en el sentido de Granger del Vector Error Correction (VEC) que exhibe causalidad tanto a corto como a largo plazo. En el Cuadro A.6 muestra el término de corrección de errores para la ecuación de cointegración con PIB, PIBMAN y XMIN como variables dependientes. En el Cuadro A.6, se destaca que existe una relación de causalidad en el sentido de Granger entre las Exportaciones Mineras Metálicas y el nivel de producción interna bruta manufacturero en las dos direcciones, mientras que hay una

Cuadro A.5: Los resultados de la estimación del modelo VEC

	ΔPBI	$\Delta PBIMAN$	$\Delta XMIN$
ETC1	-0.298	-0.153*	-0.247***
ETC2	4.659	1.615*	3.002***
Intercepto	-77623.26	-17472.577	-41863.975
$\Delta PBI(-1)$	0.139	0.053	-0.081
$\Delta PBIMAN(-1)$	-5.308**	-1.937***	-2.103***
$\Delta XMIN(-1)$	4.2***	1.153***	1.699***
$\Delta PBI(-2)$	0.562	0.023	0.029
$\Delta PBIMAN(-2)$	-4.067**	-1.188*	-1.513***
$\Delta XMIN(-2)$	4.042**	1.032*	0.841***
R^2	0.9257	0.7433	0.9142
Log likelihood		-513.9239	
AIC		54.29239	
SC		55.7362	

Nota: ***, ** y * indica el nivel significativo al .01, .05 y .1 respectivamente

Elaboración: Los autores

relación de causalidad en una dirección de las Exportaciones Mineras Metálicas hacia el PIB, al igual que existe una relación de causalidad en el sentido de Granger unidireccional entre el nivel de producción interna bruta manufacturero hacia el PIB, y por último, No existe una relación de causalidad del PIB hacia las otras dos variables analizadas. en ninguna dirección. Los recursos minerales son materias primas para el sector industrial de la economía. Como resultado, actúa como una inversión de inventario en el proceso de producción industrial. La expansión del crecimiento económico requiere un mayor stock de capital y que a su vez requieren una mayor tasa de inversión en inventario en el sector industrial de la economía.

Cuadro A.6: Los resultados de la causalidad de Granger

VarDep	Causalidad			
	ΔPBI	$\Delta PBIMAN$	$\Delta XMIN$	
ΔPBI	-	6.98945** (0.0304)	13.51599*** (0.0012)	$\Delta PBI \leftarrow \Delta PBIMAN, \Delta PBI \leftarrow \Delta XMIN$
$\Delta PBIMAN$	0.321026 (0.8517)	-	10.062*** (0.0065)	$\Delta PBIMAN \leftarrow \Delta XMIN$
$\Delta XMIN$	1.297252 (0.5228)	39.44536*** (0.0000)	-	$\Delta XMIN \leftarrow \Delta PBIMAN$

Nota: *** y ** indica el nivel significativo al .01 y .05, respectivamente; el t estadístico de cada coeficiente estimado está entre paréntesis; \leftarrow denota una causalidad unidireccional; Δ denota primera diferencia.

Elaboración: Los autores

La eficiencia del modelo ha sido probada para el supuesto de normalidad, distribución heteroscedástica y presencia de correlación serial. La distribución normal de los residuos se ha examinado en función del resultado del estadístico de Jarque-Bera

Cuadro A.7: Resultados de las pruebas de diagnóstico del VEC(2)

	Test de Diagnóstico	Estadística	p-valor
1	Test J-B	7.8761	0.2473
2	LM Autocorrelación	84.698	0.9939
3	Heterocedasticidad	90	1
4	Estabilidad	Raíces fuera del círculo unitario	-

Nota: La Ho nula de J-B es la normalidad residual, la Ho es no autocorrelación, la Ho de la prueba ARCH es heterocedasticidad, la estabilidad VEC revela que 4 raíces tienen un módulo menor que uno y se encuentran dentro del círculo de la unidad.

Elaboración: Los autores

Conclusiones

Los resultados sugieren que las exportaciones mineras metálicas han sido determinantes para el crecimiento económico del Perú en el periodo 1994-2016. A pesar que las divisas generadas por la exportación de minerales metálicos ayudan en gran medida lograr una mayor producción manufacturera, la orientación de inversiones hacia el sector minero pudieron haber ocasionado que el sector manufacturero no se expanda a un ritmo que le permita liderar el crecimiento económico. Los resultados sugieren que existió una relación de causalidad de las exportaciones mineras metálicas hacia el PBI, es decir, las exportaciones metálicas impulsaron el crecimiento económico del Perú. Esto respalda el equilibrio a largo plazo entre la minería metálica y el crecimiento económico peruano (Ecuación 2 y 3). Asimismo, se evidenció una causalidad de la producción industrial hacia el PIB Cuadro A.6.

Referencias

- Dickey, David A., and Wayne A. Fuller. 1981. "Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root." *Econometrica* 49 (4): 1057. <https://doi.org/10.2307/1912517>.
- Phillips, Peter C. B., and Pierre Perron. 1988. "Testing for a Unit Root in Time Series Regression." *Biometrika* 75 (2): 335. <https://doi.org/10.2307/2336182>.