

Impacto de la variación del precio de los *commodities* sobre el mercado de valores peruano (2010-2019)

Recibido: 9 de agosto de 2024 – Aprobado: 29 de julio de 2025

Doi: <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/economia/a.15737>

Héctor Javier Bendejuz-Jiménez*

Mauro Jesús Camacho Gadea†

Resumen

El objetivo de este artículo es identificar el impacto de la variación diaria de los precios internacionales del cobre, oro y zinc sobre el retorno y la volatilidad diaria del Índice S&P/BVL Perú General de la Bolsa de Valores de Lima. Los resultados confirman que existe una relación directa entre la variación de los precios de los *commodities* y el rendimiento bursátil limeño. De otro lado, se evidencia la existencia de efectos transitorios pero duraderos de los *shocks* en la varianza condicional estimada, asimismo, una relación asimétrica entre los rendimientos y la varianza.

Palabras clave: *commodities*; modelo EGARCH; índices bursátiles; bolsa de valores; Perú.

JEL: B26, C58, D53, G17, Q02

* Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú. Profesor principal. Correo electrónico: hbendezuj@unmsm.edu.pe. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9530-6472>

† Universidad Continental, Perú. Docente. Correo electrónico: mcamacho@continental.edu.pe. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1022-3481>

Para citar este artículo: Bendejuz-Jiménez, H. J., & Camacho Gadea, M. J. (2024). Impacto de la variación del precio de los *commodities* sobre el mercado de valores peruano (2010-2019). *Revista de Economía del Rosario*, 27(2), 1-26. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/economia/a.15737>

Impact of Commodity Price Fluctuations on the Peruvian Stock Market (2010-2019)

Abstract

The objective of this article is to identify the impact of the daily variation in international copper, gold, and zinc prices on the return and daily volatility of the S&P/BVL Peru General Index of the Lima Stock Exchange. The results confirm that there is a direct relationship between the variation in commodity prices and Lima's stock market performance. On the other hand, the existence of transitory but lasting effects of shocks on the estimated conditional variance is evidenced, as well as showing that there is an asymmetric relationship between yields and variance.

Keywords: Commodities; EGARCH model; stock market indices; Stock Market; Peru.

JEL: B26, C58, D53, G17, Q02

Impacto da variação do preço das commodities na bolsa peruana (2010-2019)

Resumo

O objetivo deste artigo é identificar o impacto da variação diária dos preços internacionais do cobre, do ouro e do zinco sobre o retorno e a volatilidade diária do Índice Geral S&P/BVL Peru, da Bolsa de Valores de Lima. Os resultados confirmam que existe uma relação direta entre a variação dos preços das *commodities* e o desempenho do mercado acionário de Lima. Além disso, há evidências de efeitos transitórios, porém persistentes, dos choques sobre a variância condicional estimada, bem como de uma relação assimétrica entre os retornos e a variância.

Palavras-chave: commodities; modelo EGARCH; índices acionários; bolsa de valores; Peru.

JEL: B26, C58, D53, G17, Q02

Introducción

Perú es un país minero por excelencia, se encuentra en el top 10 de los principales productores mundiales de oro, cobre, plata y zinc, entre otros minerales, y a diferencia de potencias como China o Estados Unidos, su producción está dirigida principalmente a la exportación, por lo que, es una actividad económica altamente integrada al mercado internacional.

Según información del Banco Central de Reserva del Perú (BCRP, s. f.), las exportaciones de cobre, oro y zinc constituyeron en la principal fuente de divisas para Perú entre los años 2010 y 2019. Así, en dicho período, el valor de las exportaciones conjuntas de estos minerales representó el 49.4% del promedio total de exportaciones del país, siendo el cobre el principal producto exportado con un promedio de 25.7%, seguido del oro con 19.6% y en tercer lugar el zinc con 4.1%. En el año 2019, la participación de dichos productos ascendió al 51.4% del total, con participaciones de 29.2% del cobre, 17.8% del oro y 4.4% del zinc. Adicionalmente, las empresas del sector minero mantienen una participación significativa en el Índice S&P Perú General de la Bolsa de Valores de Lima (en adelante IGBVL), así como en el conjunto de acciones de la Bolsa de Valores de Lima (en adelante BVL). Con base en lo indicado, se espera que los cambios en los precios internacionales de los principales productos de exportación, como son el cobre, el oro o el zinc, tengan un impacto significativo sobre el rendimiento del mercado de valores peruano. Pese a ello, son escasos los estudios sobre la relación entre los cambios de los precios internacionales y el rendimiento de la bolsa de valores peruana.

El presente artículo busca identificar el impacto de los cambios en el precio internacional del cobre, oro y zinc sobre el retorno del IGBVL, así como estimar y describir la volatilidad del mismo. De esta manera, se cubrirá un vacío en la investigación académica nacional, que sirva de base para posteriores estudios. Los resultados obtenidos darán a conocer los impactos que tienen los cambios de los principales bienes de exportación sobre la rentabilidad bursátil, lo cual permitirá una mejor gestión de cobertura de las inversiones en el mercado peruano ante cambios en los precios internacionales, así mismo, ayudará a los hacedores de política económica a elaborar planes de acción ante dichos movimientos. Para el análisis indicado, se ha modelado el rendimiento de la BVL en función de los cambios diarios en el precio internacional del cobre, oro y zinc, cuya media y varianza se calculó con base en el modelo EGARCH, que permite superar las típicas características de las variables financieras, como son la leptokurtosis, el agrupamiento de volatilidad y los efectos de apalancamiento, presentes en la serie de rendimientos de la bvl.ee.

Se considera, además, que este tipo de investigaciones son importante para el análisis de economías que tienen gran dependencia de las exportaciones de minerales u otros *commodities*.

A lo largo del artículo, se presentará, inicialmente, una revisión de la literatura relacionada; luego, se expondrá la metodología aplicada, se analizará la evidencia empírica y, finalmente, se brindará las principales conclusiones y recomendaciones de la investigación.

Literatura relacionada

El mercado de valores se define como un mecanismo de inversión de valores que genera ganancia o capta recursos financieros, donde participan ciudadanos y empresas, denominados emisores o inversores (Ministerio de Economía y Finanzas, 2008). Por su parte, en el ámbito empresarial y financiero, un *commodity* es todo bien que tiene utilidad o valor, como es el caso de las materias primas. En el rubro de la minería, los negocios (exportación, distribución, venta y compra, etc.) dependen de los precios de los *commodities*, que son representados por los metales —como el oro, cobre, paladio y plata, entre otros—, uno de los principales factores que impacta en los precios es la demanda externa. (“El precio de los *commodities* en la minería...”, 2018). Tal como mencionan Ildýr e Iscan (2016), los precios de las materias primas son importantes para la economía porque afectan directamente a los precios. Además, las materias primas tienen efectos en el mercado de valores, porque se utilizan como instrumento financiero y por el efecto que producen sobre la rentabilidad del negocio corporativo. Por lo tanto, el análisis de los vínculos entre los mercados de materias primas y valores es muy importante para los inversores, nacionales o extranjeros, y el Estado.

Muchas series financieras de tiempo incumplen con el supuesto de homocedasticidad, pues es común observar que períodos de baja volatilidad son seguidos de períodos de alta volatilidad, conocidos como agrupamiento de volatilidad. Los modelos ARCH, propuestos por Engle (1982), y su generalización GARCH, introducida por Bollerslev (1986), se han convertido en herramientas comunes para tratar con modelos de series de tiempo heterocedásticas y estimar la volatilidad variable en el tiempo del mercado de valores. Nelson (1991) propuso un nuevo tipo de modelo de volatilidad: el GARCH exponencial o EGARCH, que tiene en cuenta los efectos de apalancamiento, la correlación negativa entre la volatilidad y los rendimientos actuales y futuros, la restricción inadecuada de la no negatividad de la varianza y la persistencia de los *shocks*. En términos generales, la especificación GARCH más utilizada afirma que el mejor predictor de la varianza en el próximo período es un

promedio ponderado de la varianza promedio de largo plazo, la varianza predicha para este período y la nueva información en este período, que es capturada por el residuo cuadrado más reciente (Engle, 2001).

En cuanto al vínculo entre la evolución de los *commodities* y los mercados de valores, la mayor parte de la literatura se ha enfocado en la relación del petróleo (por su relevancia en la generación de electricidad e impacto en la determinación de precios) y el oro (considerado como el principal activo refugio), con los principales índices bursátiles, dejando en segundo plano al resto de activos y los índices bursátiles de economías en desarrollo. Tufano (1998) examinó la influencia de diferentes factores en los precios de las acciones mineras y encontró que la sensibilidad de las acciones mineras al precio del oro disminuye con el aumento de los precios del oro. Lawrence (2003) investigó la asociación entre el índice *s&p500*, el oro y otras materias primas y encontró que los rendimientos del oro están débilmente asociados con los rendimientos del *s&p500* en comparación con la asociación entre el *s&p500* y otras materias primas. Creti et al. (2012) examinaron las correlaciones entre 25 materias primas individuales y el índice *s&p500* —en el marco del modelo GARCH de correlación condicional dinámica (DCC)— y encontraron que las correlaciones son muy volátiles durante el período comprendido entre enero de 2001 y noviembre de 2011, especialmente después de la crisis de 2007. Mensi et al. (2013) emplearon un modelo VAR-GARCH para investigar los vínculos de retorno y la transmisión de volatilidad entre el *s&p500* y los índices de precios de materias primas para energía, alimentos, oro y bebidas, durante el turbulento período de 2000 a 2011. En cuanto a la transmisión de retorno y volatilidad, los resultados mostraron una transmisión significativa entre el *s&p500* y los mercados de materias primas. Los *shocks* pasados y la volatilidad del *s&p500* influyeron fuertemente en los mercados de petróleo y oro.

En otros estudios relacionados, como los desarrollados por Hammoudeh y Yuan (2008) —quienes utilizaron modelos GARCH univariados para estudiar el comportamiento de la volatilidad de los precios del oro, la plata y el cobre, en respuesta a *shocks* del petróleo crudo y de las tasas de interés—, el efecto de apalancamiento es significativo solo para el cobre. Gilmore et al. (2009) mostraron que los índices de minería de oro de varios países impactan el precio del oro, pero no hay evidencia de que el precio del oro impacte en los índices de minería de oro; mientras que Morales (2008) reveló la existencia de un efecto duradero de la volatilidad de las materias primas en los rendimientos de las acciones para las economías del G-7, durante el período 1995-2006. Por otro lado, Morales y Andreosso-O’Callaghan (2011), aplicando GARCH y EGARCH, investigaron las características de la imprevisibilidad entre los metales preciosos y los mercados de renta variable, durante

el período 1995-2010, en medio de las crisis financieras asiática y mundial. Sus resultados revelaron la presencia de una volatilidad persistente para los rendimientos de los metales preciosos, diferenciales de volatilidad bidireccionales, y demostraron que el oro impulsa otros mercados. Mientras tanto, Raza et al. (2016) indicaron que los mercados bursátiles de las economías emergentes son más vulnerables a las malas noticias y los acontecimientos que dan lugar a condiciones económicas inciertas.

En cuanto a estudios empíricos, a nivel de economías en desarrollo, existe un número creciente de estudios enfocados a las economías asiáticas. Mishra et al. (2010) investigaron la volatilidad del precio del oro y los rendimientos del mercado de valores indio y confirmaron una relación bidireccional. De otro lado, Sulthana (2012), utilizando el modelo GARCH para capturar la naturaleza de la volatilidad a lo largo del tiempo, examinó el impacto de la negociación de materias primas en la volatilidad del mercado de valores de India, encontrando evidencia de un cambio significativo en la volatilidad de NCDEX, pero la estructura de la volatilidad ha cambiado en cierta medida. Nordin et al. (2014) investigaron el papel que desempeña el precio de las materias primas en la influencia del índice bursátil de Malasia y llegaron a la conclusión de que el precio del aceite de palma tiene una importancia positiva para influir en dicho índice. Arouri et al (2015) utilizaron el modelo VAR-GARCH para investigar el efecto de la volatilidad del precio del oro en los rendimientos del mercado bursátil en China durante el período 2004-2011; sus resultados demostraron evidencia de un impacto significativo de la volatilidad del precio del oro en el rendimiento del mercado de valores de China. Contuk et al (2013) analizaron el efecto de las fluctuaciones de los precios del oro en el índice ISE 100 de Turquía utilizando precios diarios y los datos del índice desde el 01 de enero de 2009 hasta el 31 de diciembre de 2012, y, a partir del modelo MGARCH, mostraron que los rendimientos del oro y de la bolsa se han visto afectados tanto por sus propios *shocks* como por los *shocks* de cada uno. Shahzad et al. (2014) hicieron un análisis multivariado de las materias primas y el mercado de valores de Pakistán, y, usando el modelo GJR-GARCH, encontraron que las materias primas tienen un comportamiento asimétrico invertido donde hay más impacto de los *shocks* alcistas que de los *shocks* bajistas. Las acciones mostraron una volatilidad asimétrica donde hay más impacto de los *shocks* negativos que de los positivos.

Por su parte, Sadiq et al. (2022) aplicaron el modelo DCC-GARCH a los datos de las economías asiáticas, incluidas China, India, Sri Lanka, Bangladesh y Pakistán, cuyos resultados indicaron una conexión significativa entre los precios del oro y los precios de las acciones y los precios del petróleo para todos los mercados bursátiles asiáticos. Recientemente, Szczygielski et al.

(2018) encontraron que existe una relación fuerte, aunque cambiante, entre el precio del oro, el tipo de cambio rand sudafricano-dólar y los rendimientos de la minería de oro. Alsufyani y Sarmidi (2020) —a través de un modelo generalizado de heterocedasticidad condicional autorregresivo que tiene variables exógenas (GARCH-X)— examinaron la interrelación que existe entre el precio de la energía y la volatilidad del mercado de valores en Arabia Saudita y hallaron evidencia de que solo los parámetros ARCH y GARCH son significativos, mientras que las variables exógenas son insignificantes.

En cuanto a América Latina, Soenen y Jhonson (2009) encontraron que las bolsas de valores de Argentina, Brasil y Perú responden simultáneamente a cambios en los rendimientos de la energía, los metales y la agricultura; y las bolsas de valores de Chile y Perú son las más afectadas por cambios en los precios de los metales industriales y preciosos. Yousaf et al. (2021) emplearon el modelo VAR-BEKK-GARCH en los datos diarios de cuatro mercados bursátiles latinoamericanos emergentes —Perú, Chile, Brasil y México—, desde enero de 2000 hasta junio de 2018, mostrando que las transmisiones de rendimiento varían según los mercados de valores y los períodos de crisis. Así, la transmisión de la volatilidad es bidireccional entre los mercados de oro y de valores de Brasil y Chile durante la crisis financiera estadounidense, mientras que el derrame de volatilidad es unidireccional de Brasil al oro y del oro al mercado de valores de Perú durante la crisis china. Por su parte, Fernández y Rodríguez (2020) utilizaron siete modelos GARCH y de volatilidad estocástica (sv) para modelar y comparar empíricamente la volatilidad de los rendimientos de cuatro productos: oro, cobre, petróleo y gas natural. Sus resultados muestran que existe un importante desbordamiento de la volatilidad entre los mercados del oro y de valores, y entre los mercados de petróleo y de valores, evidenciando la existencia de colas anchas y saltos aleatorios creados por desequilibrios de oferta/demanda, episodios de inestabilidad internacional, tensiones geopolíticas y especulación de mercado, entre otros factores.

Para el caso peruano, Zevallos y Del Carpio (2015) utilizó modelos GARCH univariados para modelar la volatilidad en el mercado de valores peruano. Humala y Rodríguez (2011) discuten un conjunto de hechos estilizados sobre los rendimientos bursátiles y la volatilidad: ausencia de autocorrelación en los rendimientos, colas gruesas de la distribución empírica, asimetrías en la volatilidad ligada a los rendimientos negativos pasados, normalidad en la agregación, agrupamiento de periodos de volatilidad y la presencia de memoria larga. Estrada y Ramos (2013), modelando un VAR estructural, encontraron que los *shocks* de oferta carecen de un impacto significativo al momento de explicar el rendimiento del mercado accionario. Así también,

concluyeron con un análisis de largo plazo, en el cual se estima que los impactos de *shocks* en la cotización del cobre explicarían el 30%, aproximadamente, de la variación del IGBVL. Zevallos y del Carpio (2015) usando modelos GARCH univariados —para modelar las volatilidades individuales—, el método de Media Móvil Ponderada Exponencialmente (EWMA) y los modelos GARCH multivariados, con correlaciones de variantes en el tiempo a modelos de comovimientos en rendimientos, concluyeron que los rendimientos de las acciones de las empresas mineras están altamente correlacionados con los precios de los principales metales que producen. Adicionalmente, encontraron correlaciones variantes en el tiempo con un comportamiento distintivo en periodos diferentes, el cual aumenta potencialmente con relación a eventos históricos internacionales o nacionales.

De otro lado, Alanya y Rodríguez (2016) usando modelos de volatilidad estocástica y modelos de heterocedasticidad condicional autorregresiva simétricos y asimétricos, sobre datos diarios de los retornos bursátiles y cambiarios peruanos en el período comprendido entre el 5 de enero de 1998 hasta el 30 de diciembre de 2011, encontraron efectos asimétricos en ambos mercados. En el mercado de valores, encontraron que los choques negativos generan una mayor volatilidad que los choques positivos. Portal (2017), al utilizar un modelo Bivariado GARCH en media VAR, encontró que la incertidumbre en los precios del oro y de la plata tienen un efecto directo, positivo y estadísticamente significativo sobre el rendimiento del índice S&P/BVL, así también, sus resultados sugieren que la volatilidad condicional del precio de estos metales preciosos afecta positivamente a los retornos del índice General de la Bolsa de Valores de Lima, mientras que la incertidumbre en los precios del cobre afecta negativa y significativamente el rendimiento del S&P/BVL. Por último, Mendiola et al. (2022) encontraron evidencia de un comportamiento positivo pero inelástico entre los rendimientos de las acciones de cobre y los cambios en los precios del cobre.

Metodología

El IGBVL es el referente más amplio de la Bolsa de Valores de Lima. Este índice incluye acciones de cada uno de los cinco sectores, siendo los de más ponderación el sector financiero y minero. En otras palabras, el índice está diseñado como una referencia global del mercado de acciones en Perú y se calcula utilizando una ponderación según la capitalización de mercado ajustada (Bolsa de Valores de Lima [BVL], s. f.). De tal manera, se escoge como potenciales variables —explicativas de su comportamiento— al precio internacional del oro, cobre y zinc porque son las empresas mineras,

mayoritariamente productoras y exportadoras de estos minerales, las más representativas en composición del IGBVL (Estrada & Ramos, 2013; Zevallos & Del Carpio, 2015).

Según la teoría de mercados eficientes, se dice que el mercado es eficiente si el precio refleja constantemente la información disponible en este. Para el presente estudio, las variaciones en los precios internacionales del cobre, oro y zinc del periodo analizado son bastante volátiles. De igual manera, los precios de los activos de las empresas que conforman el IGBVL se fijan por el libre juego de las fuerzas de la demanda y oferta.

Datos de la investigación

Los datos utilizados son los cierres diarios, comprendidos entre el 01 de enero del 2010 al 31 de diciembre de 2019, periodo que comprende una etapa de cierta estabilidad macroeconómica, al estar alejado en un par años a la gran crisis financiera internacional del 2007-2008 y algunos meses antes de la crisis global producida por la pandemia de la Covid-19.

Los datos de la cotización internacional de los *commodities* fueron obtenidos de la página web del BCRP y la cotización del IGBVL fue obtenida desde la plataforma Económica. La cotización de cobre utilizada es Londres, *cus\$* por libras; la del oro es Londres, *us\$* por onzas troy; y la del zinc Londres, *cus\$* por libras, mientras que la del IGBVL (índice) corresponde a valores, ponderada según precios de las acciones en *us\$*.

En adelante se usan las siglas:

- *LNBVL*, logaritmo natural del valor al cierre del Índice General de la *BVL*.
- *LNCOPPER*, logaritmo natural del precio internacional de la libra de cobre en *cus\$*.
- *LNGOLD*, logaritmo natural del precio internacional diario de la onza troy de oro en *us\$*.
- *LNZINC*, logaritmo natural del precio internacional diario de la libra de zinc en *cus\$*.

La serie de rendimientos son denotadas como *RGBVL*, *RCOPPER*, *RGOLD* y *RZINC*, y se obtienen de la diferencia del logaritmo natural de las variables en el momento t y $t - 1$.

Donde:

- *RGBVL*, rendimiento diario del IGBVL

- RCOPPER, variación diaria en el precio internacional del cobre
- RGOLD, variación diaria en el precio internacional del oro y
- RZINC, variación diaria en el precio internacional del zinc

Se utilizó el software Eviews 12 para el procesamiento y análisis estadístico y econométrico.

Pasos desarrollados

Se siguió lo propuesto por Brooks (2008):

- Se realizó un tratamiento de ciencia de datos a las observaciones, a fin de identificar valores perdidos en la data obtenida. Si se identifica lo anterior, se completa con la cotización inmediatamente anterior disponible.
- Se realizaron dos pruebas de estacionariedad: la prueba de Dickey-Fuller Aumentado y la prueba de normalidad de Jarque-Bera.
- Se planteó el modelo para la estimación del rendimiento de la BVL en función de las variables macroeconómicas explicativas: la variación de los precios internacionales del cobre, oro y zinc.

$$y_t = C + \beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \beta_3 x_{3t} + e_t \quad (1)$$

Donde:

y_t es la variable dependiente

β_i es el coeficiente de la variable independiente i

x_{it} es la variable independiente

e_t es el error de predicción o innovación

La elección del modelo se realizó con base en el criterio de información de Akaike, el criterio de Schwarz y el criterio Hannan-Quinn.

- Se evaluó la heterocedasticidad de los residuos del modelo para identificar la presencia de efectos ARCH, tomando en cuenta que las series financieras se caracterizan por su memoria corta, pero de alta volatilidad dentro de las mismas.
- Una vez confirmada la presencia de efectos ARCH, se definió el modelo EGARCH que mejor se ajustaba a los datos. Se hizo con base en el criterio de información de Akaike, el criterio de Schwarz y el criterio Hannan-Quinn.

$$y_t = C + \beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \beta_3 x_{3t} + e_t$$
$$\log \sigma_t^2 = \omega + \beta \log \sigma_{t-1}^2 + \theta \left(\frac{y_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \right) + \alpha \left(\left| \frac{y_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \right| \right) - \sqrt{\frac{2}{\pi}}$$
$$\epsilon_t \sim N(0,1)$$

(1)

Donde:

- s_t mide la desviación estándar de la serie de errores.

b es el parámetro que representa la persistencia del logaritmo de la volatilidad condicional.

a captura la magnitud de un choque en la volatilidad en el logaritmo de la varianza condicional.

w es el nivel de interceptor del modelo.

q es el parámetro de asimetría.
- Se procesó el modelo seleccionado y se analizaron los resultados obtenidos.

El beneficio de utilizar el modelo planteado radica en que se enfoca en conocer cómo influye en el rendimiento del IGBVL la variación en el precio de los principales *commodities*, y también, al capturar la estructura de dependencia en los datos, es útil para realizar predicciones de retornos y volatilidades (Hamilton, 1994).

Análisis empírico

Entre el 01 enero de 2010 y 31 de diciembre de 2019 se obtuvieron 2608 observaciones, cuyo comportamiento se puede observar en la tabla 1 y figura 1. De ellas, se infiere la no estacionariedad de las series, hecho validado a través la prueba de Dickey Fuller Aumentado (Dickey & Fuller, 1979), mientras que la no normalidad de la mayoría de las series, se validó con la prueba de Jarque-Bera.

Tabla 1. Estadísticas significativas del logaritmo natural de las variables (2010-2019)

Estadística	LNBVL	LNCOPPER	LNGOLD	LNZINC
Mean	8.644631	5.70822	7.197303	4.619717
Median	8.667092	5.724934	7.165107	4.604434

Estadística	LNBVL	LNCOPPER	LNGOLD	LNZINC
Maximum	9.109632	6.13189	7.549004	5.097213
Minimum	7.854944	5.275668	6.955974	4.188588
Std. Dev.	0.256746	0.184753	0.127582	0.182274
Skewness	-0.62597	-0.104299	0.683262	0.393297
Kurtosis	3.298557	2.609646	2.648789	2.702374
Jarque-Bera	180.0054	21.28667	216.327	76.86113
Probability	0	0.000024	0	0
Observations	2608	2608	2608	2608

Fuente: elaboración propia.

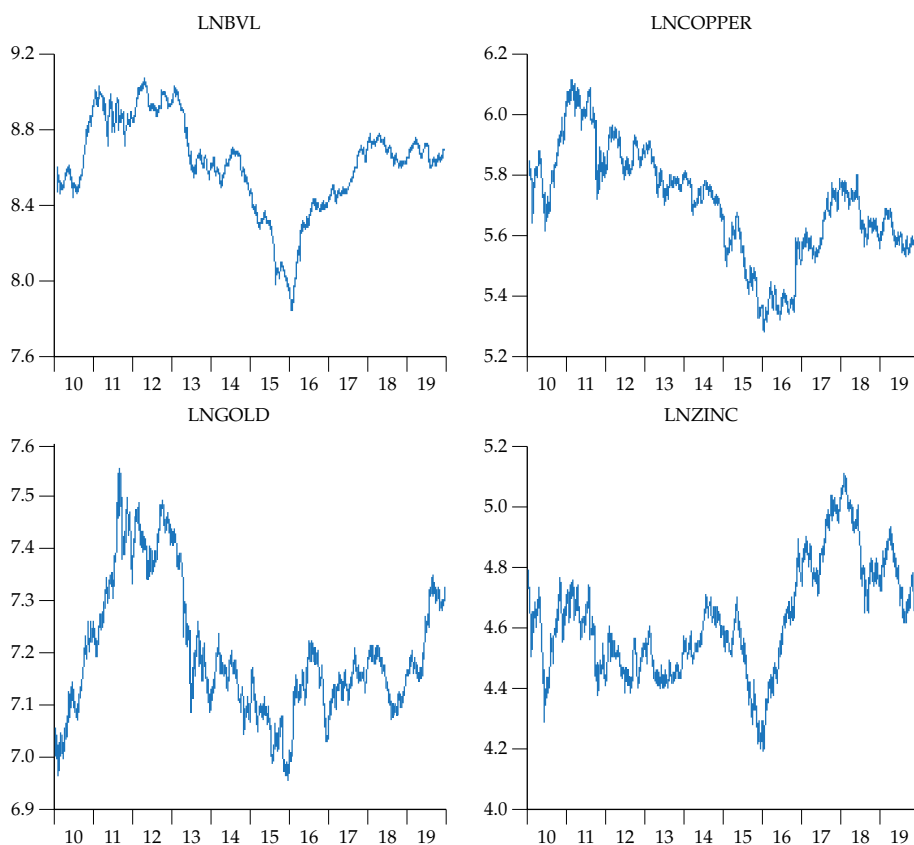


Figura 1. Evolución del Logaritmo Natural de las variables (2010-2019)

Fuente: elaboración propia.

La prueba de raíz unitaria, tal como se observa en la tabla 2, confirma que las cuatro series son integradas de orden 1, por lo que abre el camino para poder plantear una ecuación que vincule las variables en rendimientos.

Tabla 2. Test de raíz unitaria Augmented Dickey-Fuller

Variable	En niveles		En primera diferencia	
	t-Statistic	Prob.*	t-Statistic	Prob.*
LNBVL	-1.338210	0.6137	-44.73754	0.0001
LNCOPPER	-1.784955	0.3884	-52.54974	0.0001
LNGOLD	-2.087678	0.2498	-51.01246	0.0001
LNZINC	-2.239242	0.1925	-52.03327	0.0001
Test critical values:	1% level	-3.432665		
	5% level	-2.862449		
	10% level	-2.567299		

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 2 se presenta algunas estadísticas descriptivas de las series de retornos. Se puede identificar que las series indican una media de cero, por lo que se podría asumir que son estacionarias en media cero. El valor mínimo lo presenta la variación diaria del índice de la bolsa, mientras que el máximo lo registra la variación diaria en el precio del zinc. Además, se muestra un pequeño sesgo y una elevada curtosis, demostrando que las series no siguen una distribución normal.

Tabla 3. Estadísticas significativas de los retornos (2010-2019)

Estadística	RBVL	RCOPPER	RGOLD	RZINC
Mean	0.000142	-0.0000682	0.000126	-0.000046
Median	0.0000963	0	0	0
Maximum	0.082616	0.056089	0.048387	0.092983
Minimum	-0.132908	-0.066401	-0.095962	-0.080596
Std. Dev.	0.01093	0.012793	0.009577	0.015514

Estadística	RBVL	RCOPPER	RGOLD	RZINC
Skewness	-0.664928	-0.147522	-0.657592	-0.081577
Kurtosis	17.77265	5.166481	10.14504	4.608193
Jarque-Bera	23897.47	519.3026	5733.364	283.8266
Probability	0	0	0	0
Observations	2607	2607	2607	2607

Fuente: elaboración propia.

Al efectuar el análisis gráfico de los datos de los retornos, en la figura 2, se infiere que, si bien estos son estacionarios, podrían presentar problemas de heterocedasticidad, lo cual se evaluará más adelante.

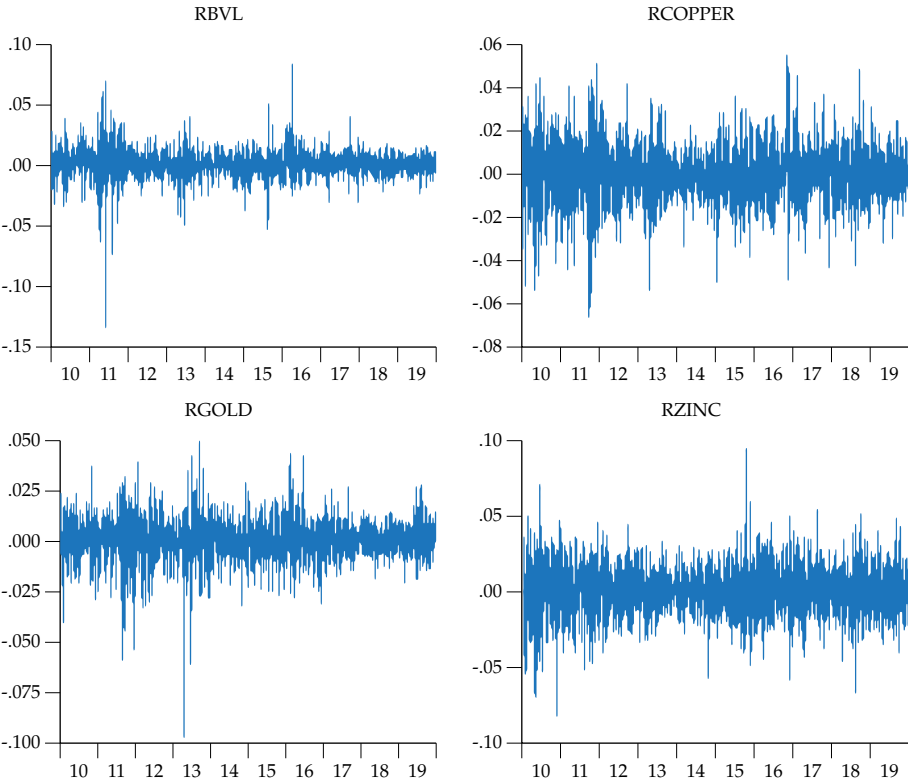


Figura 2. Evolución de los rendimientos (2010-2019)

Fuente: elaboración propia.

Adicionalmente, el gráfico de probabilidad normal (figura 3) —que se identifica para el total de series de retornos— no sigue una distribución normal, ello se relaciona con la presencia de una distribución con colas anchas a los extremos.

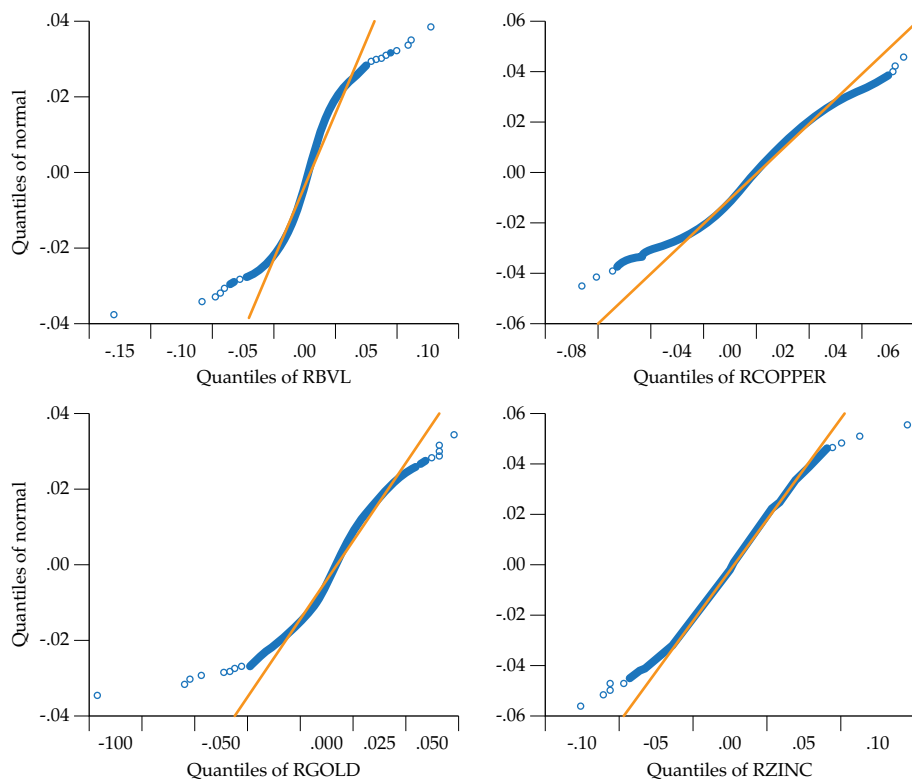


Figura 3. -Q-Q plot de los rendimientos (2010-2019)

Fuente: elaboración propia.

Por su parte, la tabla 4 muestra que existe una correlación positiva entre las variables, lo cual refuerza la idea de que los aumentos (caídas) en los precios de los *commodities* influyen en la misma dirección en el rendimiento del índice de la bolsa de valores de Lima.

Tabla 4. Matriz de correlación entre rendimientos

Variable	RBVL	RCOPPER	RGOLD	RZINC
RBVL	1.000000			
RCOPPER	0.318190	1.000000		
RGOLD	0.209468	0.237783	1.000000	
RZINC	0.265560	0.687341	0.162375	1.000000

Fuente: elaboración propia.

Como siguiente paso, se estima el modelo de regresión lineal multivariado, teniendo el retorno diario del *IGBVL*, como variable dependiente, y como variable explicativa la variación diaria de los precios internacionales del cobre, oro y zinc, así como componentes *AR* y *MA*, en caso de que correspondiera, para lo cual se selecciona el modelo que mejor se ajuste según los criterios de información de Akaike, el criterio de Schwarz y el criterio Hannan-Quinn, ya sea de manera unánime o por mayoría.

Tabla 5. Criterios de selección de modelo

Proceso	Akaike info criterion	Schwarz criterion	Hannan-Quinn criter.
RCOPPER RGOLD RZINC	-6.189952	-6.183201*	-6.187506*
AR (1) RCOPPER RGOLD RZINC	-6.191381	-6.180131	-6.187306
MA (1) RCOPPER RGOLD RZINC	-6.191549	-6.180298	-6.187473
AR (1) MA (1) RCOPPER RGOLD RZINC	-6.191588*	-6.178088	-6.186698

Fuente: elaboración propia.

El modelo seleccionado es como sigue: $RGBVL = b_1 RCOPPER + b_2 RGOLD + b_3 RZINC + e_t$

$$RGBVL = 0.204^* RCOPPER + 0.173^* RGOLD + 0.067^* RZINC + e_t$$

Tal como se observa en la tabla 6, y tal como se esperaba, incrementos (caídas) en el precio de los *commodities* inciden en una mejora (deterioro) de la rentabilidad de la bolsa limeña, siendo el cobre y el oro, los de mayor impacto sobre la rentabilidad de la bolsa.

Tabla 6. Estimación de RBVL en función de precio de *commodities*

Dependent Variable: RBVL					
Method: Least Squares					
Date: 08/05/24 Time: 16:54					
Sample (adjusted): 1/04/2010 12/31/2019					
Included observations: 2607 after adjustments					
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.	
RCOPPER	0.204009	0.023449	8.700076	0.0000	
RGOLD	0.173473	0.023055	7.524298	0.0000	
RZINC	0.067185	0.019035	3.529588	0.0004	
R-squared	0.124359	Mean dependent var		8.91E-05	
Adjusted R-squared	0.123686	S.D. dependent var		0.011696	
S.E. of regression	0.010949	Akaike info criterion		-6.189952	
Sum squared resid	0.312180	Schwarz criterion		-6.183201	
Log likelihood	8071.602	Hannan-Quinn criter.		-6.187506	
Durbin-Watson stat	1.893210				

Fuente: elaboración propia.

El siguiente paso fue realizar el análisis de los residuos del modelo, expuestos en las figuras 4 y 5, donde se pudo evidenciar la no normalidad de la serie, con presencia de leptocurtosis, así como la posible existencia de heterocedasticidad condicional, por lo que se realiza la prueba de heterocedasticidad ARCH LM.

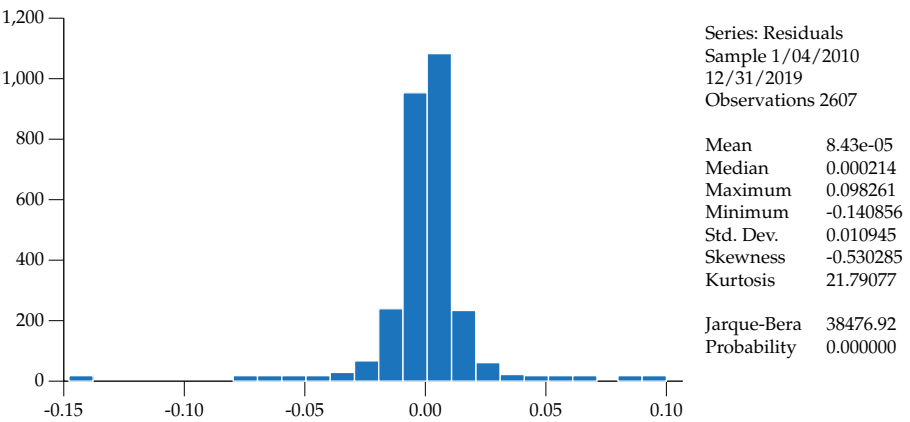


Figura 4. Estadísticas significativas de los residuos del modelo

Fuente: elaboración propia.

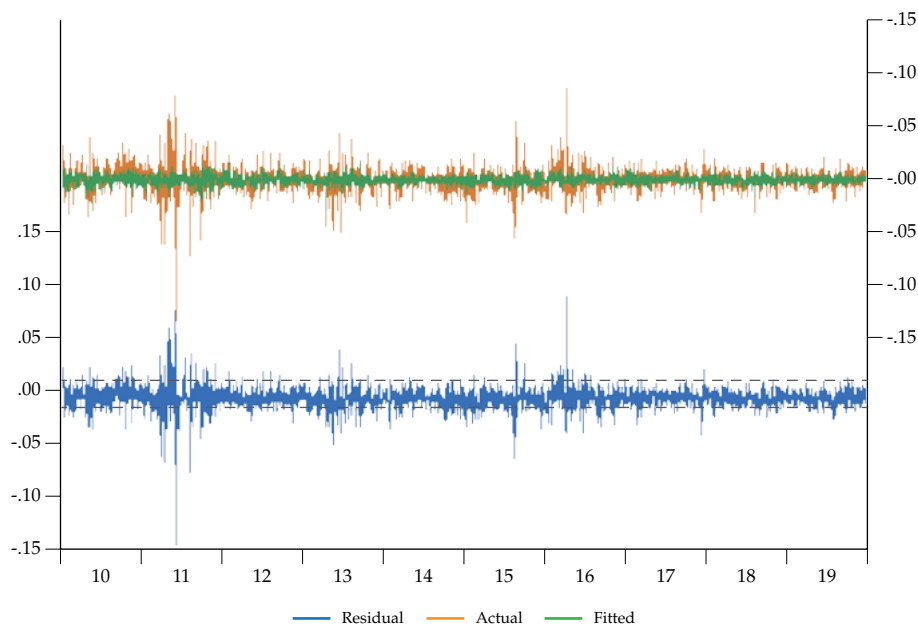


Figura 5. Serie de residuos del modelo

Fuente: elaboración propia.

Los resultados de la prueba de heterocedasticidad ARCH, expuestos en la tabla 7, validan la existencia de heterocedasticidad y de efectos ARCH, lo que allana el camino para calcular un modelo GARCH, para el presente caso EGARCH, y determinar el impacto del *shock* de las noticias, así como la persistencia de la volatilidad pasada.

Tabla 7. Prueba de efectos ARCH en residuos

Heteroskedasticity Test: ARCH				
F-statistic	120.6175	Prob. F (1,2604)	0.0000	
Obs*R-squared	115.3664	Prob. Chi-Square (1)	0.0000	
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Sample (adjusted): 1/05/2010 12/31/2019				
Included observations: 2606 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	9.43E-05	1.07E-05	8.813506	0.0000

RESID^2(-1)	0.210368	0.019155	10.98260	0.0000
R-squared	0.044270	Mean dependent var		0.000120
Adjusted R-squared	0.043903	S.D. dependent var		0.000546
S.E. of regression	0.000534	Akaike info criterion		-12.23248
Sum squared resid	0.000742	Schwarz criterion		-12.22798
Log likelihood	15940.92	Hannan-Quinn criter.		-12.23085
F-statistic	120.6175	Durbin-Watson stat		2.127061
Prob(F-statistic)	0.000000			

Fuente: elaboración propia.

A partir de lo anterior, y dada la sospecha de impactos asimétricos de las noticias, se plantearon los modelos EGARCH y se seleccionó el que más bondad de ajuste brindaba, dada la complejidad de los mismos. Para ello, se utilizó el Criterio de Información de Akaike, el criterio de Información de Schwarz y el criterio de Hannan-Quinn. Si bien, según el Criterio de Akaike, el modelo a elegir sería el EGARCH (2.2), se optó por el EGARCH (1.1) ya que en él coinciden los criterios de Schwartz y Hannan-Quinn (ver tabla 8).

Tabla 8. Criterios de selección de modelo EGARCH

Proceso	Akaike info criterion	Schwarz criterion	Hannan-Quinn criter.
ARCH (1) GARCH (0)	-6.297215	-6.283715	-6.292324
ARCH (0) GARCH (1)	-6.244656	-6.231156	-6.239765
ARCH (1) GARCH (1)	-6.53896	-6.523209*	-6.533254*
ARCH (2) GARCH (0)	-6.383646	-6.367896	-6.37794
ARCH (0) GARCH (2)	-6.251078	-6.235328	-6.245372
ARCH (2) GARCH (1)	-6.539117	-6.521117	-6.532596
ARCH (1) GARCH (2)	-6.538694	-6.520693	-6.532173
ARCH (2) GARCH (2)	-6.539357*	-6.519106	-6.532021

Fuente: elaboración propia.

Según la estimación del modelo EGARCH (1.1), a nivel de media, se obtiene que existe una relación directa entre cambios diarios del precio de los *commodities* y el rendimiento del IGBVL. No obstante, a diferencia de

lo observado en el modelo anterior, es el oro y no el cobre, el *commodity* de mayor impacto. El modelo, quedaría planteado de la siguiente manera:

$$RBVL = 0.182 * RCOPPER + 0.219 * RGOLD + 0.0554 * RZINC$$

Por su parte, la ecuación de la varianza queda de esta forma:

$$\log \sigma_t^2 = -0.323 + 0.98 * \log \sigma_{t-1}^2 + -0.046 * \left(\left| \frac{y_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \right| \right) + 0.185 * \left(\left| \frac{y_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \right| - \sqrt{2/\pi} \right)$$

Tabla 9. Estimación de modelo EGARCH (1.1)

Dependent Variable: RBVL				
Method: ML ARCH–Normal distribution (BFGS / Marquardt steps)				
Sample (adjusted): 1/04/2010 12/31/2019				
Included observations: 2607 after adjustments				
Convergence achieved after 41 iterations				
Coefficient covariance computed using outer product of gradients				
Presample variance: backcast (parameter = 0.7)				
LOG(GARCH) = C(4) + C(5)*ABS(RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1))) + C(6) *RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1)) + C(7)*LOG(GARCH(-1))				
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
RCOPPER	0.181681	0.017470	10.39936	0.0000
RGOLD	0.218611	0.015681	13.94126	0.0000
RZINC	0.055369	0.013017	4.253524	0.0000
Variance Equation				
C(4)	-0.322641	0.028797	-11.20387	0.0000
C(5)	0.184985	0.009363	19.75663	0.0000
C(6)	-0.045527	0.006578	-6.921128	0.0000
C(7)	0.980146	0.002714	361.1547	0.0000
R-squared	0.122241	Mean dependent var		8.91E-05
Adjusted R-squared	0.121567	S.D. dependent var		0.011696
S.E. of regression	0.010962	Akaike info criterion		-6.538960
Sum squared resid	0.312935	Schwarz criterion		-6.523209
Log likelihood	8530.534	Hannan-Quinn criter.		-6.533254
Durbin-Watson stat	1.883708			

Fuente: elaboración propia.

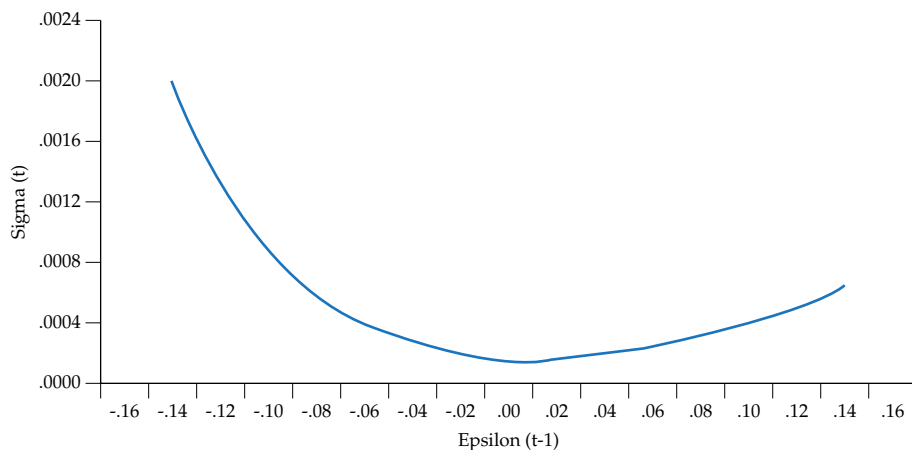


Figura 6. Curva impacto de las noticias

Fuente: elaboración propia.

La persistencia b en la volatilidad condicional es alta, 0.98, lo que indica que un *shock* en la varianza condicional estimada tendrá un efecto transitorio, pero duradero; este valor estimado sugiere que, en respuesta a un *shock* de volatilidad condicional, obtendremos un efecto de 14 días. Además, el parámetro a , que refleja el efecto simétrico o la magnitud del *shock* sobre la volatilidad, es 0.18.

El modelo EGARCH estimado también muestra que existe una relación asimétrica entre los rendimientos y la varianza. De hecho, el parámetro q es -0.046, esto implica que, cuando ocurre un *shock* negativo o un evento que concierne al mercado de valores, la volatilidad generada es mayor que cuando hay un *shock* positivo en la economía. Sin embargo, los efectos asimétricos no son altos. Por otro lado, el parámetro de nivel estimado w es de -0.32 en promedio.

Conclusiones

La variación diaria de los precios internacionales del cobre, oro y zinc tienen efectos directos sobre el rendimiento de la Bolsa de Valores de Lima (BVL). Por tanto, incrementos y caídas en los precios de estos *commodities* provocan aumento o reducción en el rendimiento de la BVL.

El IGBVL reacciona en mayor medida ante cambios en el precio del oro (0.219), seguido por los cambios en el precio del cobre (0.182) y en menor magnitud ante cambios en el precio del zinc (0.55). Estos resultados, guardan

relación con los volúmenes exportados de estos minerales y la composición del IGBVL.

La serie de rendimientos muestra heterocedasticidad, leptokurtosis y potencialidad de efectos asimétricos de los rendimientos, por lo que el modelo EGARCH (1.1) resulta adecuado para modelar la varianza.

La persistencia b en la volatilidad condicional es alta, 0.98. Lo que puede indicar que un *shock* en la varianza condicional estimada tendrá un efecto transitorio, pero duradero, este valor estimado sugiere que, en respuesta a un *shock* de volatilidad condicional, obtendremos un efecto de 14 días.

El modelo EGARCH estimado muestra que existe una relación asimétrica entre los rendimientos y la varianza. De hecho, el parámetro q es -0.046, esto implica que cuando ocurre un *shock* negativo o un evento que concierne al mercado de valores, la volatilidad generada es mayor que cuando hay un *shock* positivo en la economía. Sin embargo, los efectos asimétricos no son altos.

La investigación insta a profundizar el análisis, por ejemplo, utilizando un modelo VAR-GARCH para identificar la interrelación de las variables, así como la inclusión de alguna variable macroeconómica relevante adicional.

Otro aspecto para considerar en futuras investigaciones es la ampliación del análisis a fin de poder hacer una comparación con lo que ocurre con mercados similares, sea bien del ámbito latinoamericano o de otros países en desarrollo.

Referencias

- Alanya, W., & Rodríguez, G. (2016). *Asymmetries in volatility: an empirical study for the Peruvian stock and forex markets* [Documento de Trabajo 413]. Departamento de Economía, PUCP. <http://files.pucp.edu.pe/departamento/economia/DDD413.pdf>
- Alsufyani, M., & Sarmidi, T. (2020). The inter-relationship between commodity energy prices and stock market volatility in Saudi-Arabia. *Journal of Nusantara Studies (JONUS)*, 5(1), 270-293. <http://dx.doi.org/10.24200/jonus.vol5iss1pp270-293>
- Arouri, M. E. H., Lahiani, A., & Nguyen, D. K. (2015, enero), World gold prices and stock returns in China: insights for hedging and diversification strategies. *Economic Modelling*, 44, 273-282. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2014.10.030>
- Banco Central de Reserva del Perú. (s. f.). *Series Anuales. Indicadores Internacionales*. <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/>

- Bollerslev, T. (1986, abril). Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity. *Journal of Econometrics*, 31(3), 307-327. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(86\)90063-1](https://doi.org/10.1016/0304-4076(86)90063-1)
- Bolsa de Valores de Lima. (s. f.). *¿Qué es el Índice S&P/BVL Peru General?* <https://www.bvl.com.pe/mercado/indices/indice-spbvl-peru-general>
- Brooks, C. (2008). *Introductory Econometrics for Finance* (2ª ed.). Cambridge University Press.
- El precio de los *commodities* en la minería: un factor fundamental en este campo. (2018). *Conexión ESAN*. <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/el-precio-de-los-commodities-en-la-mineria-un-factor-fundamental-en-este-campo>.
- Contuk, F., Burucu, H., & Güngör, B. (2013). Effect of gold price volatility on stock returns: Example of Turkey. *International Journal of Economics and Finance Studies*, 5(1), 119-140. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijefs/issue/26160/275542>
- Creti, A., Joëts, M., & Mignon, V. (2012). *On the links between stock and commodity markets' volatility* [Working Paper No 2012–20]. Centre d'Etudes Prospectives et d'Informations Internationales, CEPII. https://www.cepii.fr/PDF_PUB/wp/2012/wp2012-20.pdf
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366a), 427-431. <https://doi.org/10.1080/01621459.1979.10482531>
- Engle, R. F. (1982, julio). Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation, *Econometrica*, 50(4), 987-1007. <https://www.jstor.org/stable/1912773>
- Engle, R. F. (2001, otoño). GARCH 101: The Use of ARCH/GARCH Models in Applied Econometrics. *Journal of Economic Perspectives*, 15(4), 157-168. <https://www.jstor.org/stable/2696523>
- Estrada Mendoza, G., & Ramos Osorio, L. (2013, enero-junio). Impacto de shocks en la cotización de cobre sobre el rendimiento del mercado accionario peruano. *Sinergia e Innovación*, 1(1). <http://revistas.upc.edu.pe/index.php/sinergia/article/view/148>
- Fernández, J., & Rodríguez, G. (2020). *Modeling the Volatility of Returns on Commodities: An Application and Empirical Comparison of GARCH and sv Models* [Documento de Trabajo 484] Departamento de Economía, PUCP. <http://doi.org/10.18800/2079-8474.0484>
- Gilmore, C. G., McManus, G. M., Sharma, R., & Tezel, A. (2009) The dynamics of gold prices, gold mining stock prices and stock market

- prices comovements. *Research in Applied Economics*, 1(1). <https://doi.org/10.5296/rae.v1i1.301>
- Hamilton, J. D. (1994). *Time series analysis*. Princeton University Press.
- Hammoudeh, S., & Yuan, Y. (2008, marzo). Metal volatility in presence of oil and interest rate shocks. *Energy Economics*, 30(2), 606-620. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2007.09.004>
- Humala, A., & Rodríguez, G. (2011). *Some stylized facts of returns in the foreign exchange and stock markets in Peru* [Documento de Trabajo 325]. Departamento de Economía, PUCP. <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/46966>
- Ildýrar, M., & Iscan, Y. (2016). The interaction between stock prices and commodity prices: Eastern Europe and Central Asia case. *International Journal of Economics and Finance Studies*, 8(2), 94-106. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijefs/issue/26145/275337>
- Lawrence, C. (2003). Why is gold different from other assets? An empirical investigation. *World Gold Council*. https://www.spdrgoldshares.com/media/GLD/file/colin_lawrence_report.pdf
- Mendiola, A., Chávez-Bedoya, L., & Wallenstein, T. (2022). Analyzing the Reaction of Mining Stocks to the Development of Copper Prices. *Emerging Markets Finance and Trade*, 58(1), 244-266. <https://doi.org/10.1080/1540496X.2019.1703103>
- Mensi, W., Beljid, M., Boubaker, A., & Managi, S. (2013). Correlations and volatility spillovers across commodity and stock markets: linking energies, food, and gold. *Economic Modelling*, 32, 15-22. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2013.01.023>
- Ministerio de Economía y Finanzas, (2008). CAPITULO I. *Conceptos Básicos sobre el Mercado de Valores*. https://www.mef.gob.pe/es/?option=com_content&language=es-ES&Itemid=100143&view=article&catid=297&id=2186&lang=es-ES.
- Mishra, P. K., Das, J. R., & Mishra, S. K. (2010). Gold price volatility and stock market returns in India. *American Journal of Scientific Research*, 9(9), 47-55. https://www.researchgate.net/publication/280324587_Gold_Price_Volatility_and_Stock_Market_Returns_in_India
- Morales, L. (2008, 27-28 de marzo). Do precious metals markets influence stock markets? A volatility approach. *8th International Business Research Conference*. Dubai, UAE. https://www.researchgate.net/profile/Lucia_Morales/publication/228791074_Do_Precious_Metals_Markets_Influence_Stock_Markets/links/55b748e808aec0e5f4381483/Do-Precious-Metals-Markets-Influence-Stock-Markets.pdf

- Morales, L., & Andreosso-O'Callaghan, B. (2011, junio). Comparative analysis on the effects of the Asian and global financial crises on precious metal markets. *Research in International Business and Finance*, 25(2), 203-227. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2011.01.004>
- Nelson, D. B. (1991, marzo). Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach. *Econometrica. Journal of the Econometric Society*, 59(2), 347-370. <https://doi.org/10.2307/2938260>
- Nordin, N., Nordin, S., & Ismail, R. (2014), The impact of commodity prices, interest rate and exchange rate on stock market performance: An empirical analysis from Malaysia. *Malaysian Management Journal*, 18, 39-52. https://www.researchgate.net/publication/343640693_The_Impact_of_Commodity_Prices_Interest_Rate_and_Exchange_Rate_on_Stock_Market_Performance_An_Empirical_Analysis_From_Malaysia
- Portal, Y. (2017). *Precios de commodities metales y su influencia en el mercado de acciones peruano* [Tesis de maestría en Finanzas, Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/149881>
- Raza, N., Shahzad, S., Tiwari, A., & Shahbaz, M. (2016, septiembre). Asymmetric impact of gold, oil prices and their volatilities on stock prices of emerging markets. *Resources Policy*, 49, 290-301. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resourpol.2016.06.011>
- Sadiq, M., Lin, C-Y., Wang, K-T., Trung, L., Duong, K., & Ngo, T. (2022, diciembre). Commodity dynamism in the covid-19 crisis: Are gold, oil, and stock commodity prices, symmetrical? *Resources Policy*, 79. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103033>
- Shahzad, S. J., Raza, N., & Awan, A. H. (2014). Commodities and Stock Investment: A Multivariate Analysis. *SAGE Open*, 4(3), 1-12. <https://doi.org/10.1177/2158244014548846>
- Soenen, L., & Johnson, R. (2009). Commodity Prices and Stock Market Behavior in South American Countries in the Short Run. *Emerging Markets Finance and Trade*, 45(4), 69-82. <https://doi.org/10.2753/REE1540-496X450405>
- Sulthana, M. (2012). A study on stock volatility and its impact on copper prices in commodity market. *International Journal of Financial Management (IJFM)*, 1(1), 1-12.
- Szczygielski, J. J., Enslin, Z., & du Toit, E. (2018) An investigation into the changing relationship between the gold price and South African gold mining industry returns. *South African Journal of Business Management*, 49(1). <https://doi.org/10.4102/sajbm.v49i1.232>

- Tufano, P. (1998, junio). The determinants of stock price exposure: Financial engineering and the gold mining industry. *Journal of Finance*, 53(3), 1015-1052. <https://doi.org/10.1111/0022-1082.00042>
- Yousaf, I., Hanif, H., Ali, S., & Moudud-Ul-Huq, S. (2021). Linkages between gold and Latin American equity markets: portfolio implications. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 26(52), 237-251. <http://dx.doi.org/10.1108/jefas-04-2020-0139>.
- Zevallos, M., & del Carpio, C. (2015). Metal Returns, Stock Returns and Stock Market Volatility. *Economía*, XXXVIII(75), 101-122. <https://doi.org/10.18800/economia.201501.003>