

Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Negocios y Administración Pública

MAESTRÍA EN ECONOMÍA

TRABAJO FINAL DE MAESTRÍA

Copper Price effects on economic and social indicators: A
review for Peru

Efectos del Precio del cobre sobre variables económicas y
sociales: Una revisión para Perú

AUTOR: JOSE CARLOS MUÑOZ AGUILAR

DIRECTOR: GABRIEL MONTES ROJAS

MARZO 2023

Dedicatoria

El presente trabajo es dedicado a mi esposa e hija, quienes son la fuerza y motivaciones que me permitió elaborar este documento.

Agradecimiento

Se agradece a mi tutor Gabriel, por sus acertados consejos, correcciones y aportes para este documento.

Resumen

Dado un contexto de alta cotización del cobre en los últimos años, donde su precio supera los \$ 3,600 USD por libra, cuadruplicando su valor desde inicio de los años 2000, la presente investigación propone analizar los efectos de las variaciones del precio del cobre, principal mineral que exporta el Perú, sobre las principales variables macroeconómicas e indicadores sociales. Para ello se proponen dos modelos econométricos: primero, un modelo TVP-VAR -SV que permite analizar las variables macroeconómicas, y, segundo un modelo de diferencias en diferencias para analizar las variables socioeconómicas. Los resultados señalan que ante un incremento del 1% del precio del cobre, en promedio el crecimiento del PBI aumenta en 0.17% y el del tipo de cambio disminuye en 1.49%, al primer trimestre de realizado el shock, siendo los shocks amplificados en periodos de alta volatilidad; y al largo plazo, generaría disminuciones de 0.061 puntos porcentuales de las tasas de pobreza en provincias donde se extrae cobre, en comparación con las provincias donde no se extrae cobre. Concluyendo que el Cobre es un *commodity* muy importante dentro de la estructura económica del Perú.

Palabras clave: TVP-VAR-SV, DIF & DIF, Shock, Cobre, PBI, Tasa de Pobreza.

Abstract

Given a context of high copper prices in recent years, where this price exceeds \$3,600 USD per pound, quadrupling its value since the beginning of the 2000s. The objective of this research is to analyze the effects of variations of the price of copper, the main mineral that Peru exports, on the main macroeconomic variables and social indicators. For this, two econometric models are proposed: first, for a TVP-VAR-SV model to analyze macroeconomic variables, and second, a difference-in-difference model to analyze socioeconomic variables. The results indicate that in the face of a 1% increase in the price of copper, on average GDP growth increases by 0.17% and the exchange rate decreases by 1.49%, in the first quarter of the shock, the shocks being amplified in periods of high volatility; and in the long term, it would generate decreases of 0.061 percentage points in poverty rates in provinces where copper is mined, compared to provinces where copper is not mined. Concluding that Copper is a very important commodity within the economic structure of Peru.

Keywords: TVP-VAR-SV, DIF & DIF, Shock, Copper, GDP, Poverty Rate.

Índice

1. Introducción.....	5
2. Planteamiento del problema.....	9
2.1. Formulación del Problema.....	9
2.2. Objetivos.....	10
2.3. Hipótesis.....	11
3. Marco teórico.....	12
4. Metodología.....	15
4.1. Tipo de Estudio.....	15
4.2. Datos.....	15
4.3. Universo, muestra y unidad.....	18
4.4. Modelo econométrico.....	18
5. Hallazgos.....	23
5.1. Hallazgos del Modelo TVP-VAR-SV.....	23
5.2. Hallazgos del Modelo Dif and Dif.....	35
6. Conclusiones.....	39
Referencias bibliográficas.....	41
Anexos.....	44

1. Introducción

La economía peruana es una de los principales productores de cobre del mundo, siendo este *commodity*, el mineral más importante del país, ya que sostiene gran parte de su crecimiento económico. Desde mediados de la década del 90 del siglo pasado, América Latina se mantiene también como el principal destino de las inversiones mineras a nivel global.

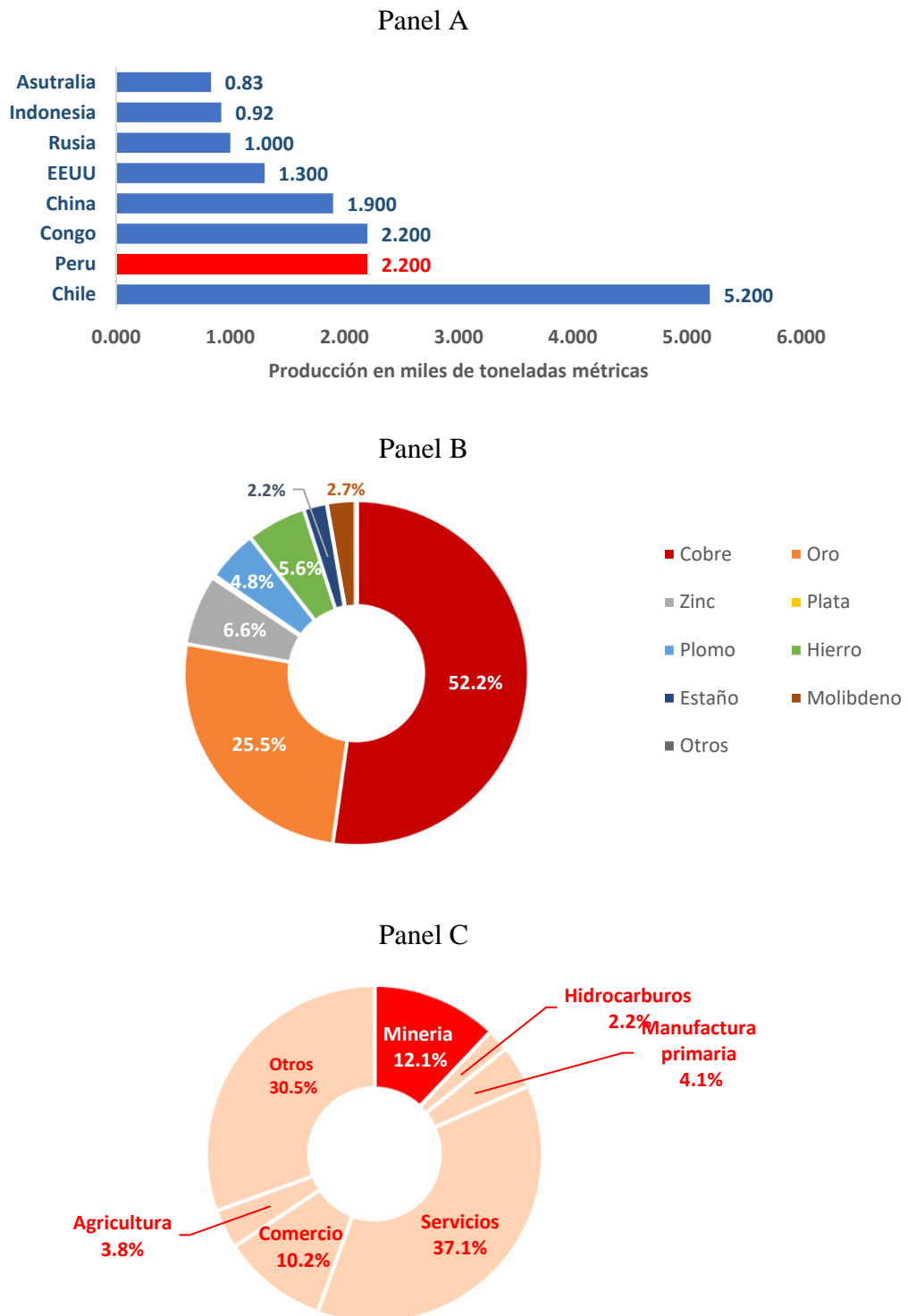
Según el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) el Perú es el segundo productor de cobre a nivel global, por detrás de Chile, y el tercer país con las mayores reservas de cobre a nivel mundial, solo superado por Chile y Australia (Rodríguez et al., 2019; Perdensen, 2019).

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) precisa que el Perú es el segundo productor mundial de cobre, básicamente por tres factores: alta dotación de recursos geológicos, porque el Perú está ubicado en la tercera posición en las reservas mundiales de cobre; las políticas de promoción de la inversión sostenidas desde la década de 1990 y en adelante combinadas con una estabilidad macroeconómica; y los precios internacionales favorables, desde el “*boom* de precios de *commodity*” iniciado en la década del 2000, sumado a los bajos costos de producción de este mineral en el país (De Echave, 2020).

En la figura 1 se evidencia la gran participación del cobre dentro de la economía peruana. En el Panel A, se aprecia a Perú como segundo productor de cobre a nivel mundial. En el Panel B, se muestra que para el año 2021, el cobre representó el 52.5% del PBI minero metálico, seguido del oro que representó el 25.5%, el zinc con el 6.6%, el hierro con 5.6%, el plomo con 4.8%, entre otros minerales que produce el Perú. Asimismo, en el Panel C, se evidencia que el PBI minero representa el 12.1% del PBI total.

Figura 1.

Participación del Cobre dentro de la economía peruana



Nota. Datos extraídos del Ministerio de Energía y Minas (2022). El Panel A, muestra la producción de cobre de Perú frente a otros países productores. Panel B, muestra la participación del cobre dentro del PBI minero; y el Panel C, mide la participación del PBI Minero dentro del PBI nacional.

Sin embargo, las cotizaciones de los *commodities*, en especial del cobre, presentan una alta y frecuente variabilidad, lo cual podría tener repercusiones sobre las principales variables macroeconómica y posteriormente sobre los indicadores sociales del Perú, dado que es una economía cuyas exportaciones dependen de este mineral (Rodríguez et al., 2019).

Por ello, el presente trabajo trata de evidenciar cuál es el efecto de un shock de precio del cobre sobre las principales variables macroeconómicas, como el producto bruto interno, la inflación, el tipo de cambio y tasa de interés, e indicadores sociales del Perú, específicamente la tasa de pobreza; asimismo, evaluando de manera conjunta los diferentes canales de transmisión mediante los cuales los shocks de precio del cobre se propagan hacia una economía pequeña y abierta, como es el Perú; con el fin de poder proveer de políticas económicas que pudieran ayudar a contrarrestar dichos efectos.

La investigación toma relevancia teórica, ya que pretende generar conocimientos sobre como cuantificar los diferentes impactos de la volatilidad del precio del cobre sobre la economía real durante un determinado tiempo; asimismo, toma relevancia metodológica, puesto que propone métodos econométricos que se usan en la frontera del conocimiento que ayudan a caracterizar de una mejor manera la fluctuante económica peruana; y por otro lado, toma relevancia práctica ya que permite identificar que zonas del Perú con actividad minera son los más beneficiados por dicha actividad.

Asimismo, el trabajo de investigación se justifica en que los resultados obtenidos podrán servir de insumos para futuras políticas económicas que ayuden al crecimiento económicos sostenido y que se materialice en desarrollo económico y social, específicamente en provincias donde se desarrolla actividades extractivas de dicho mineral.

Para ello, el presente documento se estructura de la siguiente forma: en el segundo capítulo, se describe y formula el problema de investigación, asimismo, se precisan los objetivos que se pretenden alcanzar y las hipótesis planteadas que deben ser contrastadas con la realidad; en el tercer capítulo se desarrolla el marco teoría, donde se actualiza el estado del arte del fenómeno que se está estudiando y se precisan los antecedentes más relevantes del estudio; en el cuarto capítulo se especifica el tipo de investigación y la metodología a emplear en el presente trabajo; en el quinto capítulo se evidencia los hallazgos encontrados

y el contraste de las hipótesis planteadas; y, en el sexto capítulo se esbozan las conclusiones del trabajo de investigación.

2. Planteamiento del problema

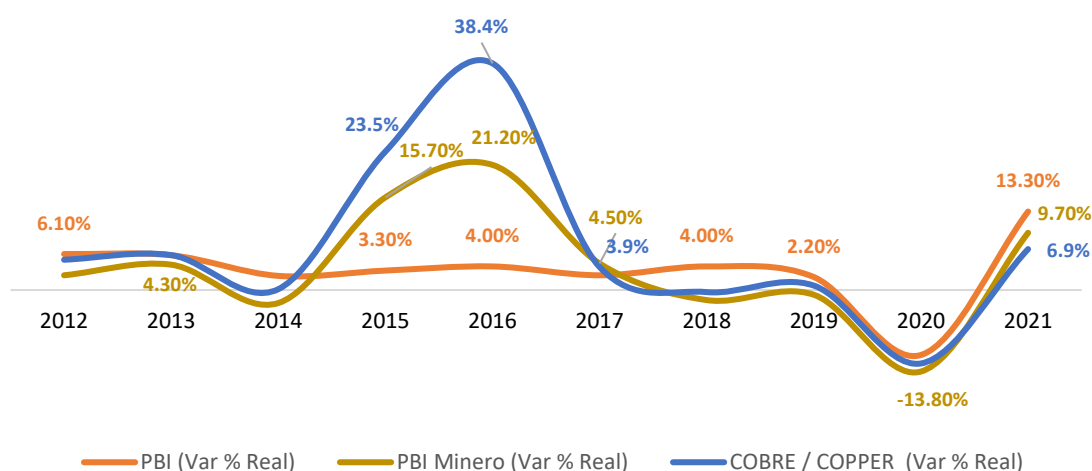
2.1. Formulación del Problema

Medina (2010) señala que en el periodo del *boom* de precios de *commodities* (2000-2014) impulsó los ingresos del gobierno, la inversión privada extranjera y la actividad económica en general en muchos países de América Latina (AL), siendo estos, países en desarrollo cuyo aparato productivo se concentra en la exportación de materia prima (minerales metales, energía, agricultura)

La figura 2 muestra cómo, en la economía peruana, estarían estrechamente relacionados el crecimiento del producto bruto interno, el crecimiento del producto bruto interno minero y el crecimiento anual del precio del cobre. En periodos donde el precio del cobre tuvo un crecimiento anual por encima del promedio, como en el 2015 y 2016, donde creció 23.5% y 38.4% respectivamente, el crecimiento de PBI Minero tuvo mejores rendimientos que el promedio, ello evidenciado en su gran participación del Cobre dentro del PBI minero.

Figura 2.

Crecimiento del PBI – PBI Minero - Cobre



Nota. Datos extraídos del BCRP. Precio del cobre medido como ¢US\$ por libras. Datos en frecuencia anual. Crecimiento en variaciones porcentuales de la serie de un año a otro. Para observar el precio del cobre y su volatilidad ver el anexo 7.

Rodríguez et al. (2019) precisan que el Perú es un país pequeño y abierto que depende de los *commodities*, por lo que estaría supeditado a las exportaciones de minerales; y, por ello sería vulnerable a los shocks negativos en los precios de los *commodities* y a su volatilidad. En la figura 3 se evidencia que, en la última década, la participación de la minera dentro de las exportaciones nacionales estuvo por encima del 50%, y en los últimos cinco años supero el 60% de participación. En el 2021, las exportaciones mineras representaron el 63.69% de las exportaciones totales (Ministerio de Energía y Minas, 2022).

Figura 3.

Participación Minera en las Exportaciones



Nota. Datos extraídos del Ministerio de Energía y Minas (2022). Las exportaciones mineras incluyen exportaciones de productos minero-metálicos (tradicionales) y no metálicos (no tradicionales).

Ante lo anteriormente expuesto, se formula la siguiente pregunta de investigación:
¿Cuáles son los efectos de un shock del precio del cobre sobre variables económicas e indicadores sociales del Perú?

2.2. Objetivos

En el presente apartado se especifican los objetivos trazados para la presente investigación.

2.2.1 Objetivo general.

- Determinar cuáles son los efectos de un shock de precio del cobre sobre las principales variables económicas e indicadores sociales del Perú.

2.2.2 Objetivos Específicos.

- Determinar cuáles son los efectos de un shock de precio del cobre sobre las principales variables macroeconómicas del Perú.
- Determinar cuáles son los efectos de un shock de precio del cobre sobre los principales indicadores sociales del Perú.

2.3. Hipótesis

En presente apartado se esbozan las hipótesis planteadas para la presente investigación, en base a los objetivos y tipo de investigación.

2.3.1 Hipótesis general.

- Existen efectos significativos de un shock de precio del cobre sobre las principales variables económicas e indicadores sociales del Perú.

2.3.2 Hipótesis Específicos.

- Existen efectos significativos de un shock de precio del cobre sobre el PBI, Inflación, Tipo de cambio y tasa de interés de referencia del Perú.
- Existen efectos significativos de un shock de precio del cobre sobre la pobreza monetaria, específicamente en provincias donde se desarrollan actividades extractivas de Cobre.

3. Marco teórico

Dado la alta fluctuación del precio de los metales y en especial el cobre en las últimas décadas, y como esto puede haber afectado al rendimiento económico de economías de América Latina, la literatura económica de esta región ha centrado su interés en analizar los impactos de las variaciones de los precios de los *commodities* sobre el comportamiento económica de los diferentes países, especialmente países con alta dependencia de estos minerales.

En una primera línea de investigación, autores como Medina (2010), Naranpanawa & Bandara (2012), Gondo & Perez (2018), Pedersen (2019), Rodríguez et al (2019), Urbina (2022), y, Cornejo et al. (2022), centraron sus estudios en analizar empíricamente impactos de precios de *commodities* sobre las principales variables económicas (producto bruto interno, inflación, nivel de exportaciones, tipo de cambio, etc.) de los diferentes países de la región, quienes en general evidencian que un shock de precios de *commodities* generan un aceleramiento del crecimiento de la economía. La principal metodología usada en dicha línea de investigación fue el modelo de vectores autorregresivo (VAR).

Medina (2010) estudió cómo impactan estas fluctuaciones de precios de *commodities* sobre la posición fiscal de los países, y para ello uso un modelo VAR con identificación a lo Cholesky, con lo cual concluyó que los países de la América Latina analizados vienen realizando una aplicación eficiente de las reglas fiscales. Asimismo, Gondo & Perez (2018) por su parte, estimaron mediante un modelo Bayesiana Jerárquica de Panel VAR con restricciones de signos, los impactos dinámicos de las fluctuaciones de los precios de *commodities* y el petróleo sobre variables macroeconómicas y financieras de países de Latinoamérica, para lo cual usaron un índice de precios de todos los *commodities*, encontrando que un shock positivo de los precios de los *commodities* genera una apreciación del tipo de cambio real, reduce la prima de riesgo y genera una expansión del crédito en todos los países, así como, una expansión de la actividad económica con cierta heterogeneidad donde el crecimiento fue mayor en Perú y Colombia en comparación con Chile y México.

Pedersen (2019) estudió la heterogeneidad de los impactos de shock de precios del cobre sobre la economía chilena, dependiendo de la fuente del shock, utilizando un modelo SVAR con restricciones de signos, donde encontró que los impactos de shock de demanda de precios del cobre implican un mayor crecimiento en Chile, mientras que los efectos de shock de oferta de cobre son, al menos en el corto plazo, negativos para el crecimiento chileno. Por su parte, Rodríguez et al (2019) analizó cómo se relacionan los shocks de precios del cobre sobre las principales variables macroeconómicas del Perú, mediante un modelo de Vectores autorregresivos (VAR), encontrando que un shock de precio del cobre, acelera el crecimiento del PBI en 0.3% hasta el segundo trimestre y, luego, se diluye hasta el quinto trimestre. En el caso de las exportaciones mineras, también se acelera su tasa de crecimiento en 13.9% en el primer trimestre y luego el impacto se disipa en el cuarto trimestre.

Cornejo et al. (2022) cuantificaron la contribución de la cotización internacional de los *commodities*, tipo de cambio y expectativas de inflación sobre la inflación doméstica, usando un modelo de vectores autorregresivos estructurales bayesianos con bloque externo (VAREB), encontrando que los shocks de *commodities* de alimentos y de energía representan procesos inflacionarios tanto en el corto como en el mediano plazo, en contraste, los shocks de los precios de *commodities* de metales industriales y preciosos tienen impactos negativos sobre la inflación, reduciendo los procesos inflacionarios.

Finalmente, Urbina (2022) analiza los efectos de shocks de precio del cobre sobre las principales variables económicas del país, donde utilizaron un modelo TVP-VAR-SV, precisando que el impacto de los precios de las materias primas minerales en las fluctuaciones fiscales es más que proporcional, ya que un aumento del 1% en el crecimiento de los precios de los productos básicos minerales genera incrementos en torno al 1.5% y 2.5% en el crecimiento de los impuestos a la minería y minería canon. Además, se encuentra que la respuesta de los impuestos provenientes de la minería y del canon minero a choques en los precios de las materias primas minerales es cada vez más pronunciado hasta alcanzar un máximo alrededor de 2009 y luego disminuir, lo que está en línea con la dinámica del auge de las materias primas.

Otra línea de investigación propuso analizar dichos efectos de las fluctuaciones de precios de *commodities* a nivel provincias de los principales países productores de estos

commodities, con los cual poder comparar provincias y/o localidades que pudieron resultar más beneficiadas con dicho impulso económico con otras que no fueron beneficiadas.

Estudios de Perry & Olivera (2009) usaron un modelo de datos de panel para poder analizar si los departamentos y municipios productores de hidrocarburos y carbón han crecido más, en comparación con los departamentos que no se han beneficiado de estos recursos, encontrando que si la producción petrolera y carbonífera ha tenido un impacto positivo y significativo sobre el crecimiento del PBI de los municipios donde se ubican estas explotaciones.

Asimismo, Marivil (2017) quien uso un modelo de diferencias en diferencias, para poder estimar los impactos del superciclo de *commodities* sobre el mercado laboral chileno a nivel de comunas, encontró diferencias significativas entre localidades, mostrando un impacto positivo en las localidades donde se ubican las explotaciones de los minerales. Shock de *commodities* tuvo un mayor impacto en el crecimiento económico en las comunas que poseen menor calificación de sus trabajadores y en aquellas que poseen mayor proporción de hombres, asimismo, también muestran un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre el mercado laboral, aumentando los salarios promedios de las comunas y la tasa de empleo.

Una tercera línea de investigación, aún incipiente en el contraste empírico y con mucho potencial en desarrollar, centro su investigación en analizar los impactos de las fluctuaciones de precios de *commodities* sobre las dimensiones del bienestar económico, como desigualdad y la pobreza.

Un estudio relevante fue desarrollado por Álvarez et al (2021) quien propuso un modelo de diferencias en diferencias para determinar diferencias significativas sobre la pobreza entre periodos antes y después del inicio del boom de *commodities*. Encontrando que el aumento de los precios de los minerales experimentado entre 2003 y 2009 redujo la pobreza en municipios relativamente expuestos a el auge de las materias primas, en comparación con municipios sin exposición al boom.

4. Metodología

4.1. Tipo de Estudio

La presente investigación se desarrolló mediante un enfoque cuantitativo, puesto que, se realizó mediciones concretas de las unidades de análisis y se utilizaron procedimientos estadísticos, específicamente modelos econométricos que representaron la realidad estudiada para poder contrastar las hipótesis planteadas.

El tipo de diseño de investigación es una investigación no experimental de alcance explicativo, puesto que, solamente se recolectó la información de las variables de estudio y se analizaron las mismas, sin alterar ninguna variable de estudio, pretendiendo determinar cuáles son los efectos de una variable sobre otras variables de estudio.

Asimismo, se caracteriza por ser una investigación longitudinal, dado que se recolectó la información sobre las variables de estudio a través de un periodo de tiempo determinado, específicamente en el periodo 2000 a 2019; una investigación retrospectiva, debido a que el fenómeno que se pretende estudiar ya se desarrolló anterior al momento de la planificación del presente estudio, tal y como precisa Hernández et al (2014).

4.2. Datos

Las unidades de análisis son las principales variables macroeconomías e indicadores sociales de un país determinado, en este caso es el Perú, para lo cual se obtuvieron los datos de diferentes instituciones gubernamentales oficiales que brindan dicha información. Como variables macroeconómicas se analizaron el PBI (frecuencia trimestral), Inflación (frecuencia trimestral), Tipo de cambio (frecuencia trimestral) y tasa de interés de referencia (frecuencia trimestral), donde todas las variables fueron obtenidas para el periodo 1T2021 – 4T2019, del Banco Central de Reserva del Perú.

Como indicadores socioeconómicos se analizó el índice de pobreza monetaria en frecuencia trimestral en el periodo comprendido entre 1T1997 – 4T2019, obtenidas de la

Encuesta de Hogares (ENAH) brindada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú a nivel Nacional. Los indicadores a nivel provincias serán estimados según la misma metodología brindada por el INEI. La tabla 1 precisa las fuentes de donde se obtuvieron los datos.

Tabla 1.

Fuentes de Información

Objetivo específico	Indicadores	Fuente secundaria de datos	Técnicas de procesamiento
Determinar cuáles son los efectos del precio del cobre sobre las principales variables macroeconómicas del Perú.	Producto Bruto Interno Inflación Tipo de Cambio Tasa de interés	Banco Central de Reserva del Perú (BCRP)	Modelo VAR
Determinar cuáles son los efectos del precio del cobre sobre los principales indicadores sociales del Perú	Tasa de pobreza monetaria	ENAH – Instituto Nacional de Estadística e Informática	Diferencias en diferencias

Nota. La tasa de pobreza monetaria será fijada de acuerdo con lo establecido por el INEI, quien precisa un umbral de S/. 350.00

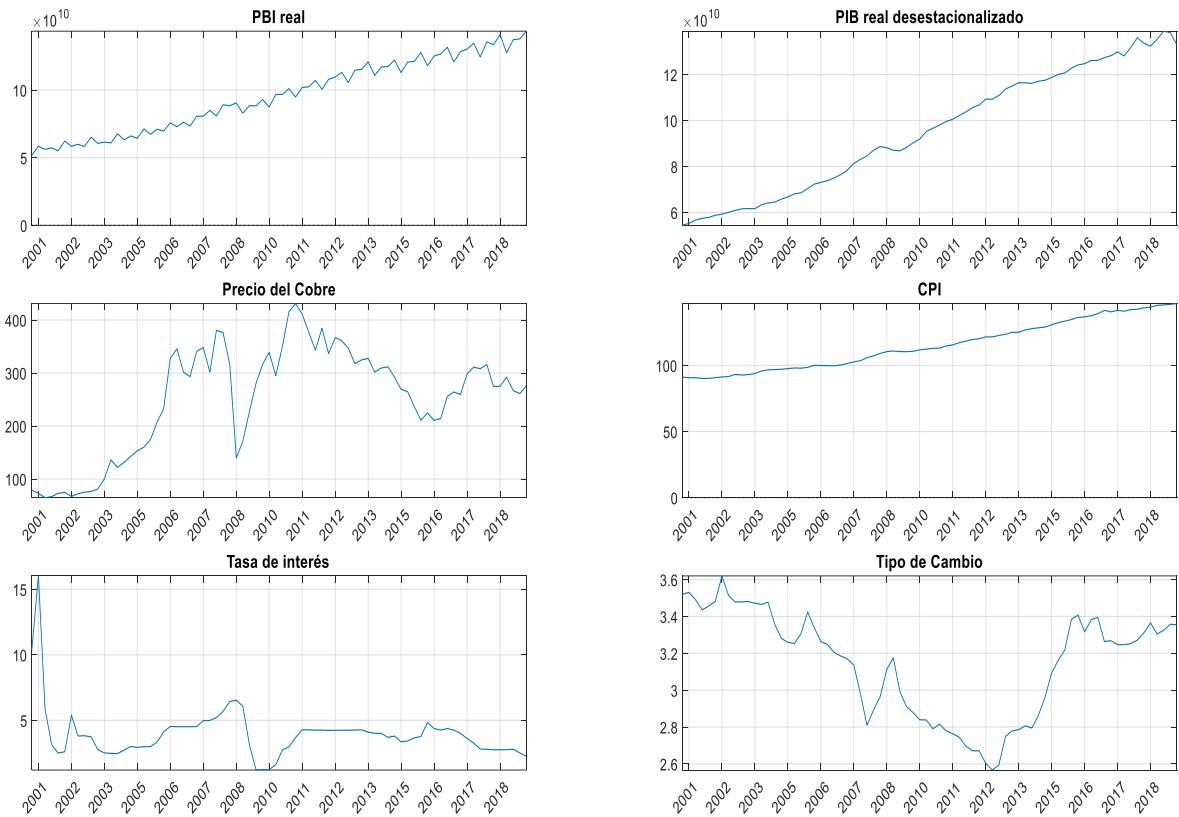
Luego de recolectar los datos de las instituciones oficiales se procedió a realizar un análisis univariado de estacionalidad. Para la variable PBI fue necesario desestacionalizarla mediante el método X12-ARIMA. Luego se analizó si las variables son estacionarias, mediante el Test de Dickey-Fuller. Una vez resolviendo algunos problemas de estacionalidad y estacionariedad se planteó el modelo econométrico¹.

En la figura 4 se muestra los hechos estilizados de las variables macroeconomías insertadas al modelo y en la figura 5 se muestra la trayectoria del indicador social analizado en el presente trabajo.

¹ En el anexo 1 se muestra las pruebas univariadas, así como las figuras en niveles y desestacionalizadas.

Figura 4.

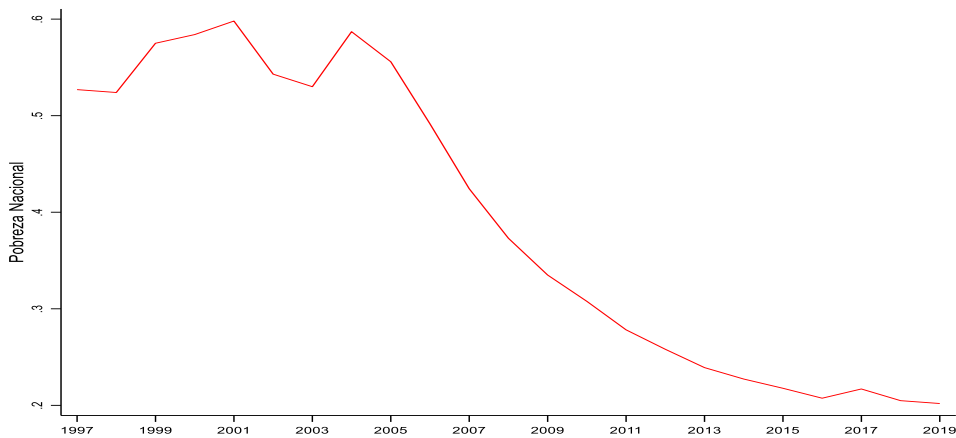
Hechos estilizados de las Variables macroeconómicas



Nota. El PBI real desestacionalizado se realizó mediante el método X12-ARIMA.

Figura 5.

Trayectoria del Indicador socioeconómico (Nivel de Pobreza)



Nota. La tasa de pobreza se mide como porcentaje de hogares que están por debajo de la línea de pobreza monetaria.

4.3. Universo, muestra y unidad

El universo o población de la presente investigación son todos los agentes de la economía peruana. La muestra de la investigación son las principales variables macroeconómicas.

4.4. Modelo econométrico

Se utilizarán dos modelos econométricos para poder desarrollar los dos objetivos específicos establecidos en el presente proyecto de investigación.

4.4.1 Modelo VAR con parámetros cambiantes en el tiempo y volatilidad estocástica.

Primero para poder determinar cuáles son los efectos del precio del cobre sobre las principales variables macroeconómicas del Perú se usó un modelo de Vectores Autorregresivos (VAR) con distintas especificaciones asociadas a la dinámica de sus parámetros. Se siguió lo propuesto por Urbina & Rodríguez (2023), Chan & Eisenstat (2018) y Primiceri (2005), quienes propone un modelo VAR con parámetros cambiantes en el tiempo y con volatilidad estocástica (TVP-VAR-SV), de la siguiente manera:

$$B_{0,t}Y_t = \mu_t + \sum_{i=1}^p B_{i,t}Y_{t-i} + \epsilon_t$$

donde $B_{0,t}$ es la matriz de efectos contemporáneos con unos en la diagonal, Y_t es el vector de variables endógenas observables que se insertarán al modelo (Precio del Cobre, PBI, Inflación, Tipo de Cambio, tasa de interés), μ_t es el vector de interceptos cambiantes en el tiempo, $B_{i,t}$ es el vector de parámetros de las variables rezagadas cambiantes en el tiempo, y, ϵ_t es el vector de choques no observables heterocedástico tal que $\epsilon_t \sim N(0, \Sigma_t)$, donde la matriz de varianzas y covarianzas es un matriz diagonal:

$$\Sigma_t = \begin{bmatrix} \exp(h_{1t}) & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \exp(h_{kt}) \end{bmatrix}$$

Asumiendo que la log volatilidades $h_t = h_{1t}, \dots, h_{kt}$ siguen un proceso de camino aleatorio:

$$h_t = h_{t-1} + \zeta_t$$

Tal que $\zeta_t \sim N(0, \Sigma_h)$ y la condición inicial h_0 es un parámetro a estimar. Siendo Σ_h la matriz de varianzas y covarianzas del término error de las log volatilidades, con dimensiones $k \times k$.

Urbina & Rodríguez (2023) proponen dos grupos de parámetros cambiantes en el tiempo a estimar. El primero grupo es el vector de intercepto y rezagos de los coeficientes de las variables (β_t) cambiantes en el tiempo. El segundo grupo es el vector de coeficientes de efectos contemporáneos cambiantes en el tiempo (γ_t). Donde:

$$\beta_t = \text{vec} \left((u_t, \beta_{1t}, \dots, \beta_{pt})' \right), \text{ vector de dimensiones } k_\beta * 1, \text{ donde } k_\beta = n(np + 1)$$

$$\gamma_t = (\gamma_{1t}, \dots, \gamma_{k_\gamma t})', \text{ vector de dimensiones } k_\gamma * 1, \text{ donde } k_\gamma = n(n - 1)/2$$

Por lo que:

$$y_t = \check{X}_t \beta_t + W_t \gamma_t + \epsilon_t$$

Donde $\check{X}_t = I_n \otimes (1, y'_{t-1}, \dots, y'_{t-p})$ y W_t es una matriz triangular inferior de los coeficientes de efectos contemporáneos, con dimensión $n * k_\gamma$.

Con ello, según Urbina & Rodríguez (2023), el modelo puede ser formulado como un modelo espacio – estado:

$$y_t = X_t \theta_t + \epsilon_t, \text{ siendo } X_t = (\check{X}_t, W_t)$$

$$\theta_t = \theta_{t-1} + \eta_t, \text{ siendo } \theta_t = (\beta'_t, \gamma'_t)', \text{ con una dimensión } k_\theta = k_\beta + k_\gamma, \text{ y la}$$

$$\text{condición inicial } \theta_0 \text{ es estimada, asumiendo } \eta_t \sim N(0, \Sigma_\theta)$$

Según Urbina & Rodríguez (2023) el mejor modelo VAR que se ajusta a la realidad de la actividad económica peruana es con volatilidad estocástica porque permite capturar la heterocedasticidad de los shocks a los cuales está expuesto una economía pequeña y abierta como la peruana. Estos modelos con volatilidad estocásticas serian cruciales para capturar la dinámica de los efectos sobre la economía peruana ante cambios repentinos de los precios de los *commodities*.²

² Urbina & Rodríguez (2023) utilizaron métodos de comparación como: log marginal likelihood y DIC.

Asimismo, un modelo TVP-VAR-SV permite que los parámetros contemporáneos y los asociados a las variables rezagadas, intercepto y varianza de los errores cambien en el tiempo. Pudiendo capturar los efectos de los cambios abruptos y progresivos que sufrió la economía peruana durante el periodo de análisis, ante reformas estructurales, cambios de política económica y choques externos, tal y como lo señala Calero y Salcedo (2021).

La estimación del modelo se realizó siguiendo lo planteado por Urbina & Rodríguez (2023), quienes estimaron el modelo por el método Bayesiano usando la muestra de precisión de Chan & Jeliazkov (2009). Por lo que el algoritmo de muestreo de Gibbs, siguió un procedimiento específico³. Asimismo, las condiciones iniciales de las priors⁴ siguen una distribución normal tal que $\theta_0 \sim N(a_\theta, V_\theta)$ y $h_0 \sim N(a_h, V_h)$. En línea con Chan & Eisenstat (2018) y Urbina & Rodríguez (2023).

Asimismo, la identificación del modelo propuesto se desarrolló mediante la identificación recursiva de cholesky; por lo que empleamos la descomposición triangular de la matriz de varianzas y covarianzas del error.

$$y_t = [y_{1t}, y_{2t}, y_{3t}, y_{4t}, y_{5t}]'$$

Que representa el set de variables endógenas, organizadas desde la variable más exógena hasta la menos exógena. Donde y_{1t} es el precio del cobre, y_{2t} es el tipo de cambio, y_{3t} es la tasa de interés de referencia, y_{4t} e la inflación, y y_{5t} es el PBI. Este ordenamiento sigue lo propuesto por Urbina & Rodríguez (2023) y Kumah & Matovu (2007) quienes consideran que los precios de los *commodities* es la variable más exógena, ya que se determina a nivel internacional, y, Perú es un país es una economía pequeña y abierta al mundo, que no tiene ninguna influencia sobre el precio de dicho *commodity*.

4.4.1 Modelo Diferencias en Diferencias

Por otro lado, para poder estudiar cuáles son los efectos del precio del cobre sobre los principales indicadores sociales del Perú se usará un modelo de Diferencias en

³ El algoritmo del muestreo de Gibbs se desarrolla en el anexo 2.

⁴ Véase en el anexo 3.

Diferencias (DIF-DIF). Se siguió lo propuesto por Álvarez et al (2021) quien propone que los municipios expuestos a la actividad extractiva de cobre se beneficiaron relativamente más del auge de los precios de *commodity*, y ello pudo contribuir en la reducción de la pobreza, en comparación con los municipios no expuestos a actividades extractivas del cobre.

Para ello se especifica el siguiente modelo:

$$Y_{ct} = \alpha_c + \alpha_t + \varphi X_{ct} + \beta \text{Log}P_t * \theta_c + \varepsilon_{ct}$$

Donde Y_{ct} es la tasa de pobreza de la provincia c en el momento t ; α_c y α_t son los efectos fijos provinciales y anuales que dan cuenta de todas las variables específicas de la provincia que pueden afectar la pobreza y también de los choques que en el tiempo afectan a todas las provincias. X_{ct} es un vector que representa otras variables que la literatura previa indica que es importante para explicar los cambios en la pobreza entre provincias⁵, P_t es el precio del cobre, θ_c es la provincia a cambios en P ; siendo β , el impacto diferencial del precio del cobre sobre la pobreza de las provincias.

En el modelo planteado, el grupo de tratamiento se reflejaría en las provincias donde se realiza la actividad extractiva de cobre, y, el grupo control, el cual estima el contrafactual, es decir, como se hubiera desenvuelto nuestra variable de interés (tasa de pobreza) de las provincias, sin el efecto que traería consigo la actividad extractiva del Cobre. Ambos grupos analizados en el periodo del boom de precios de *commodity*, donde el grupo tratamiento sería el que se beneficie en mayor medida de este factor externo, ello debido a que un shock de ingresos a la recaudación nacional va direccionado en mayor medida a los gobiernos provinciales donde se extrae el cobre, debido a la ley del canon minero⁶.

En la figura 6 se evidencia la tendencia muy similar entre la tasa de pobreza de las provincias donde se desarrolla la actividad extractiva del cobre y las provincias donde no se desarrollan dicha actividad extractiva, hasta el periodo donde inicia el boom de precios de

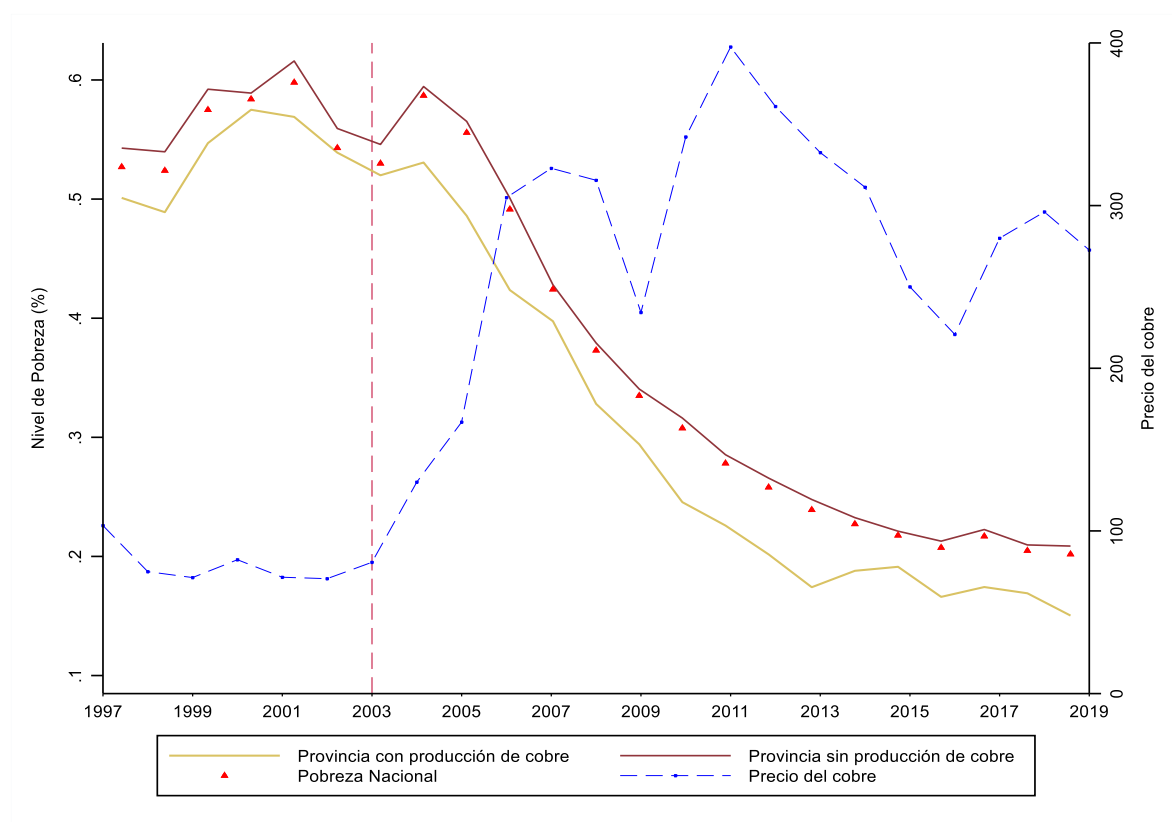
⁵ Con ello se pretende controlar la heterogeneidad inobservable que pudiera existir para cumplir el supuesto del Modelo Dif & Dif

⁶ El canon minero es la participación de la que gozan los gobiernos locales de los ingresos nacionales obtenidos por la explotación de recursos económicos.

los *commodity* (2003), a partir del cual la tasa de pobreza de las provincias del grupo tratamiento son mucho menor que las del grupo control, evidenciando el supuesto de tendencias paralelas antes del inicio del shock exógeno que hace dichas diferencias.

Figura 6.

Tasa de Pobreza a Nivel Provincial



Nota. La tasa de pobreza se mide como porcentaje de hogares que están por debajo de la línea de pobreza monetaria. El precio del Cobre se mide por USD\$ por libra. La medición a nivel provincia se calculó como el promedio de nivel de pobreza por el total de provincia donde se produce Cobre y el promedio de nivel de pobreza por el total de provincias donde no se produce Cobre. Fuente: INEI, BRCP.

5. Hallazgos

En el presente capítulo se presenta los hallazgos más importantes de los modelos econométricos planteamos⁷.

5.1. Hallazgos del Modelo TVP-VAR-SV

Según el modelo planteado TVP-VAR-SV, se encontró que los parámetros asociados a los efectos contemporáneos y rezagos del precio del cobre, PBI, Inflación, Tipo de cambio, tasa de interés, muestran variaciones intensas sobre el tiempo⁸. Con respecto a la evolución de las varianzas y covarianzas de las innovaciones del modelo propuesto, en la Figura 7, se observa como el precio del cobre aumento en los años 2008 al 2012, coincidiendo con la crisis financiera internacional y el inicio del fin del super ciclo de los precios de los commodities; y, como este mineral está directamente correlacionado con el PBI peruano e indirectamente correlacionado con el tipo de cambio, tasa de interés e inflación. Asimismo, se observa que el PBI, la inflación y tasa de interés muestran menores volatilidades que las demás variables del modelo, evidenciando la moderación de la económica peruana en las últimas décadas, término acuñado por Castillo et al (2016) y señalado por Urbina & Rodríguez (2023).

Por otro lado, en el análisis de las funciones de impulso repuesta, en la Figura 8 se observa la evolución a través del tiempo de las respuestas de las variables PBI, inflación, tipo de cambio, tasa de interés ante un shock del precio del cobre. Un shock del precio del cobre genera una respuesta positiva en el muy corto plazo en el PBI (primer trimestre después de efectuado el shock). Luego para los siguientes primeros periodos durante los primeros años de análisis (2002q1 – 2014q1), el efecto también es positivo, lo cual reflejaría el periodo de super ciclo de precios de *commodities*. Para el segundo tramo de periodos analizados (2014q2 – 2019q4) se observó una repuesta negativa en los primeros periodos, influenciado por inicio del tapering en 2013, corrección bursátil China (2015 – 2016), guerra comercial entre EE.UU. y China (2018 - 2019)⁹. Estos resultados siguen la línea de lo

⁷ Los resultados obtenidos del modelo TVP-VAR-SV fueron obtenidos mediante el uso del Toolbox de Matlab “The Bayesian Estimation, Analysis and Regression (BEAR)” de Alistair Dieppe & Bjorn Van Roye del Banco Central Europeo.

⁸ Se analizo la estabilidad de parámetros (Véase anexo 6)

⁹ Según De la Cuba & Ferreyra (2020) estos episodios influenciaron en la tendencia a la baja de la cotización del precio del Cobre.

expuesto por Urbina & Rodríguez (2023) quienes señalan que ante un shock de precios de minerales y metales existe una respuesta positiva del PBI y exportaciones mineras, variando en el tiempo y alcanzando un pico alrededor del 2009

Asimismo, se evidencia una respuesta negativa del tipo de cambio ante un shock del precio del cobre en todos los periodos del tiempo con ciertas fluctuaciones durante el periodo analizado, tiene su pico a mediados de 2010. La tasa de interés y la inflación tiene una respuesta negativa ante un shock del precio del cobre, en el muy corto plazo, luego ese efecto se desvanece.

Por su parte, en la figura 9 se observa las medianas de las funciones de respuestas sobre las diversas variables especificadas en el modelo ante shock de precios de cobre. El PBI reacciona positiva en el muy corto plazo (primer trimestre posterior al shock), donde el crecimiento del PBI aumenta en 0.17%, ante un incremento del 1% del precio del cobre¹⁰, pero siendo no estadísticamente significativo dado que las bandas de confianza tocan el cero. Este aumento del PBI se generaría por mayor valor de las exportaciones mineras, donde el cobre es un factor predominante, lo cual genera crecimiento del PBI en el corto plazo. Este resultado sigue la línea de lo señalado por Urbina & Rodríguez (2023) y Osinermining (2009).

El tipo de cambio reacciona negativamente los primeros cuatro trimestres luego de efectuado el shock de precios del cobre, luego los impactos se vuelven no significativos. Ante un incremento del 1% del precio del cobre, en el muy corto plazo (primer trimestre luego de realizado el shock), el tipo de cambio disminuye en 1.49%. Entendiéndose que el shock de precios del cobre generaría un mayor flujo de capitales que ingresan a la economía peruana, evidenciado el incremento del valor de las exportaciones mineras y ocasionando la apreciación de la moneda local y las presiones a la caída del tipo de cambio. Estos ingresos de mayores recursos no esperados reducen el tipo de cambio, generando que las exportaciones se encarezcan, ocasionado una merma en la competitividad de la economía, pero en el corto plazo impactaría positivamente en los ingresos fiscales del país.

La tasa de interés y la inflación tienen una reacción negativa en los primeros trimestres de luego efectuado el shock de precios del cobre, pero este no es estadísticamente

¹⁰ La normalización de los IRF se precisa como un shock de +1% tal y como lo señala Silva (2019)

significativo. La disminución de la inflación se debería en cierta manera al efecto traspaso del tipo de cambio a la inflación doméstica, donde algunos de los productos que conforman la canasta del IPC son importados o sustitutos cercanos de bienes importados, especialmente en economías que se caracterizan en tener un gran peso de los alimentos en la canasta del IPC y la matriz económicas se basan en minerales, tal y como lo señala Gelos & Ustygova (2012). Asimismo, la reacción de la tasa de interés se debería a la intervención del BCRP con políticas de tasa de interés de referencia para controlar las presiones inflacionarias de un mayor dinamismo de la economía peruana que ha vivido en las últimas décadas, y la dinamización del crédito que permitiría el incremento del capital y mayor capacidad de producción de las empresas.

En la figura 10 se evidencia las respuestas de las diversas variables de análisis ante un shock de precio del cobre por periodos específicos (ej. 2008q4, 2009q4, 2016q2)¹¹. En el periodo 2008q4 se evidenció que la actividad mundial registró una fuerte contracción, ligada a una caída importante de la demanda global, afectando de manera sincronizada a distintos mercados internacionales, donde el mercado de materias primas no fue la excepción. Para el periodo 2009q4, se mostró una rápida recuperación de los precios de las materias primas de la mano de signos de recuperación de la actividad global y mejoras en la percepción del riesgo por parte de los mercados financieros globales generado por los grandes rescates de la FEFD. Y, para el periodo 2016q2, se registró volatilidades del precio del cobre generado por la desaceleración de China, el principal consumidor de cobre a nivel global, y el fortalecimiento del dólar.

Las funciones de impulso respuesta asociada al periodo 2008q4 evidencian que, ante un shock del precio del cobre, el PBI aumenta significativamente desde el primer trimestre luego de evidenciado el shock, el cual aumenta progresivamente hasta el 4to trimestre, para luego disminuir el efecto, ello relacionado al periodo donde el precio del cobre estuvo disminuyendo constantemente. El tipo de cambio responde con una disminución significativa en los dos primeros trimestres, para luego disminuir el efecto, esto relacionado a la apreciación de la moneda local respaldado a la saludable economía de ese periodo a pesar de la crisis financiera. La inflación también reaccionó de forma negativa, gracias a la

¹¹ Se eligió estos periodos debido a que fueron periodos de alta volatilidad del precio del cobre (véase anexo 7).

intervención sobre presiones inflacionaria por parte del BCRP ante grandes crecimientos de la economía peruana. La tasa de interés no tuvo una respuesta significativa.

Asimismo, las funciones de impulso respuesta asociadas al periodo 2009q4, muestran que, un shock del precio del cobre, el PBI aumenta significativamente en hasta el primer año de efectuado el shock (q1 al q4) ello relacionado al periodo de alza del precio del cobre. El tipo de cambio presentó una disminución significativa los dos primeros trimestres para luego desvanecer el efecto casi al año de efectuado el shock, de forma similar, aunque menos pronunciado que el periodo 2008q4, debido a diversos factores estresantes resonantes de la crisis financiera internacional. La inflación tuvo una respuesta negativa y la tasa de interés no tuvo una respuesta significativa, muy similar al periodo 2008q4.

Por otro lado, las respuestas asociadas al 2016q2, evidenciaron que la respuesta del PBI ante un shock de precio del cobre fue ligeramente positiva, solo al primer trimestre luego de efectuado el shock, lo cual se relacionaría a la desaceleración del crecimiento de la economía China (principal importador de cobre). El tipo de cambio tuvo una reacción ligeramente negativa ante un shock de precio del cobre en los primeros dos periodos posteriores al shock, donde la disminución de las respuestas comparándolos con otros periodos se deberían a diversos factores estresantes que generaron políticas económicas de países avanzados como la concreción del inicio del programa Tapering de la FED. La inflación tuvo una respuesta negativa, muy por debajo comparándolos con otros periodos, y, la tasa de interés de igual manera no tuvo una respuesta estadísticamente significativa.

Asimismo, comparando los periodos se observa que, en periodo de una mayor volatilidad del precio del cobre (2008q4 y 2009q4) los shocks de precio del cobre se amplifican, independientemente si los precios tienen tendencia bajista o alcista, en comparación con periodo de menor volatilidad (2016q2). Asimismo, podemos observar que las funciones impulso respuesta de un modelo VAR estándar sin parámetros cambiantes en el tiempo, se asemeja a los resultados de periodos de alta volatilidad del precio del cobre (2008q4 y 2009q4), mostrando que captura esas altas volatilidades en sus dinámicas, pero sin poder distinguir dichos periodos con otros de menor volatilidad.

Tabla 2.*Descomposición de la varianza ante un shock del precio del Cobre*

Horizonte	PBI	TC	π	R
1	1.76	24.23	1.98	1.05
2	5.46	40.74	7.88	8.21
3	10.63	43.25	16.50	16.42
14	40.42	53.34	53.97	48.72
∞	42.09	54.42	55.34	51.07

Nota. Valores mostrados en puntos porcentuales. Periodo de tiempo medido en Trimestres. Véase también en la figura 11.

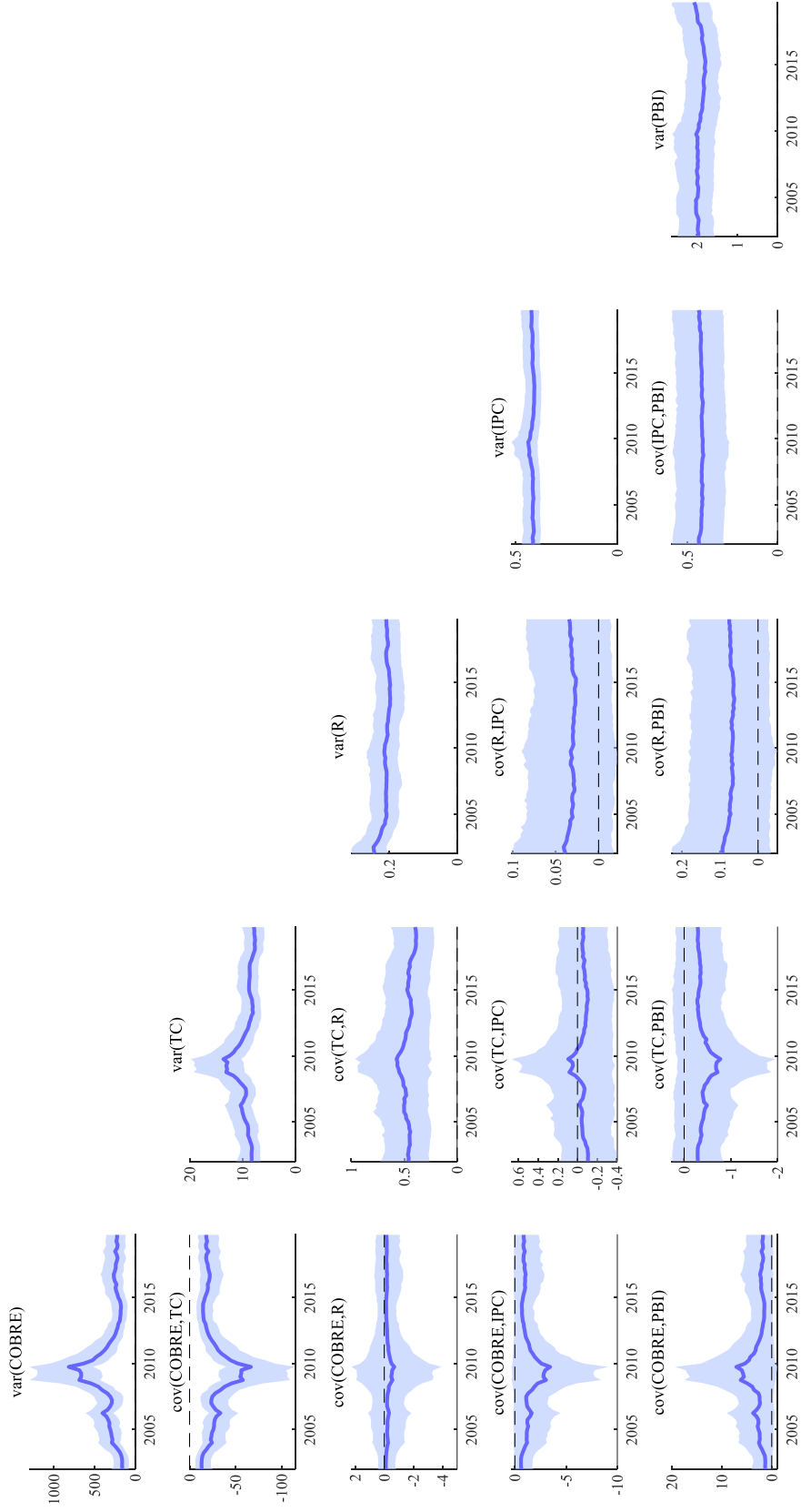
En la tabla 2 se muestra la evolución e importancia que tuvo un shock del precio del cobre sobre la variabilidad de las variables macroeconómicas estudiadas. Donde el shock al precio del cobre explica el 42.09% de la variabilidad del PBI, evidenciando la gran importancia de este *commodity* para la economía peruana, especialmente al sector minero; explica el 54.4% de la variabilidad del Tipo de cambio, reflejando la vulnerabilidad de la economía peruana ante las exportaciones del sector minero; y, explica el 55.34% y el 51.07% de la variabilidad de la inflación y la tasa de interés, respectivamente.

En la figura 12 se muestra la descomposición histórica de la varianza de las variables macroeconómicas que se estudian en el presente trabajo. La contribución de un shock de precio del cobre a las fluctuaciones del crecimiento del PBI muestra que en los primeros periodos del tiempo estudiado (año 2002) la contribución es levemente indirecta y no significativa, periodo relacionado al inicio del super ciclo de precios de *commodities*. A partir del año 2003 hasta el año 2013 (periodo de tiempo donde se evidenció el super ciclo de precios de *commodities*) se refleja un notable crecimiento del PBI explicado sustancialmente por un shock del precio del cobre, evidenciando una relación directa entre ambas variables, y, una alta correlación del cobre con la economía peruana. Con un periodo de decrecimiento del PBI (2008q4 – 2009q4) asociados a shock negativos del precio del cobre, donde los periodos se relacionarían con la crisis financiera internacional. Asimismo, a partir del 2014 se evidencia impactos negativos de shock de precio del cobre sobre el PBI, la cual fueron leves, pudiendo asociarlo al contexto internacional de desaceleración de la economía China, principal importador de Cobre del mundo y termino del super ciclo de los

precios de los *commodities*. Luego a partir del 2019 se muestra un repunte de la importancia dentro de la variabilidad de PBI peruano, evidenciado por el repunte del precio del cobre.

Asimismo, se evidencia que la contribución de un shock de precio del cobre a las fluctuaciones del crecimiento del tipo de cambio fue significativa durante todo el periodo y en relación opuesta al PBI. Es decir, ante un shock del precio del cobre este genera una reacción positiva sobre el PBI y una reacción negativa sobre el Tipo de cambio. Ello reflejado en que la caída de tipo de cambio genera aumento en moneda local del valor de las exportaciones, específicamente de exportaciones mineras, lo cual genera en el corto plazo aumentos de ingresos fiscales mediante tributación e ingreso de capital para financiar más proyectos de inversión en minería, lo cual acelera la economía peruana. Por otro lado, contribución de un shock de precio del cobre a las fluctuaciones de la inflación y tasa de interés fue significativa durante diversos periodos muy asociado a la dinámica propia de cada variable.

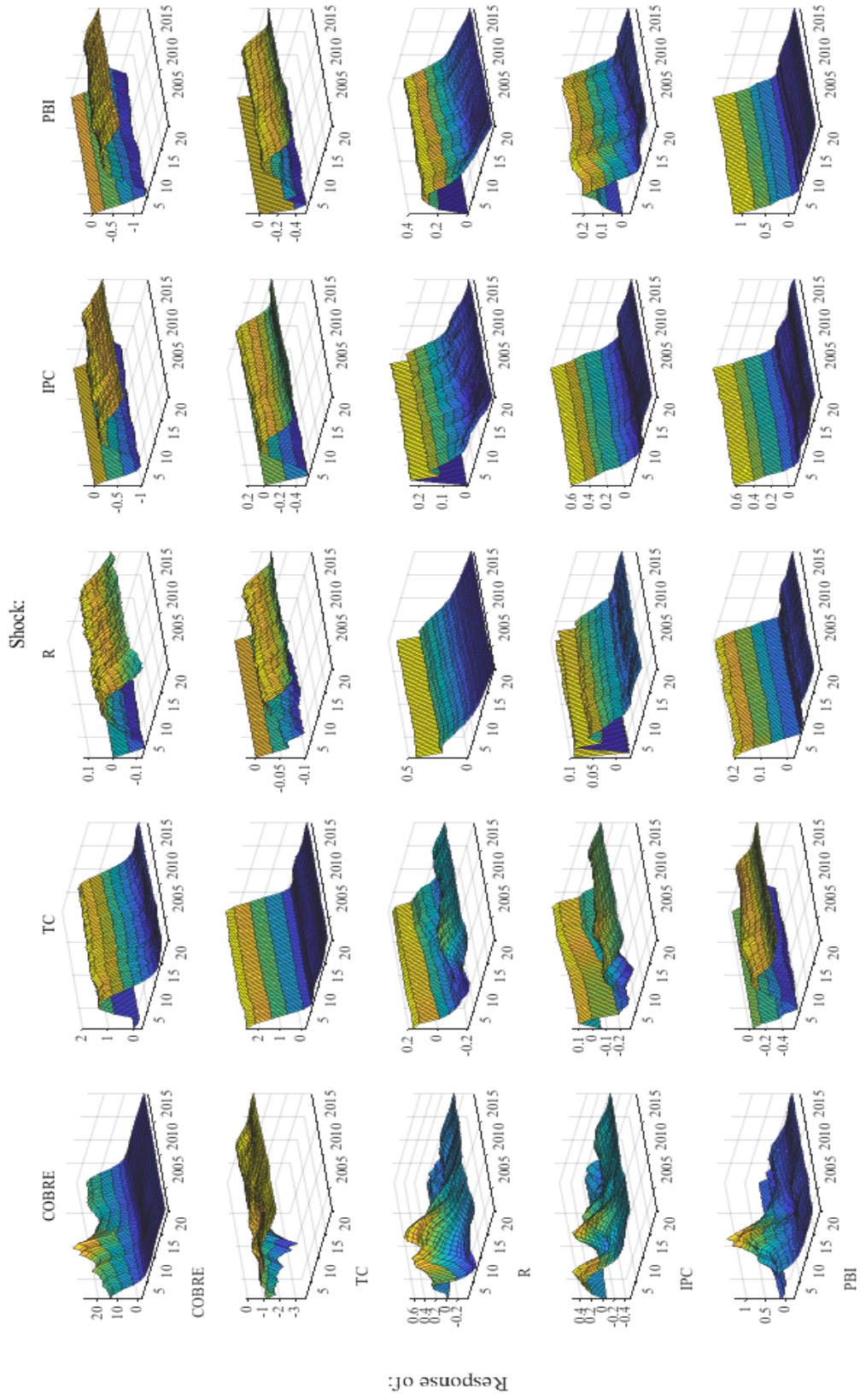
Figura 7.
evolución de las varianzas y covarianzas



Nota. evolución de las varianzas y covarianzas de todas las variables

Figura 8.

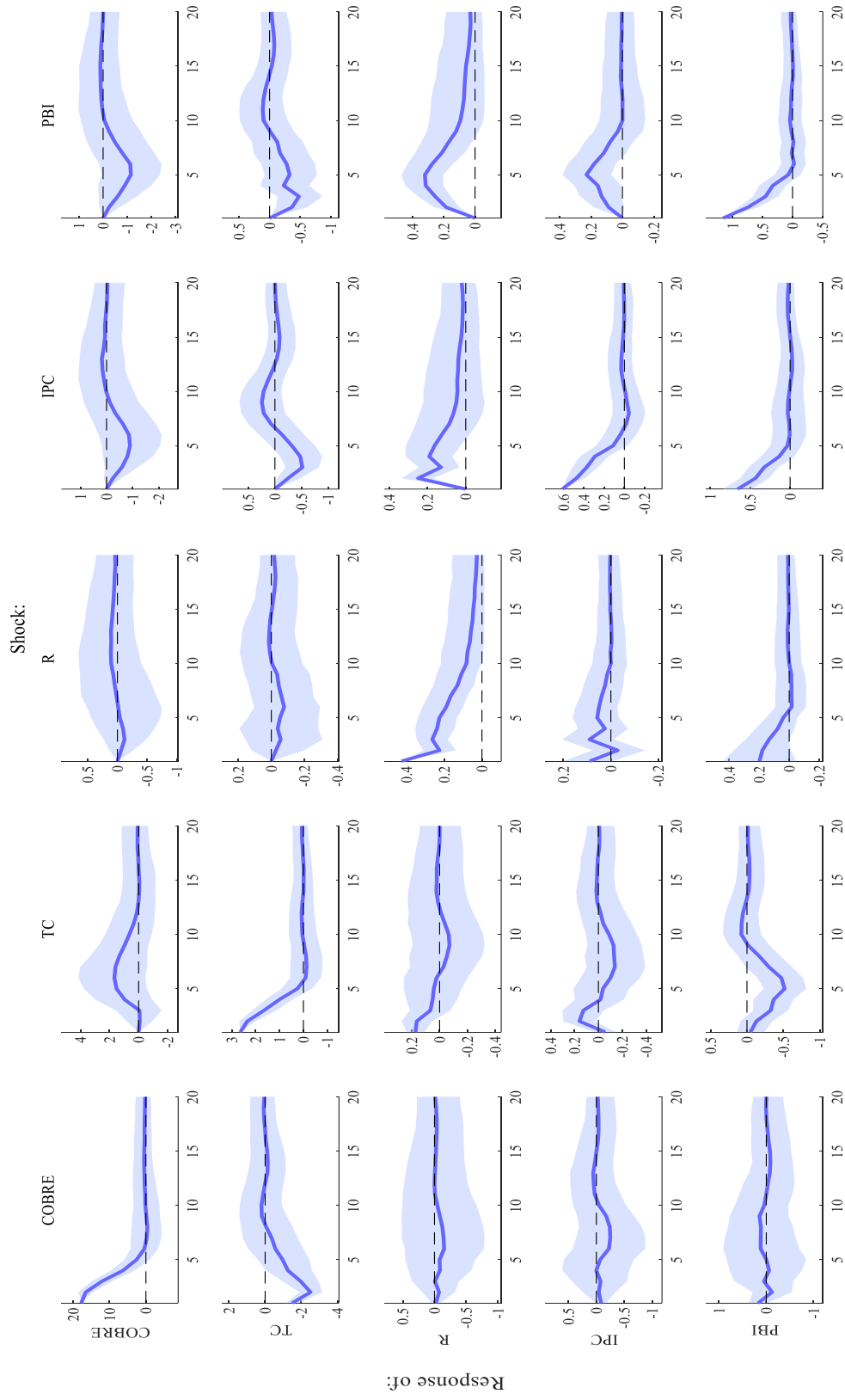
Función impulso respuesta cambiantes en el tiempo de un shock de precio de Cobre.



Nota. Los shocks están normalizados un incremento del 1% del precio del Cobre en cada punto del periodo de análisis.

Figura 9.

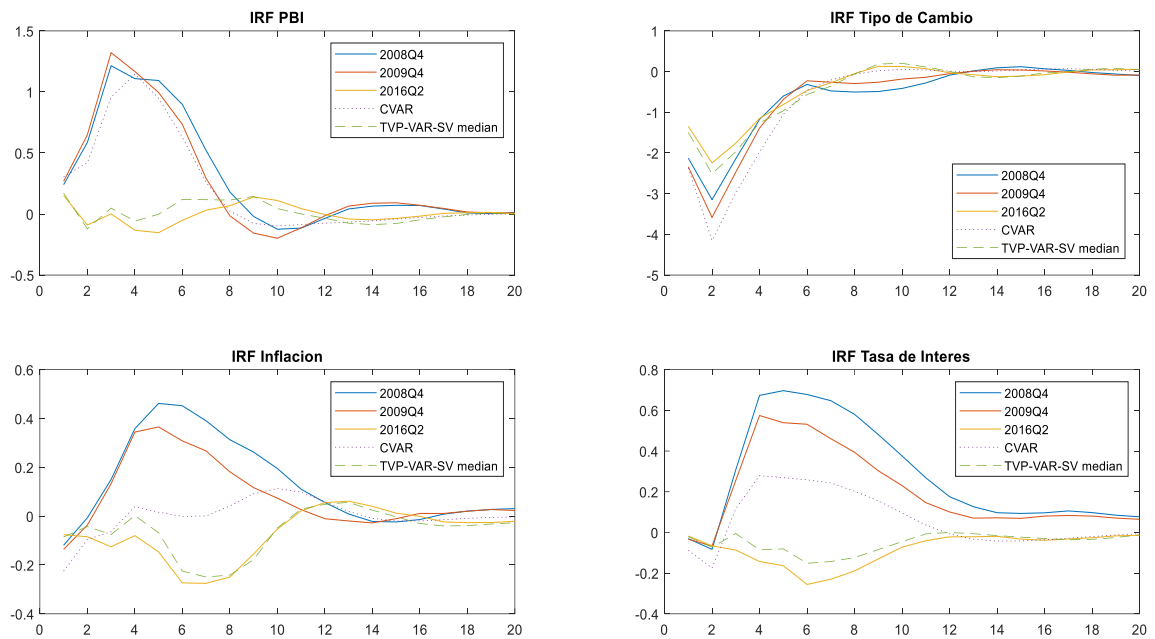
Mediana de las funciones de impulso respuesta ante un shock de precio de Cobre.



Nota. Las líneas azules representan la mediana de las funciones impulso respuesta y lo sombreado son las bandas de confianza (68% error band).

Figura 10.

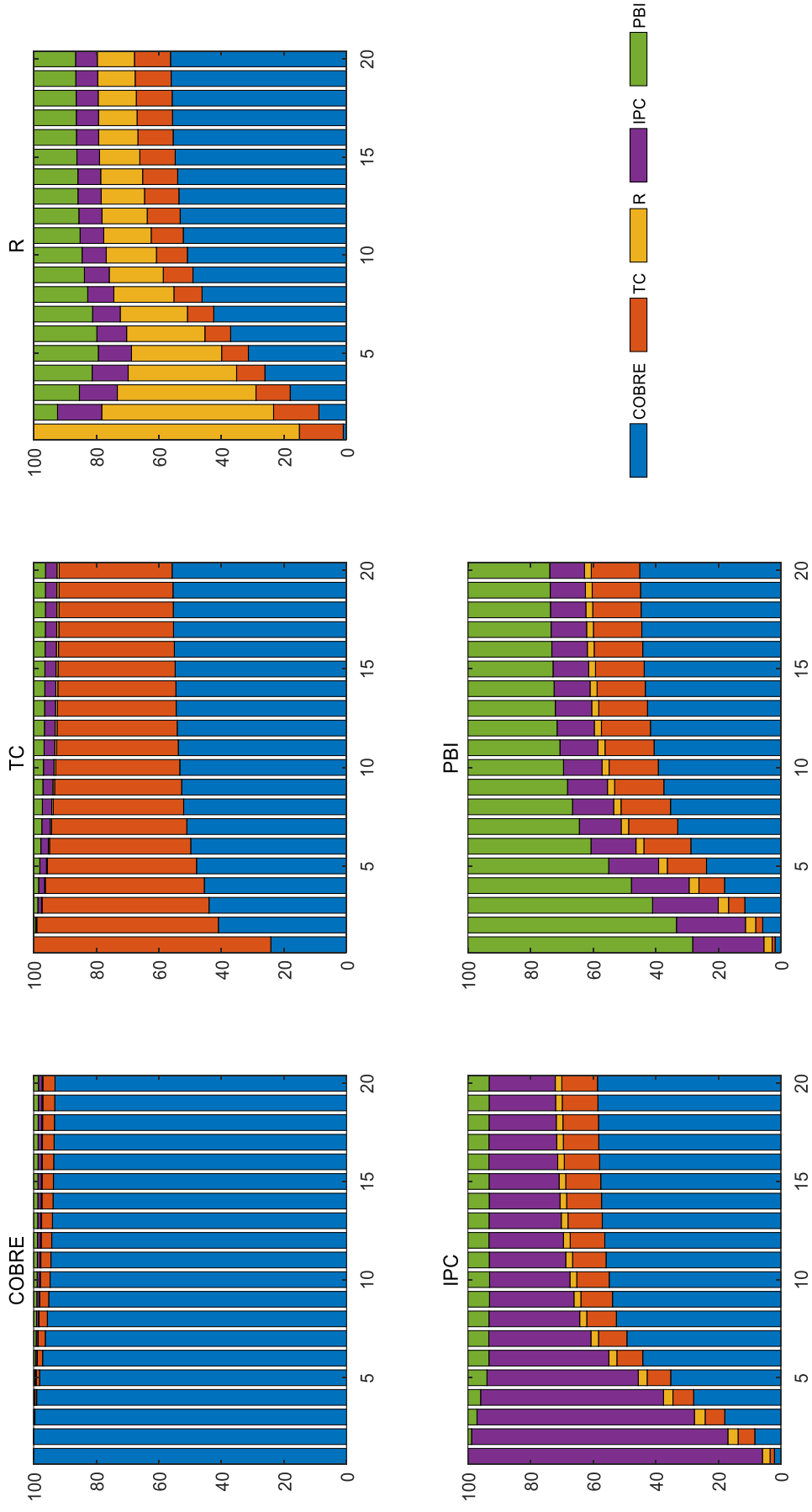
Función impulso respuesta ante un shock de precio de Cobre por periodo de tiempo.



Nota. Se tomaron tres periodos de tiempo (2008q4, 2009q4, 2016q2) donde se evidencian los impactos más fuertes y débiles de todo el periodo analizado. Los shocks están normalizados un incremento del 1% del precio del Cobre en cada punto del periodo de análisis.

Figura 11.

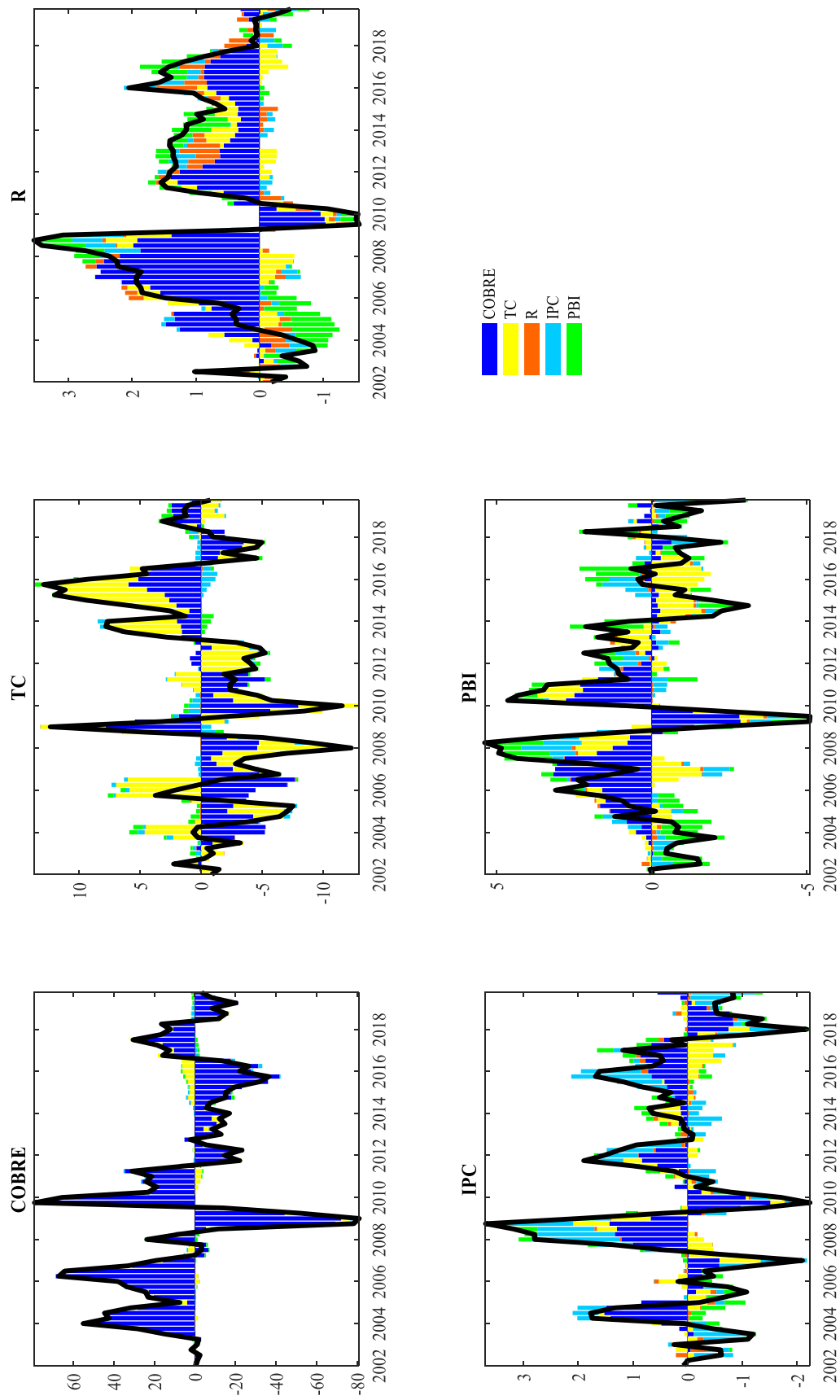
Descomposición de la varianza ante un shock del precio del Cobre.



Nota. Se muestra la evolución e importancia que tuvo un shock del precio del cobre sobre la variabilidad de las variables macroeconómicas estudiadas.

Figura 12.

Descomposición histórica de la varianza.



Nota. Se muestra la evolución e importancia que tuvo un shock del precio del cobre sobre la variabilidad de las variables macroeconómicas estudiadas en cada momento del tiempo.

5.2. Hallazgos del Modelo Dif and Dif.

Antes del análisis del modelo planteado, se describe preliminarmente la variable de interés, eligiendo a la pobreza como variable a analizar, dado que es una variable que ha ido evolucionando durante la última década, en comparación a otros indicadores sociales que no evidencia mucha variabilidad a través de los años.

En la Figura 14 se muestra el mapa de pobreza del Perú donde se puede apreciar que las zonas altoandinas son las que tiene mayores tasas de pobreza, y son justamente dichas zonas donde mayormente se encuentran los yacimientos de Cobre y otros minerales que son explotados.

En análisis se desarrolló a nivel provincias, para lo cual se determinó las provincias donde se efectúa los trabajos de explotación del Cobre. La tasa de pobreza provincial se obtuvo como promedio del porcentaje de los hogares que no sobrepasa la línea de la pobreza monetaria¹².

En la figura 4, anteriormente señalada, se evidencia como la tasa de pobreza en las provincias donde no se desarrolla la actividad extractiva del Cobre está estrechamente relacionado con la tasa de pobreza nacional en todos los periodos de análisis, y, la tasa de pobreza en las provincias donde si se desarrolla la actividad extractiva del Cobre está muy por debajo de la tasa de pobreza nacional, especialmente cuando inicia el periodo de boom de precios de *commodity*. Esto reflejaría que el canon que recibe las municipales provinciales para obras dentro de estas provincias podría acelerar el desarrollo de estas a comparación con provincias donde no se extrae cobre. Se observa tendencias paralelas para el nivel provincias, y la heterogeneidad no observable no es relevantes a través del tiempo.

Por otro lado, se dividió el periodo de estudio en dos, cuyo quiebre se determinó al inicio del boom de precios de *commodity* (2004). El primer periodo determinado como antes del super ciclo de precios de *commodity* (1997 – 2004) y el segundo periodo determinado como luego del inicio del super ciclo de precios de *commodity* (2004 – 2019).

¹² Se define como la insuficiencia de recursos monetarios para adquirir una canasta de consumo mínima aceptable socialmente. En el 2002 la línea de pobreza monetaria en Perú fue de S/. 415.00

En la tabla 3, se aprecia que existen diferencias entre las tasas de pobreza entre los dos periodos de análisis. La reducción de tasa de pobreza sería de 1.67 puntos porcentuales, de las provincias con producción de cobre en comparación con las provincias sin producción de cobre.

Tabla 3.

Ratio de pobreza por Provincias

Provincias	Antes de boom de precios de commodity (1997 – 2004)	Luego de Inicio de boom de precios de commodity (2004 – 2019)	Diferencias
Con producción de Cobre	0.5338 (0.0302)	0.2716 (0.1244)	-0.2622
Sin producción de Cobre	0.5724 (0.0289)	0.3269 (0.1304)	-0.2455
Diferencias	-0.0386	-0.0553	-0.0167

Nota. Las tasas de pobreza se miden como promedio simple por cada periodo de análisis.

Ante ello, se planteó el modelo DIF and DIF evaluando a la pobreza como variable dependiente del modelo. Las variables de control introducidas al modelo¹³ serían: X_{it} =Escolaridad, población, Área geográfica, PBI departamental. La escolaridad a nivel provincial es medida como la tasa de analfabetismo de la población de 15 años a más; la tasa de población es medida por miles de personas en cada provincia analizada; el área geográfica es medida como una variable dicotómica, donde 1 significa área rural y 0 área urbana; y, el PBI es medido como el producto bruto interno per cápita de cada departamento. Asimismo, al modelo se incorporó los efectos fijos por años y por cada provincia.

Para determinar el efecto de precio del cobre sobre el ratio de pobreza de cada provincia, se siguió lo planteado por Álvarez et al (2017) donde el efecto se mide como la interacción del precio del cobre y una variable dicotómica que identifica en qué provincia se efectúa la extracción del cobre, con ello se pretendió medir como impacta el precio del cobre sobre el ratio de pobreza, especialmente en las provincias donde se produce la extracción de

¹³ Las variables insertadas al modelo siguen lo propuesto por Álvarez et al (2021).

dicho mineral, lo cual supondría que es donde se recibiría las regalías del canon y las autoridades provinciales aprovecharían dichos ingresos para reducir desarrollar proyectos que beneficien en el bienestar de la población.

La tabla 5 muestra los resultados del modelo de diferencias en diferencias, donde se observa evidencia consistente y robusta que incrementos en el precio del Cobre está asociado con reducción de tasa de pobreza. En todas las regresiones el signo del efecto de la interacción del precio del cobre y la variable que identifica en qué provincia se efectúa la extracción del cobre es negativo y estadísticamente significativo.

Tabla 5.

Impacto sobre Ratio de Pobreza

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
$LogP_t$	-.079*** (.028)	-.058** (.023)	-.061*** (.021)	-.061*** (.021)	-.086** (.010)	.003 (.029)	-.090** (.039)
Provincia productora de Cobre	.348** .156	.249* .129	.275** (.115)	.274** (.115)	.229** (.116)	-.058 (.161)	.478** (.226)
Periodo de boom de precio del Cobre	-.274*** (.007)	-.197*** (.007)	-.196 (.006)	-.197*** (.006)	-.086*** (.010)	--	--
Escolaridad	--	.021*** (.001)	.019 (.001)	.019*** (.001)	.016*** (.001)	.016*** (.001)	.017*** (.001)
Zona Geográfica	--	--	.207 (.005)	.206*** (.005)	.206*** (.005)	.239*** (.009)	.191*** (.006)
Población	--	--	--	-.001** (.000)	-.001** (.000)	-.001** (.000)	-.001** (.000)
PBI departamental	--	--	--	--	-.001*** (.000)	-.001*** (.000)	-.001*** (.000)
Constante	.637*** (.006)	.374*** (.010)	.062*** (.012)	.068*** (.012)	.179*** (.014)	.159*** (.024)	21.07*** (2.01)
Observaciones	5,676	5,676	5,676	5,676	5,676	1,907	3,769
Muestra	1997 - 2019	1997 - 2019	1997 - 2019	1997 - 2019	1997 - 2019	1997 - 2004	2004 - 2019
Efecto Fijo por Año	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Efecto Fijo por provincia	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
R ²	.2428	.3615	.4984	.5990	.5173	.4503	.3834

Nota. *** nivel de significancia al 99%, ** nivel de significancia al 95%, * nivel de significancia al 90%

Ello, demostraría que cambios en los precios del Cobre generaría cambios en la tasa de pobreza, especialmente en las provincias donde se desarrolla este tipo de actividades extractivas. Un aumento de un 1% del precio del cobre generaría a lo largo del tiempo, en promedio, disminuciones de 0.061 puntos porcentuales de las tasas de pobreza en provincias donde se extrae cobre, en comparación con las provincias donde no se extrae cobre. Lo que mostraría que en un largo plazo el precio del cobre impactaría también impactaría sobre la tasa de pobreza, especialmente en sectores donde se produce cobre.

En relación con las variables de control, la escolaridad y la zona geográfica resultan ser consistentes con lo esperado. El ratio de pobreza en provincias aumenta donde el porcentaje de escolaridad es menor, es decir, ante un aumento de un punto porcentual de la tasa de analfabetismo en dicha provincia, el ratio de pobreza aumenta 0.016 puntos porcentuales. Asimismo, el ratio de pobreza es mayor en provincias donde su área geográfica mayormente es rural en comparación con provincias donde su área geográfica es urbana. En promedio en las zonas rurales la tasa de pobreza es 0.206 puntos porcentuales mayor que la tasa de pobrezas de las zonas urbanas.

Por otro lado, las variables PBI per cápita por departamento y la densidad poblacional provincial son estadísticamente significativas, pero los impactos sobre las tasas de pobreza son muy bajos. El PBI per cápita no reflejaría un impacto inmediato sobre variables sociales dado que los mecanismos de transmisión durarían mucho más tiempo para verse reflejado en variables sociales.

Posteriormente, como un análisis de robustez se dividió la muestra en dos, siendo el punto de quiebre el inicio del super ciclo de precios de *commodity*¹⁴. El periodo de análisis 2004 – 2019, periodo donde se evidencio gran especulación de los *commodity*, lo que llevo a nuevos aumentos significativos del precio del Cobre, un aumento del 1% del precio del cobre generaría a lo largo del tiempo, en promedio, disminuciones de 0.09 puntos porcentuales de las tasas de pobreza en distritos donde se extrae cobre, en comparación con las provincias donde no se extrae cobre. El periodo de análisis pre super ciclo de precios de *commodity* (1997 – 2004) no se obtuvieron resultados estadísticamente significativos.

¹⁴ Se tomó como referencia para el inicio del boom de precios de *commodity*.

6. Conclusiones

Diversos países en desarrollo y particularmente países de Latinoamérica se han beneficiado del boom de los precios de commodities, tal y como lo precisan Fernández et al (2020), Al-Sadiq & Ötoker (2021), Gondo & Pérez (2018) y Tchakounté & Cédric (2017). Para tal efecto la literatura tradicional ha explorado la creación de índices que reflejan un conjunto importante de commodities. Asimismo, una parte de la literatura centro su interés en shocks de minerales específicos, primordialmente en países donde su matriz productora se basa en exportaciones de esos minerales.

El presente trabajo tuvo el objetivo de determinar cuáles son los efectos de un shock de precios del cobre sobre las principales variables económicas e indicadores sociales del Perú, dado que el Perú, es un país donde la exportación del cobre tiene una gran participación en el PBI nacional. Para medir los efectos sobre las principales variables macroeconómicas se utilizó el modelo TVP-VAR-SV, y para medir los efectos sobre variables socioeconómicas se usó el modelo DIF and DIF.

Los resultados señalaron que un shock del precio del cobre tiene impactos positivos sobre el crecimiento del PBI y negativos sobre el tipo de cambio. Donde ante un incremento del 1% del precio del cobre, en promedio el crecimiento del PBI aumenta en 0.17%, aunque no es estadísticamente significativo, y del tipo de cambio disminuye en 1.49%, al primer trimestre de realizado el shock. Mientras que, los efectos sobre la inflación y la tasa de interés no son estadísticamente significativos.

Este análisis pudo desagregarse, especificando que las repuestas en periodos de alta volatilidad del cobre, 2008q4 y 2009q4, años donde se inicia la crisis financiera internacional, y el cobre por ser considerado un activo de refugio el precio aumento sustancialmente, y en contraparte, periodo con volatilidades más bajas, como el periodo 2016q2, año donde la desaceleración de la económica China y el término del super ciclo de los precios de los *commodities* removió los mercados de metales, fueron heterogéneas. En periodos de alta volatilidad las respuestas se amplifican en comparación con respuesta en periodo de menor volatilidad.

Asimismo, se evidenció la importancia que tuvo un shock del precio del cobre sobre la variabilidad de las variables macroeconómicas estudiadas, el cual el 42.09% de la variabilidad del PBI, evidenciando la gran importancia de este *commodity* para la economía

peruana, especialmente al sector minero; y, el 54.4% de la variabilidad del Tipo de cambio, reflejando la vulnerabilidad de la economía peruana ante las exportaciones del sector minero.

Por el lado de los indicadores sociales, un aumento de un 1% del precio del cobre generaría a lo largo del tiempo, en promedio, disminuciones de 0.061 puntos porcentuales de las tasas de pobreza en distritos donde se extrae cobre, en comparación con las provincias donde no se extrae cobre. Lo que mostraría que en un largo plazo el precio del cobre no solo generaría un aumento del PBI sino también impactaría sobre la tasa de pobreza, especialmente en sectores donde se produce cobre.

En conclusión, nuestros resultados siguen la línea de lo esperado, demostrando que el Cobre es un *commodity* muy importante dentro de la estructura económica del Perú. Teniendo siempre en cuenta que la volatilidad de este tiene que ser cuidadosamente supervisado por los hacedores de política. Sin embargo, el análisis podría ser más detallado a nivel distrito con las diferentes características de ellos, por lo cual queda como agenda pendiente la evaluación de cómo podría afectar este *commodity* en los diferentes drivers económicos a nivel distritos, asimismo, evaluar cómo afecta a diferentes sectores y mercados de la economía peruana, o como responden diversas variables macroeconómicas a la heterogeneidad de la fuente del shock de precios del cobre.

Referencias Bibliográficas

- Álvarez, R., Garcia, A., & Ilabaca, S. (2021) Commodity Prices Shocks and Poverty Reduction in Chile. *Resources Policy*, 70. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.04.004>
- Al-Sadiq, A., & Ötoker, I. (2021) Commodity Shocks and Exchange Rate Regimes: Implications for the Caribbean Commodity Exporters. *International Monetary Fund*, 2021(104), p. 53. <https://doi.org/10.5089/9781513582597.001>
- Bai, J. & Perron, P. (2003) Computation and Analysis of Multiple Structural Change Models, *Journal of Applied Econometrics*, 18(1)), 1 – 22. <https://doi.org/10.1002/jae.659>
- Calero, R., & Salcedo, R. (2021) Evolución del traspaso del tipo de cambio a precios en Perú: Una aplicación empírica usando modelos TVP-VAR-SV [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]
- Cornejo, G., Florian, D., & Ledesma, A. (2022) La dinámica de la inflación doméstica ante cambios en cotizaciones internacionales de commodities, expectativas de inflación y tipo de cambio. Working Paper series N° 2022-007 Banco Central de Reserva del Perú. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Documentos-de-Trabajo/2022/documento-de-trabajo-007-2022.pdf>
- Chan, J. C. C., and Eisenstat, E. (2018). Bayesian model comparison for time-varying parameter VARs with stochastic volatility. *Journal of Applied Econometrics* 33(4), 509-532. <https://doi.org/10.1002/jae.2617>
- De Echave, J. (2020) Estudio de caso sobre la gobernanza del cobre en el Perú. Serie Recursos Naturales y Desarrollo, N° 196 (LC/TS.2020/54), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45686-estudio-caso-la-gobernanza-cobre-peru>
- De la Cuba, M., & Ferreyra, J. (2020) Evolución del precio del Cobre durante el episodio del covid-19: un análisis comparativo. *Moneda*, 183, 3 – 37. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Revista-Moneda/moneda-183/moneda-183-06.pdf>
- Fernández, A., Schmitt-Grohé, S., & Uribe, M. (2020) Does the commodity super cycle matter? National Bureau of Economic Research. Working Papers Series N° 27589. <http://www.nber.org/papers/w27589>
- Gelos, G., & Ustygova, Y. (2012) Inflation Responses to Commodity Price Shocks – How and Why Do Countries Differ? IMF Working Paper 12/225. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2012/wp12225.pdf>
- Gondo, R., & Perez, F. (2018) The Transmission of Exogenous Commodity and Oil Prices shocks to Latin America: A Panel VAR approach. Working Paper series N° 2018-012 Banco Central de Reserva del Perú.

<https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Documentos-de-Trabajo/2018/documento-de-trabajo-012-2018.pdf>

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014) Metodología De La Investigación (6ta Edición). McGraw-Hill.

Marivil, G. (2017) Súper ciclo de commodities y su impacto en el mercado laboral de las comunas en Chile [Tesis de Maestría, Universidad de Chile]. Repositorio institucional de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/149703>

Medina, L. (2010) The Dynamic Effects of Commodity Prices on Fiscal Performance in Latin America. IMF Working Paper. <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2016/12/31/The-Dynamic-Effects-of-Commodity-Prices-on-Fiscal-Performance-in-Latin-America-24159>

Ministerio de Energía y Minas (2022) Anuario Minero 2022. <https://www.gob.pe/institucion/minem/colecciones/2400-anuario-minero>

Naranpanawa, A., & Bandara, J. (2012) Poverty and Growth Impacts of High Oil Prices: Evidence from Sri Lanka. Energy Policy, 45, 102-111. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.01.065>

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería [Osinerming] (2009) Efectos de un shock en el precio del cobre sobre las variables macroeconómicas del Perú. Documento de trabajo N° 47.

Pedersen, M (2019) The Impact of Commodity Price Shocks in a Major Producing Economy. Empirical Economics, 57(4), 1291–1318. <https://doi.org/10.1007/s00181-018-1485-9>

Perry, G., & Olivera, M. (2009) El impacto del petróleo y la minería en el desarrollo regional y local en Colombia. CAF Working Paper N° 2009/06 CAF-Banco de Desarrollo de América Latina. http://data.infraestructuravisible.org/documents/Papers/Perry_Olivera_2009.pdf

Primiceri, G. (2005) Time Varying Structural Vector Autoregressions and Monetary Policy. Review of Economic Studies, 72(3), 821–852. <https://doi.org/10.1111/j.1467-937X.2005.00353.x>

Rodríguez, A, et al (2019) Efectos de un shock en el precio del cobre sobre las variables macroeconómicas del Perú. Documento de Trabajo N° 47 Gerencia de Políticas y Análisis Económico – OSINERGMIN. <https://www.gob.pe/institucion/osinergmin/informes-publicaciones/1293181-documento-de-trabajo-47-efectos-de-un-shock-en-el-precio-del-cobre-sobre-las-variables-macroeconomicas-del-peru>

Silva, C. (2019). Efecto multiplicador de la inversión total minera en el Perú [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional de

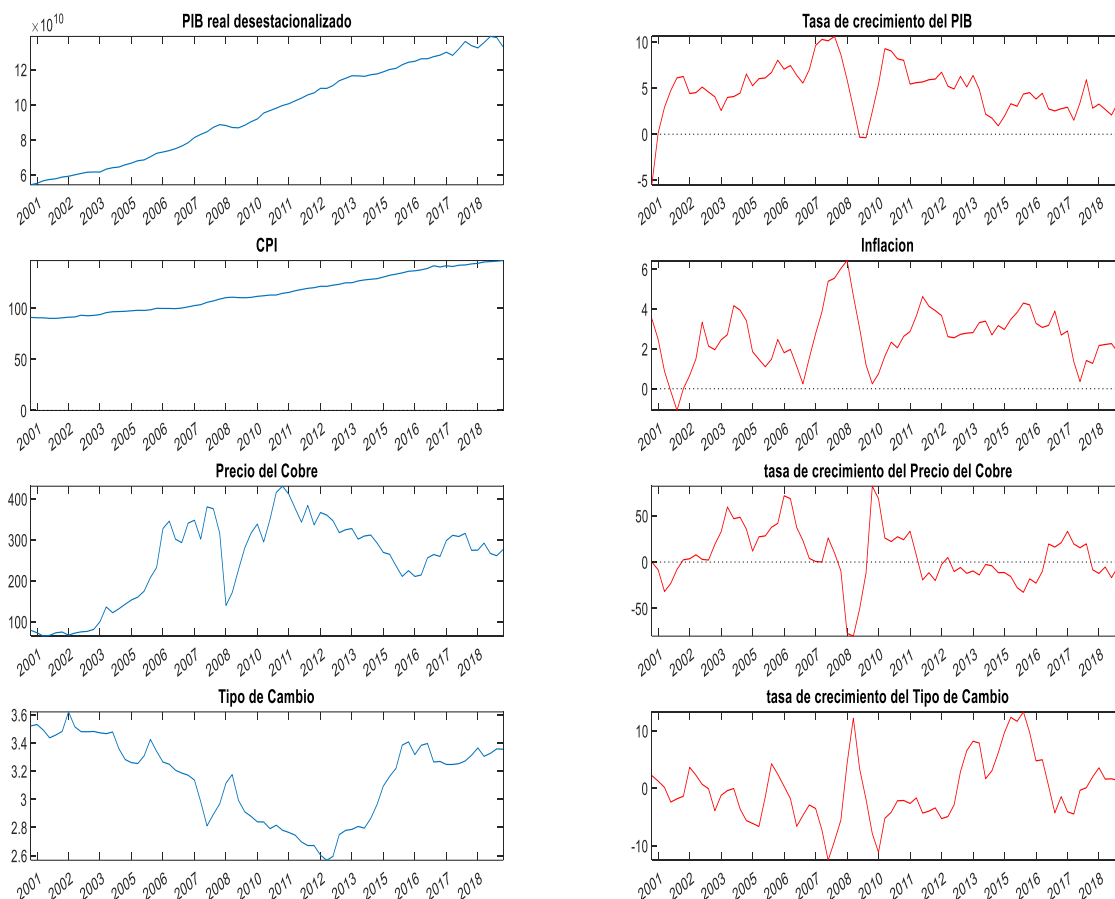
- Tchakounté, M., & Cédric, S. (2017) International commodity price shocks and business cycles in Cameroon. In *Revue d'économie du développement*, 25(2), p. 63 – 94. https://www.cairn-int.info/article-E_EDD_312_0063--international-commodity-price-shocks.htm
- Urbina, D. (2022) Natural resources, corruption, human development, economic growth, prices of minerals and fiscal fluctuations [Tesis doctoral, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional de la Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/20973>
- Urbina, D., & Rodríguez, G. (2023) Evolution of the effects of mineral commodity prices on fiscal fluctuations: empirical evidence from TVP-VAR-SV models for Perú. *Review of World Economics*, 159(1), 153 – 184. <https://doi.org/10.1007/s10290-022-00460-7>

Anexos

Anexo1. Gráficos de las series macroeconómicas

Figura 13.

Variables en niveles vs. Tasa de crecimiento de las variables



Nota. La tasa de crecimiento de las variables se variación porcentual anual, comparando el trimestre actual con cuatro trimestres anteriores, es decir: $x_i = \log\left(\frac{x_{i,t}}{x_{i,t-4}}\right) * 100$

Anexo 2. Gibbs Sampler Algorithm

La estimación por el método Bayesiano usa la muestra de precisión de Chan & Jeliaskov (2009).

(1) Se obtiene los draws de:

$$(\theta|y, h, \Sigma_\theta, \Sigma_h, \theta_0, h_0) \sim N(\hat{\theta}, K_\theta^{-1})$$

donde $\hat{\theta} = K_\theta^{-1}(X'\Sigma^{-1}y + H'_\theta S_\theta^{-1}H_\theta \alpha_\theta)$

$$K_\theta = X'\Sigma^{-1}X + H'_\theta S_\theta^{-1}H_\theta.$$

(2) Usando la distribución condicional de los elementos de la matriz diagonal Σ_θ , se obtiene los draws de:

$$(\sigma_{\theta i}^2|y, \theta, h, \theta_0, h_0) \sim IG(v_{\theta i} + \frac{T}{2}, S_{\theta i} + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^T(\theta_{it} - \theta_{i,t-1})^2)$$

(3) Usando la distribución inicial de los elementos de la matriz diagonal Σ_h , se obtiene el draws de:

$$(\sigma_{h j}^2|y, \theta, h, \theta_0, h_0) \sim IG(v_{h j} + \frac{T}{2}, S_{h j} + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^T(h_{it} - h_{i,t-1})^2)$$

(4) Obtiene el draws de:

$$(\theta_0|y, h, \Sigma_\theta, \Sigma_h) \sim N(\hat{\theta}_0, K_{\theta_0}^{-1})$$

donde $\hat{\theta}_0 = K_{\theta_0}^{-1}(\Sigma_\theta^{-1}\theta_1 + V_\theta^{-1}a_\theta)$

$$K_{\theta_0} = \Sigma_\theta^{-1} + V_\theta^{-1}.$$

(5) Obtiene el draws de:

$$(h_0|y, h, \Sigma_\theta, \Sigma_h) \sim N(\hat{h}_0, K_{h_0}^{-1})$$

Donde $\hat{h}_0 = K_{h_0}^{-1}(\Sigma_h^{-1}h_1 + V_h^{-1}a_h)$

$$K_{h_0} = \Sigma_h^{-1} + V_h^{-1}.$$

(6) Se repite desde paso 1 al 5, "N" veces.

Anexo 3. Estimación de las Priors

Las condiciones iniciales de las priors siguen una distribución tal que:

$$\theta_0 \sim N(a_\theta, V_\theta)$$

$$h_0 \sim N(a_h, V_h)$$

Asimismo, se asume que la matriz de varianzas de los errores de las ecuaciones estado Σ_θ y Σ_h son matrices diagonales y cada elemento de la diagonal son independientemente distribuidas como:

$$\sigma_{\theta_i}^2 \sim IG(v_{\theta_i}, S_{\theta_i})$$

$$\text{con } i = 1, \dots, k_\theta$$

$$\sigma_{h_j}^2 \sim IG(v_{h_j}, S_{h_j})$$

$$\text{con } j = 1, \dots, k_h$$

Esto sigue la línea de lo propuesto por Chan & Eisenstat (2018), donde los hyperparámetros son:

$$a_\theta = 0$$

$$V_h = 10 * I_n$$

Asumiendo que:

la media del prior $\sigma_{h_i}^2$ es 0.1^2

la media del prior $\sigma_{\theta_i}^2$ es 0.01^2 para los coeficientes del VAR y

0.1^2 para los interceptos.

Además, los grados de libertad son un set de valores pequeños, por lo que

$$V_{\theta_i} = V_{h_j} = 5$$

Anexo 4. Prueba de Raíz Unitaria

Tabla 6.

Prueba de Raíz Unitaria

Variable	Augmented Dickey-Fuller test
Cobre	0.0035
PBI	0.0012 ^(*)
TC	0.0047
R	0.0151
π	0.0068 ^(*)

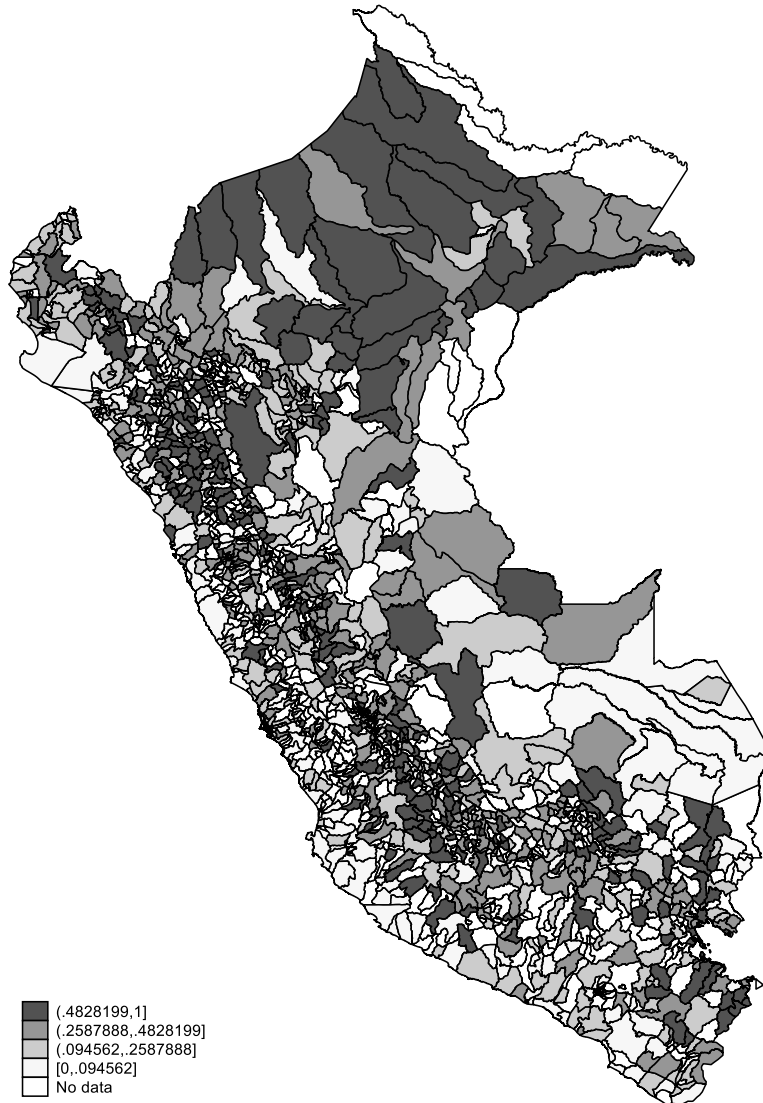
Nota. Los valores son estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%.

^(*) Se les extrajo la tendencia para poder lograr que las variables sean estacionarias.

Anexo 5. Mapa de Pobreza

Figura 14.

Mapa de Pobreza a nivel distrital 2019



Nota. El nivel de pobreza se calculó en base al promedio de la tasa de pobreza por hogar en cada distrito.
Fuente: INEI

Anexo 6. Estabilidad de parámetros del TVP-VAR-SV

Para justificar el uso del modelo TVP-VAR-SV, se analizó los parámetros de las variables rezagas, los cuales reflejarían los cambios abruptos y progresivos que sufrió la economía peruana durante el periodo de análisis. El modelo obtuvo 100 series de parámetros asociados, para lo cual se estudió específicamente los parámetros asociados a impactos de los rezagos del cobre sobre las demás variables, de las cuales se encontraron quiebres estructurales en cinco de ellas.

Tabla 7.

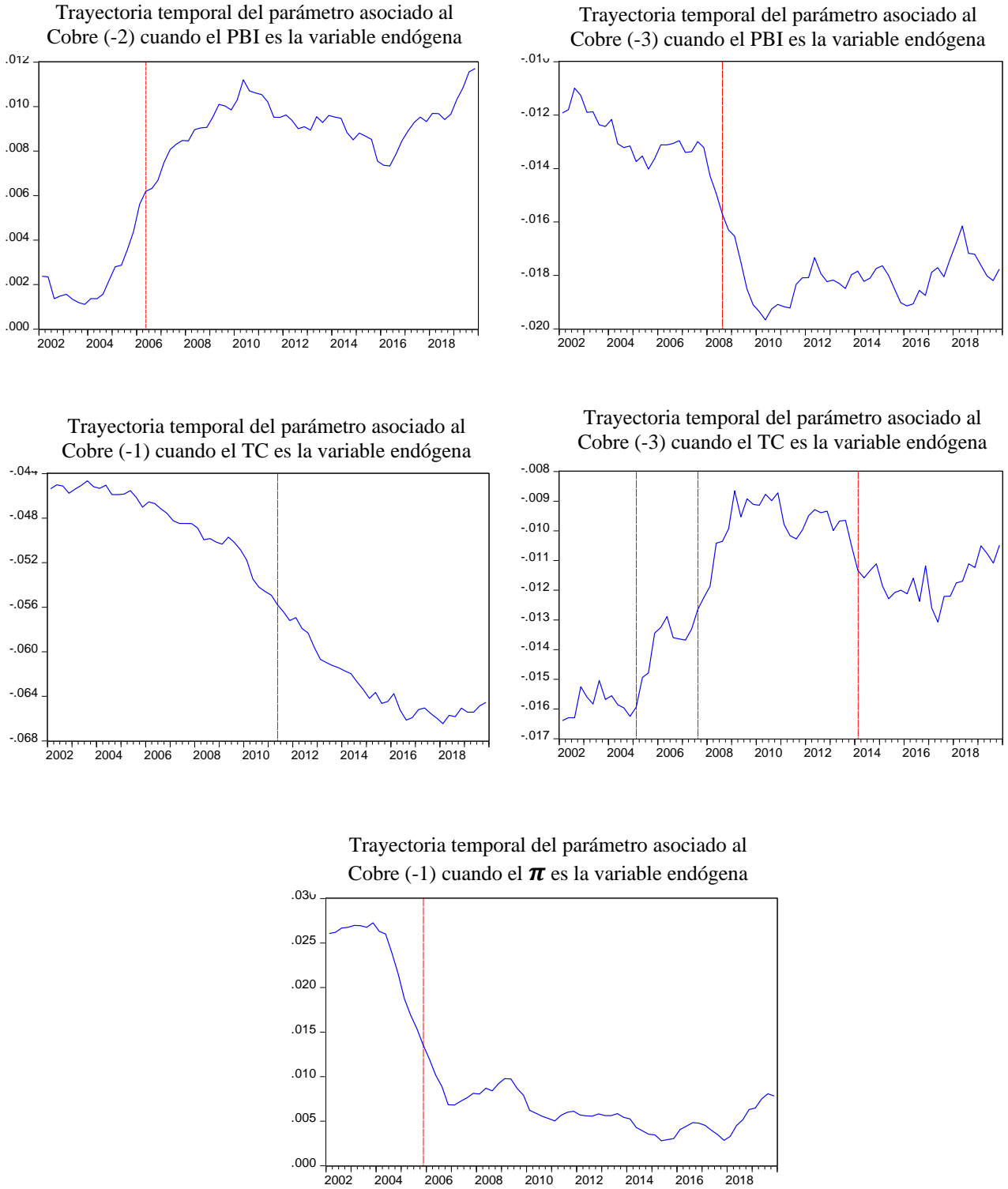
Test de estabilidad de parámetros

Variable	Parámetro asociado	Puntos de Quiebre estructural
PBI	Cobre (-2)	[2006Q2]
	Cobre (-3)	[2008Q3I]
Tipo de cambio	Cobre (-1)	[2011Q2]
	Cobre (-3)	[2005Q1, 2007Q3, 2014Q1]
π	Cobre (-1)	[2005Q4]

Nota. Se analizó la estabilidad de parámetros asociados a los rezagos de las variables, específicamente de la variable cobre sobre las otras variables del modelo (20 series) mediante el Multiple Breakpoint Testing de Bai & Perron (2003).

Figura 15.

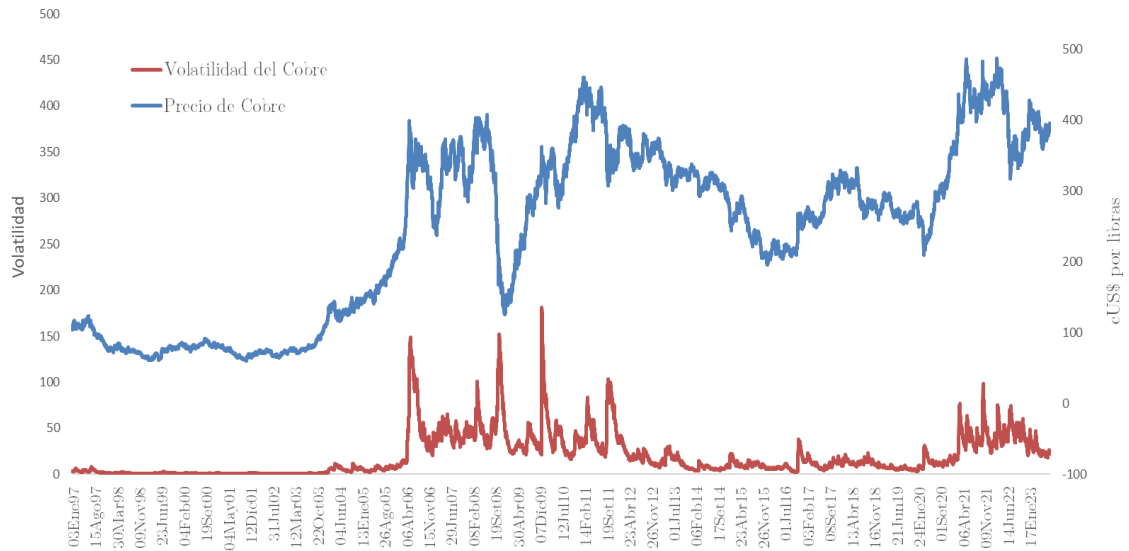
Puntos de quiebre estructural de las series de los parámetros asociados a los rezagos de las variables del modelo TVP-VAR-SV



Anexo 7. Volatilidad del precio del Cobre.

Figura 16

Precio y Volatilidad del Cobre



Nota. Datos obtenidos del BCRP (<https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/diarias/cotizaciones-internacionales>). Precio del cobre en dólares estadounidense por libra. La volatilidad del precio del cobre obtenida mediante un modelo GARCH(1,1)