

# Implementation of a VAR Bayesian Model for Predicting Commodities Price and GNP Growing Rate

Cisneros Rojas Alex  
Guzman Esteban Leslie  
Prado Barzola Rafael

Asignatura: Series de tiempo

Escuela Profesional de Ingeniería Económica  
Facultad de Ingeniería Económica, Estadística y Ciencias Sociales  
Universidad Nacional de Ingeniería

---

## Resumen

*En el presente trabajo se evalúa el efecto de los precios de los llamados “commodities metálicos”<sup>1</sup> sobre el producto peruano, que según la literatura precedente fue la variable determinante del alto periodo de crecimiento económico que se vivió de 2004 a 2010; de igual manera, se busca determinar la eficacia de la política monetaria a las variaciones de variables internacionales que afectan de alguna manera a la economía nacional, con este fin se emplean modelos de Vectores Auto Regresivos Bayesianos (BVAR) y se contrastan con modelos de Vectores Auto Regresivos frecuentistas (VAR). Los resultados muestran que en general los modelos BVAR permiten predecir con un menor error la inflación, en comparación con los modelos VAR frecuentistas. Además se concluye que el impacto de la variación de los precios de los commodities metálicos sobre la tasa de crecimiento del PBI es mayor que el impacto de la tasa de referencia.*

**Palabras Claves:** BVAR, Precio de los *commodities*, Política monetaria, Tasa de crecimiento del PBI.

## Abstract

*In this paper the effect of prices of so-called “commodities” on the Peruvian product, which according to the previous literature was the determining variable high period of economic growth that took place from 2004 to 2010, is evaluated; likewise, it seeks to determine the effectiveness of monetary policy to changes in international variables that affect somehow to the national economy, with this aim models of Bayesian Vector Autoregressions (BVAR) are used and contrasted with frequentist models of Vector Autoregressions (VAR). The results show that in general the BVAR models predict the inflation with a minor error, compared with frequentist VAR models.*

**Keywords:** BVAR, commodity prices, monetary policy, GDP growth rate.

---

<sup>1</sup>Según Svampa (2013), se define a los *commodities* como productos de fabricación, disponibilidad y demanda mundial, que tienen un rango de precios internacional y no requieren tecnología avanzada para su fabricación y procesamiento, mientras que la palabra metálicos, define su origen, siendo ejemplos de estos productos el cobre, la plata, el oro, y otros minerales metálicos de alta demanda.

---

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, los bancos centrales vienen enfrentando el problema de una precisa identificación del impacto de los movimientos de diversas variables macroeconómicas en las economías. En particular, el estudio de la política monetaria ha seguido dos claros enfoques; el análisis de las reglas de política monetaria o la función de respuesta del banco central ante la ocurrencia de choques macroeconómicos y la determinación de los canales por los cuales transitan los efectos de tal respuesta sobre el entorno macroeconómico. Es así que se ha desarrollado y hecho uso de una gran variedad de modelos económicos y estadísticos.

Desde los trabajos pioneros de Sims (1980), Blanchard y Watson (1984), Johansen (1988) y posteriormente los estudios empíricos de Bernanke y Blinder (1992), Sims (1992), Bernanke y Mihov (1998), entre otros, los modelos de vectores autorregresivos (VAR) han sido ampliamente utilizados para evaluar la causalidad, sensibilidad y respuesta de cambios en la política monetaria sobre variables macroeconómicas. Ello porque los modelos VAR permiten explorar las relaciones entre variables económicas a través del tiempo con pocos supuestos acerca de la estructura y causalidad subyacente de las variables en el modelo<sup>2</sup>.

Sin embargo, una metodología econométrica que mejora los tradicionales modelos VAR mediante la incorporación de información fuera de la muestra, propuesta por Litterman (1985), desarrolla los modelos VAR Bayesianos (o BVAR). En la estimación de un BVAR, producto del uso de inferencia bayesiana (de ahí el nombre), se imponen producto de información previa una serie de restricciones de naturaleza probabilística sobre los parámetros (priors) para mejorar la estimación y con esto poder obtener proyecciones fiables. Estas restricciones provienen de la experiencia en el modelaje econométrico o de la investigación de la teoría económica.

Para la economía peruana los estudios de Quispe (2006), Castillo, Pérez y Tuesta (2011), Wilkelried (2011), Lahura (2012), entre otros, han utilizado la técnica de VAR; mientras que estudios de Llosa, Tuesta y Vega (2005), Salas (2011), Carrera y Ledesma (2014), entre otros han hecho uso de los modelos BVAR, en ambos casos para el análisis de los efectos y transmisión de la política monetaria, proyección de la inflación, entre otros análisis de la interrelación de variables macroeconómicas. El trabajo se organiza como sigue. En la sección dos se presenta el problema, motivo de la presente investigación, en la tercera sección se com-

plementa la sección anterior, mediante la especificación de los objetivos que se pretenden abordar. Por su parte, en la cuarta sección se da a conocer el marco teórico empleado; los resultados; por último, en las secciones cinco y seis se presentan los resultados y conclusiones, respectivamente.

## PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

El periodo 2008-2012 fue una etapa importante en la historia económica del Perú, y en general, en toda la región de Latinoamérica; reflejándose en las tasas de crecimiento alcanzadas. Mientras que en el periodo 1970-2004, la tasa de crecimiento promedio anual de la región fue de 1,01 % (Edwards, 2007), para la década de 2004-2013, la tasa fue de 4 % (CEPAL, 2014), evidenciando un incremento de casi un 400 %. Para el caso peruano, durante la década de 1995-2004, se tuvo una tasa promedio de 3,57 %, mientras que para la década de 2004-2013 la tasa fue 6,406 %<sup>3</sup>.

El factor primordial para este crecimiento fue el denominado “Boom de los commodities” (Diego Grijalva, 2014), que fue un crecimiento sostenido en los precios de los productos primario-exportadores, principalmente minerales metálicos<sup>4</sup>. Sin embargo, este no es el único factor que permitió tal despliegue de la economía, el aumento de la actividad comercial en el Perú, el acceso con bajas tasas de interés al financiamiento externo, bajas tasas de inflación y de forma general, una política macroeconómica prudente (Edwards, 2007) permitieron que este crecimiento de los precios sea aprovechado.

Los efectos económicos y sociales de este denominado “boom” en Latinoamérica, al igual que en el Perú, fueron sumamente positivos, permitiendo reducir la brecha de desigualdad (el coeficiente de Gini pasó de 0,52 en el 2001 a 0,46 en el 2010), reducir la pobreza (de 54,8 % en el 2001 a 31,3 % el 2010) y la pobreza extrema (de 24,4 % en el 2001 a 9,8 % en el 2010) y en general, elevar el poder adquisitivo de la población e incrementar su calidad de vida, (el PBI per cápita se incrementó de 340,9\$ en el 2001 a 491,4\$ en el 2010)<sup>5</sup>. En el caso de las variables macroeconómicas, además de la tasa de crecimiento, el Perú presentó un incremento en sus RIN netas de 8613 en el 2001 a 44105 (mill. US\$) en el 2010<sup>6</sup>; todos estos indicadores sociales y económicos evidencian un periodo de bonanza para la sociedad peruana.

Pero este crecimiento sostenido de los precios no fue

---

<sup>2</sup>Expuesto en Adelaido García, Andrés. “Choques de política monetaria en México: Aplicación de un modelo SVAR con restricciones de Corto Plazo (1995-2012)”. (Noviembre - 2014)

<sup>3</sup>Las tasas de crecimiento para el Perú han sido extraídas de las series económicas del Banco Central de Reserva del Perú (BCRP).

<sup>4</sup>también conocido en la literatura económica en inglés como “2000s commodities boom” o “21st Century First Commodity Boom”

<sup>5</sup>Todos los datos sociales fueron extraídos de “Perú: Perfil de la Pobreza por departamentos, 2001-2010, INEI”

<sup>6</sup>Dato extraído del BCRP.

permanente; después de la crisis financiera del 2008 en los Estados Unidos y el contagio de esta crisis por todas las demás economías se dio una secuencia de hechos funestos para la demanda global de estos bienes; la desaceleración de la economía China a partir del 2012, seguido de la persistencia en la recesión en la Unión Europea y una leve recuperación de los EE.UU impidieron que se lograra reponer la demanda de los *commodities*, evidenciando que la tendencia a la baja en los precios no se revertiría.

Esta caída de los precios de los *commodities* fue visible en la economía peruana, ya que la tasa de crecimiento del PBI pasó de 9,8% en el 2008 a 0,9% en el 2009; si bien las medidas económicas empleadas para reactivar la economía, junto al crecimiento de China, permitieron mejorar las tasas de crecimiento (8,5% en el 2011 y 6,5% en el 2012), la tendencia actual ha sido a la baja y la efectividad para revertir este hecho por parte de los “paquetes reactivadores” ha sido cuestionable. Las proyecciones de la tasa de crecimiento para este año han estado a la baja<sup>7</sup>. Respecto a la caída de los precios, en las Figuras 10, 11, 12 y 13 se muestran las gráficas de la evolución de los principales *commodities* del país (Plata, Oro, Cobre y Zinc); si bien no existe una tendencia definida en los precios del 2008 al 2010, a partir del 2011 se evidencia una notable tendencia a la baja del precio de estos productos, coincidencia con la caída en acelerada de las tasas de crecimiento del producto.

Existe una gran incertidumbre respecto al comportamiento de los precios en el futuro, debido a la desaceleración de la economía china (principal demandante de estos productos) y la lenta recuperación de la zona Euro y la economía Japonesa, se tendría una demanda global en retroceso. La estimación cuantitativa de los precios ya ha sido realizada por instituciones como el Banco Mundial, que proyectó el precio tanto de productos energéticos como no energéticos, sus estimaciones muestran que el precio de los *commodities* tendrá un repunte para el año 2017, aunque este incremento solo es de 2 puntos en el índice de precios para el caso de los *commodities* no metálicos. Autores tales como Gruss (2014) concluyen, a través de estimaciones, que el precio solo presentará un alza desde el 2019, siendo nuevamente marginal el alza (solo 5%).

Dada esta previsión del escenario futuro, la economía peruana está a la expectativa del movimiento de estos precios. Los intentos infructuosos de la política monetaria para revertir esta tendencia son señales claras para un cuestionamiento de su efectividad. Por ello, debemos preguntarnos ¿cuál es el verdadero impacto de la política económica en una economía pequeña y dolarizada como la nuestra?

Además dado que el precio de los *commodities* es, a la luz del análisis que se ha realizado, una variable determinante del crecimiento del país, es necesario formularse ¿cuál es el grado del impacto del precio de los *commodities* en la economía peruana, y principalmente en la tasa de crecimiento de PBI, para el periodo 2004-2015?

Finalmente dado que el crecimiento registrado durante el boom se debió tanto al crecimiento del precio de los *commodities* y las reglas de política monetaria, entonces es necesario preguntarse ¿cuál y cuánto es el grado de relación existente entre la política económica, el precio de los *commodities* y el crecimiento del PBI en la economía peruana durante el periodo 2004-2015?

## OBJETIVOS

### Principal :

- Determinar y medir la relación existente entre el crecimiento del PBI, el precio de los *commodities* y las variables de política monetaria en el Perú durante el periodo 2004 a 2015.

### Específicos :

- Determinar la eficacia de la política monetaria a las variaciones en las variables internacionales que afectan a la economía nacional.
- Determinar el efecto del precio de los *commodities* en la tasa de crecimiento del PBI.

## HIPÓTESIS

### Principal :

- Existe una relación significativa entre el crecimiento del PBI, el precio de los *commodities* y las variables de política monetaria en el Perú durante el periodo 2004 a 2015.

### Específicas :

- La política monetaria tiene una eficacia moderada ante las variaciones en las variables internacionales que afectan a la economía nacional.
- El precio de los *commodities* tiene un efecto cuantioso en la tasa de crecimiento del PBI.

<sup>7</sup>El FMI (Fondo Monetario Internacional), el Banco Mundial y el propio BCRP han realizado cambios a la baja en la proyección de la tasa de crecimiento del PBI peruano del año 2016, hecho que también sucedió para las proyecciones del 2015.

## MARCO TEÓRICO

### MARCO TEÓRICO-ECONÓMICO:

#### Modelo Mundell-Fleming:

Supuestos:

- **Economía pequeña y abierta:**  
Se entiende por una economía abierta, aquella que se encuentra aperturada al comercio internacional y que no presenta mayores restricciones a las transacciones de bienes y servicios con el exterior; a su vez, se dice que una economía es pequeña cuando las condiciones externas, como los precios de las exportaciones y de las importaciones, además de sus agregados económicos (PBI, RIN, etc.), no tienen efecto alguno sobre el producto internacional, el precio internacional, la tasa de interés internacional y demás variables económicas externas.
- **Perfecta Movilidad de Capitales:**  
Se entiende por movilidad de capitales la entrada y salida de divisas y activos financieros en un determinado país, de forma más específica, también se puede definir como toda transacción consignada en la cuenta de capitales de la balanza de pagos. Los gobiernos de diversos países pueden aplicar el denominado control de capitales, que es la aplicación de impuestos o restricción a este flujo financiero, esto puede ocurrir cuando las intenciones de un gobierno son las de dirigir las asignaciones de créditos a determinados sectores productivos, que se consideran beneficiosos, o cuando se quiere limitar la entrada de capitales volátiles. Con respecto a la movilidad de capitales, se puede considerar que una economía con pocas restricciones a la entrada y salida de capitales, se acerca a una economía con perfecta movilidad de capitales, todo lo anterior, con el fin de que los ajustes en el tipo de cambio sean inmediatos.
- **Precios Rígidos al Corto Plazo**  
El modelo Mundell-Fleming es un modelo de corto plazo donde se suponen rigideces de precios; es decir, se espera que los precios locales y extranjeros permanezcan constantes o que las variaciones que presentan sean irrelevantes; por lo que, tanto la inflación esperada nacional, como la extranjera se igualan a cero.
- **El tipo de cambio real y el tipo de cambio nominal tienen una relación directa.**  
El tipo de cambio nominal se define cuántas unidades de moneda nacional se pueden comprar con una unidad de moneda extranjera, es decir, el precio relativo entre monedas de dos países.

En cambio el tipo de cambio real se define como el poder adquisitivo de una moneda; es decir, cuántas unidades de producto nacional se pueden adquirir con una unidad de producto extranjero, también se define como el precio relativo de la cesta extranjera respecto a la cesta nacional. La ecuación que relaciona ambos tipos de cambio es la siguiente:

$$\epsilon = E \frac{P^*}{P} \quad (1)$$

Donde:

- $\epsilon$  = Tipo de Cambio Real.
- $E$  = Tipo de Cambio Nominal.
- $P^*$  = Nivel de Precios del País de la moneda extranjera.
- $P$  = Nivel de Precios Domestico.

Dado el anterior supuesto de rigideces de precios y diferenciando totalmente la ecuación (1) obtendremos:

$$d\epsilon = dE \cdot \frac{P^*}{P} + dP^* \cdot \frac{E}{P} - dP \cdot EP^* \frac{1}{P^2} \quad (2)$$

Dividiendo (2) entre  $\epsilon$ :

$$\frac{d\epsilon}{\epsilon} = \frac{dE}{E} + \frac{dP^*}{P^*} - \frac{dP}{P} \quad (3)$$

Aproximando la diferencia en (3) a variación finita obtendremos :

$$\Delta \% \epsilon = \Delta \% E + \Delta \% P^* - \Delta \% P \quad (4)$$

Dado el supuesto de rigideces de precios  $\Delta \% P^*$  y  $\Delta \% P$  en (4) son iguales a cero, por tanto:

$$\Delta \% \epsilon = \Delta \% E \quad (5)$$

Es por ello que, según el modelo, las variaciones en el tipo de cambio nominal y real son las mismas y siguen una misma trayectoria.

- **Paridad del Tipo de Interés:**  
La teoría de la paridad del tipo de interés (o también conocida como Paridad de la tasa de interés), sostiene que la tasa de interés nacional o doméstica y la tasa de interés internacional se encuentran vinculadas. Gracias al supuesto de perfecta movilidad de capitales, un inversor sería indiferente a invertir en bonos nacionales (con tasa  $i$ ) o bonos extranjeros (con tasa  $i^*$ ), siempre y cuando ambos instrumentos le concedan la misma rentabilidad después de la conversión con el tipo de cambio, para ello, se debe cumplir la siguiente condición de arbitraje :

$$(1 + i) = (1 + i^*)(1 + e^e) \quad (6)$$

Donde :

- $i$  = tasa de interés nacional.
- $i^*$  = tasa de interés internacional.

- $e^e$  = tasa de depreciación esperada, denominada también como paridad no cubierta de la tasa de interés.

- La tasa de interés nominal y real son iguales.

De la ecuación de Fisher:

$$(1 + i) = \frac{(1 + r)}{1 + \pi} \quad (7)$$

y tomando en cuenta el supuesto de rigideces de precios:

$$\pi = 0 \quad (8)$$

$$\Rightarrow i = r \quad (9)$$

Es por ello que la tasa de interés nominal y real se consideran iguales, tanto en la tasa local, como en la extranjera.

- Condición Marshall-Lerner

La condición Marshall-Lerner sostiene que una depreciación real tendrá como consecuencia una mejora en la balanza comercial, si y solo si, la suma de elasticidades-tipo de cambio de las importaciones y exportaciones es mayor a 1; es decir:

$$\varepsilon_{X;e} + \varepsilon_{M;e} > 1 \quad (10)$$

Donde:

- $\varepsilon_{X;e}$  = Elasticidad tipo de cambio de las exportaciones.
- $\varepsilon_{M;e}$  = Elasticidad tipo de cambio de las importaciones.

Intuitivamente se explica la condición Marshall-Lerner por una serie de eventos; primero, ante una depreciación real, el impacto predominante se da en los precios, mientras que las cantidades se ajustan lentamente. El precio de las importaciones aumenta pero los consumidores tardan en darse cuenta de esta situación, por lo que a medida que la reconocen, las cantidades de exportaciones e importaciones se ajustan lentamente. Por tanto, en un primer momento la poca reacción de los agentes haría que la subida de precios sea el efecto predominante, generando un empeoramiento de la balanza comercial. Luego, las cantidades se ajustarían revirtiendo el efecto para que se cumpla la ya mencionada condición. Estos diferentes efectos, el efecto inicial de precios y el posterior de las cantidades originan lo que se denomina "Curva J", la cual se muestra a continuación:

## **Análisis de la Factibilidad de los Supuestos del Modelo Mundell-Fleming sobre la economía peruana:**

- Economía pequeña y Abierta:

Según el FMI, para el año 2013, el Perú, con respecto al tamaño del PBI, se encontraba en la posición 49; mientras que el PBI representaba el 0,28 % del PBI Mundial, el 1,23 % del PBI de USA y el 2,25 % del PBI de China. Por lo que, dado su pequeño tamaño en relación con las potencias económicas, puede ser considerado como una economía pequeña.

Con respecto al supuesto de economía abierta; a continuación, se muestra el coeficiente de apertura comercial para el Perú durante el periodo 2000-2014.

Se observa que el flujo económico internacional, con respecto al PBI, es relevante para nuestra economía, siendo casi 50 % para el 2014, por lo que el supuesto de una economía abierta también es válido para el caso en análisis.

- Perfecta Movilidad de Capitales y Paridad de la Tasa de Interés.

Uno de los grandes problemas en la evaluación del modelo Mundell-Fleming en economías reales es la medición de la movilidad de capitales; uno de los criterios apropiados desarrollados para esta medición es el de Feldstein-Horioka (1980), conocido como la hipótesis ahorro-inversión, básicamente, se plantea una regresión econométrica entre la inversión y el ahorro; si el coeficiente del ahorro es cercano a cero, entonces se puede hablar de una alta movilidad de capitales; en caso contrario, si el coeficiente es cercano a uno, entonces estamos ante una baja movilidad de capitales. Otro criterio, el especificado en Haque y Montiel (1990), busca constatar que la movilidad de capitales de un país es cercana a la movilidad perfecta a través de la comprobación de la paridad de la tasa de interés.

Por criterios de simplicidad este es el criterio que se elegirá para determinar el grado de movilidad de capitales en el Perú. Existen trabajos anteriores que determinaron si se cumplía o no la paridad de la tasa de interés, Humala(2007) concluye que para el periodo 2000-2005 la paridad de la tasa de interés se cumple, aunque con una baja significancia del modelo; Duncan(2001) encuentra que existe un desvío negativo a la paridad de la tasa de interés; es decir, que en promedio los depósitos en dólares han sido más rentables que los depósitos en soles para la década de los noventa, debido principalmente, a la alta dolarización de la economía.

Dado esta literatura preliminar, podemos aceptar con cierto grado de validez, que se cumple la paridad de la tasa de interés para el Perú durante el periodo de análisis, y en consecuencia, que existe una alta movilidad de capitales que puede ser considerada como perfecta.

- **Precios Rígidos al Corto Plazo.**  
Dado que el periodo de análisis de la economía peruana será desde el año 2004 al 2015, el supuesto de precios rígidos es poco realista, ya que la inflación registrada ha sido positiva, el siguiente cuadro resume la inflación promedio durante el mencionado intervalo en análisis. Como se observa la inflación se ha mantenido estable, desde la aplicación de la política de Metas Explícitas de Inflación del BCRP, por lo que, pese a que los precios no son rígidos, se puede suponer que el nivel de inflación es pequeño y por tanto, irrelevante para fines de análisis.
- **El tipo de Cambio Real y el tipo de cambio nominal tienen una relación directa.**  
Dado el análisis del anterior supuesto, se supondrá un nivel de precios constante; es decir, inflación cercana a cero, por lo que utilizando la ecuación de Fisher, es fácil constatar que el supuesto de una relación directa entre los dos tipos de cambio es válido.
- **La tasa de interés nominal y real son iguales.**  
Al igual que en el caso anterior, el supuesto de rigideces de precios permite validar también este supuesto para el caso de la economía peruana.
- **Condición Marshall-Lerner.**  
Para constatar el cumplimiento de este supuesto, nuevamente recurrimos a la literatura precedente, Bustamante y Morales (2007) prueban el cumplimiento de la condición para la economía peruana a través de VAR cointegrados, concluyen que, pese a que se rechaza la existencia de una curva J en la economía peruana, se cumple la condición Marshall-Lerner para el periodo 1991-2008. Pacheco (2014), a través de un M.L.G comprueba la condición Marshall-Lerner para el periodo de 1992-2013. Finalmente Machuca (2011), a través del uso de un modelo M.C.O junto a un Modelo de Rezagos Distribuidos de Almon para el tipo de cambio real, encuentra evidencia de la existencia de una Curva J para la economía peruana durante el periodo de 1994-2011.  
Por tanto, es válido asumir que se cumple la condición Marshall-Lerner para la economía peruana en el periodo de análisis.

## El Modelo

A continuación, se presentan las ecuaciones que componen el modelo Mundell Fleming. A diferencia del modelo IS-LM de economía cerrada, este modelo cuenta con una ecuación adicional correspondiente al saldo de la Balanza de Pagos (BP).

La BP corresponde a la estimación estadística del registro contable de las transacciones que son realizadas por el residente de un país determinado con el resto del mundo. Las transacciones se pueden clasificar en dos, corrientes, las de bienes y servicios (que corresponden a la Cuenta Corriente), y de capital, las de financiamiento y activos principalmente (correspondientes a la Cuenta Financiera o de Capital).

En una primera línea, la Cuenta Corriente incluye el registro de las exportaciones e importaciones de bienes y de servicios; su saldo se denomina balanza comercial. En una segunda línea se consideran los registros provenientes de ingresos de inversiones, los cuales pueden ser entradas o salidas, y que corresponden a pagos relacionados con la tenencia de activos o pasivos con el exterior.

Finalmente, se incorporan las transferencias unilaterales, ayudas internacionales o pagos de impuestos, que corresponden a pagos sin una compensación directa. A partir de estas transacciones, la suma de la balanza comercial, los saldos netos corrientes, el retorno neto por inversión y de las transferencias, se obtiene el saldo de la cuenta corriente (CC).

La otra cuenta que forma parte de la Balanza de Pagos, la Cuenta Financiera o Cuenta de Capitales (CK), registra las transacciones financieras o debajo de la línea, incorporando la adquisición neta de activos externos y la adquisición neta de activos domésticos por parte de extranjeros. Un supuesto con respecto a esta es que no existen transferencias ni renta neta de factores, por lo que la cuenta corriente es igual a la balanza comercial y de servicios; es decir, las exportaciones netas de bienes y servicios.

### Ecuación de la Curva del Saldo de Balanza de Pagos

La ecuación del saldo de la Balanza de Pagos se expresa como:

$$\Rightarrow BP = CC(Y, Y^*, e) + CK(r, r^*, e^e) \quad (11)$$

Donde:

- BP: Saldo de Balanza de Pagos
- CC: Cuenta corriente.
- CK: Cuenta de capital.

La CC depende positivamente del PBI de los socios comerciales y del tipo de cambio; negativamente, del PBI nacional. La CK, por su parte, depende positivamente de la tasa de interés doméstica ( $r$ ), y negativamente de la tasa de interés internacional ( $r^*$ ) y de la depreciación esperada de la moneda local ( $e^e$ ).

## Las Curva IS y LM

Las curvas IS y LM representan el equilibrio en el mercado de bienes y el mercado monetario, respectivamente. Las ecuaciones que se consideraran para cada curva en este modelo serán:

$$\Rightarrow IS : Y = C + I + G + XN \quad (12)$$

Donde :

$$\begin{aligned} C &= C_0 + c(Y - T) \\ I &= I_0 + bi \\ XN &= a_0 Y^* - a_1 Y + a_2^* e \end{aligned}$$

$$\Rightarrow LM : \frac{M}{P} = L(Y, i) \quad (13)$$

Donde :

$$L(Y, i) = kY - hi$$

## Equilibrio Interno

El equilibrio interno se define como la situación de equilibrio simultáneo entre el mercado de bienes y servicios y el mercado de dinero. Gráficamente se representa en el punto de intersección de las curvas IS-LM; matemáticamente, resulta de reemplazar la ecuación de la IS en la LM, obteniéndose la combinación de producto y tasa de interés que equilibran ambos mercados a la vez.

## Equilibrio Externo

En el equilibrio externo se añade la ecuación del Saldo de Balanza de Pagos. Dado que se realizó el supuesto que existe una perfecta movilidad de capitales, la tasa de interés real nacional y la local serán iguales, si existiese algún diferencial entre estas tasas, esto ocasionaría una entrada o una salida de capitales, pero estos diferenciales se ajustan rápidamente, dada la perfecta movilidad. En esta situación de equilibrio, donde no hay diferencial, el saldo de la balanza de pagos está equilibrado y es igual a cero, siendo representado gráficamente por una recta horizontal.

Por lo tanto el equilibrio externo se da en la situación en

que ya no existe entrada o salida de capitales y existe equilibrio interno. Gráficamente se representa como el punto donde se intersectan las 3 curvas, la IS, la LM y la curva BP; matemáticamente, resulta de igualar la tasa de interés de equilibrio interno a la tasa e interés internacional.

## MARCO TEÓRICO-MATEMÁTICO:

La metodología a utilizar para el siguiente trabajo es el VAR Bayesiano, esta incluye restricciones probabilísticas que ayudan a mejorar las estimaciones y proyecciones.

Sea  $y$  un vector de que contiene los datos y  $\gamma$  un vector de parámetros del modelo, que pertenece al espacio paramétrico  $\Theta$ <sup>8</sup>, el modelo probabilístico paramétrico general basado en la regla de Bayes<sup>9</sup> está definido de la siguiente manera:

$$p(\gamma|y) = \frac{p(y|\gamma)p(\gamma)}{\int_{\Theta} p(y|\tilde{\gamma})p(\tilde{\gamma})d\tilde{\gamma}} \quad (14)$$

Se tiene que  $p(\gamma)$  es la distribución a priori (no condicionada a la muestra), donde se va incluir la información extra muestral. Por otro lado se tiene a  $p(y|\gamma)$  es la distribución conjunta de la muestra condicionada a  $\gamma$ , esta es llamada Verosimilitud. En el caso particular de que los componentes del vector aleatorio  $y = (y_1, \dots, y_T)$  resulten ser independientes (esto es, observaciones independientes) tenemos que:

$$p(y|\gamma) = \prod_{j=1}^T p(y_j|\gamma) \quad (15)$$

Dado que  $p(y|\gamma)$  y  $p(\gamma)$  son distribuciones de probabilidad, se tiene que

$$p(y) = \int_{\Theta} p(y|\tilde{\gamma})p(\tilde{\gamma})d\tilde{\gamma} \quad (16)$$

es la probabilidad o masa conjunta de la muestra observada  $y = (y_1, \dots, y_T)$ . Pero lo más importante es tener presente que  $p(y)$  es constante respecto a  $\gamma$ , por lo que podemos escribir:

$$p(\gamma|y) \propto p(y|\gamma)p(\gamma) \quad (17)$$

Esto nos quiere decir que la distribución a posteriori es proporcional a la distribución conjunta multiplicada con la distribución a priori.

Aplicando la regla de Bayes a un modelo VAR(p) frecuentista se obtiene lo siguiente:

$$y_t = \delta + \Phi_1 y_{t-1} + \dots + \Phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t; \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (18)$$

ó su forma matricial

$$y = (X \otimes I_k)\gamma + \varepsilon, \varepsilon \sim N(0, \Sigma_\varepsilon) \quad (19)$$

<sup>8</sup>Es el espacio que contiene todos los valores admisibles del parámetro  $\gamma$

<sup>9</sup> Para mayor detalle ver Erdely, A. y E. Gutiérrez (2015) "Monografía de Estadística Bayesiana", Universidad Nacional Autónoma de México.

donde  $y_t$  es el vector de columna de  $k$  variables incluidas en el VAR para el periodo  $t$ ,  $t=1,2,\dots,T$ ;  $y=\text{vec}(y_1, y_2, \dots, y_T)$ , vector de  $k \times T$ ;  $X=[X_0', X_1', \dots, X_{T-1}']$ , con  $X_t=[1, y_t', y_{t-1}', \dots, y_{t-p+1}']$ ;  $\otimes$  el producto Kronecker; el vector columna  $\varepsilon_t$  de  $k \times 1$  denota el termino error,  $\gamma$  representa el vector de  $k + k^2 \times p$  parámetros generados por el operador  $\text{vec}(\delta, \Phi_1, \dots, \Phi_p)$ .

Para poder estimar la matriz de parámetros  $\gamma$  de la ecuación (15), se puede utilizar el método mínimos cuadrados ordinarios ó por máxima verosimilitud. La función de verosimilitud para el proceso gaussiano tiene la siguiente forma:

$$l(\gamma/y) = \left(\frac{1}{2\pi}\right)^{kT} \exp\left[-\frac{1}{2}((y - (X \otimes I_k)\gamma)' (X \otimes \Sigma_\varepsilon)(y - (X \otimes I_k)\gamma))\right] \quad (20)$$

El estimador máximo verosímil de  $\gamma$ , bajo el supuesto de que  $\varepsilon_t$  se distribuye normal multivariante  $(0, \Sigma_\varepsilon)$ , esta dado por,

$$\hat{\gamma} = [X' X \otimes \Sigma_\varepsilon^{-1}]^{-1} [(X' \otimes \Sigma_\varepsilon^{-1})y] \quad (21)$$

y la matriz de varianza-covarianza está dado por,

$$\Sigma_{\hat{\gamma}} = [X' X \otimes \Sigma_\varepsilon^{-1}]^{-1} \quad (22)$$

Esta estimación se realizó mediante el enfoque frecuentista.

En el enfoque bayesiano, el vector de parámetros  $\gamma$  sigue a priori una distribución normal multivariada con media conocida  $\gamma^*$  y matriz de varianza-covarianza  $V_\gamma$ . Para especificar los priors, en este trabajo se va utilizar la estrategia de Litterman (1980)<sup>10</sup> que es conocido también como los priors Minnesota<sup>11</sup>; es decir, supone que el mejor modelo que describe cada serie del sistema de ecuaciones estaría descrita como un *random walk* alrededor de un componente determinístico desconocido.

### Media a priori de $\gamma$

El vector de parámetros  $\gamma$  contiene los parámetros de las  $k$  ecuaciones para las variables endógenas. El primer parámetro mide el efecto del primer rezago en cada ecuación. La especificación de prior a la Litterman asume que las variables se comportan como paseos aleatorios, lo que significa que los parámetros con rezagos propios son iguales a uno y que los parámetros correspondientes a los otros rezagos y/o variables son

iguales a cero.

$$E(\gamma) = \begin{cases} 1 & \text{para params. de primer rezago propio.} \\ 0 & \text{para el resto de los params} \end{cases} \quad (23)$$

### Varianza a priori de $\gamma$

Primero se asume que la covarianza a priori entre los parametros es cero, luego solo nos referiremos a los elementos diagonales de  $V(\gamma)$ . Se va a evaluar la importancia de los primeros rezagos propios respecto a la variable endógena. La incertidumbre sobre los parámetros del primer rezago propio sera medida por el hiperparametro  $\theta$ , esto es cierto para todas las ecuaciones y proporciona una medida de cuanto creemos en nuestra hipótesis prior de paseo aleatorio. Para rezagos propios de segundo y mayor orden, nuestra incertidumbre disminuirá a una velocidad dada por  $h^\lambda$ , donde  $h$  es el orden del rezago. Para parámetros en otras variables,  $\theta$  se contrae o incrementan de acuerdo a un ponderador general dado por  $w_{ij}$ .

$$V(\gamma) = \begin{cases} \frac{\theta}{h^\lambda} w_{ii} & \text{para params. de rezago propio.} \\ \frac{\theta}{h^\lambda} w_{ij} & \text{para el resto de los params } i \neq j \end{cases} \quad (24)$$

Puesto que  $\theta$  controla todas las varianzas de los parámetros endógenos, es llamado parámetro de precisión total, mientras que  $\lambda$  es denominada como el parámetro de decaimiento (decay parameter). Los  $w_{ij}$  son parámetros de ponderación  $w_{ij}$ . En consecuentemente la densidad prior es escrita como

$$f(\gamma) = \left(\frac{1}{2\pi}\right)^{k^2 p/2} |V_\gamma|^{-1/2} \exp\left[-\frac{1}{2}(\gamma - \gamma^*)' V_\gamma^{-1} (\gamma - \gamma^*)\right] \quad (25)$$

Combinando (20) y (25), se obtiene la densidad posterior queda escrita como

$$f(\gamma/y) \propto \exp\left[-\frac{1}{2}(\gamma - \bar{\gamma})' \bar{\Sigma}_\gamma^{-1} (\gamma - \bar{\gamma})\right] \quad (26)$$

donde la media posterior está dada por

$$\bar{\gamma} = [V_\gamma^{-1} + (X' X \otimes \Sigma_\varepsilon^{-1})]' [V_\gamma^{-1} \gamma^* + (X' \otimes \Sigma_\varepsilon^{-1})y] \quad (27)$$

y la matriz de varianza-covarianzas posterior es

$$\bar{\Sigma}_\gamma = [V_\gamma^{-1} + (X' X \otimes \Sigma_\varepsilon^{-1})]^{-1} \quad (28)$$

<sup>10</sup>Para mayor detalle ver Litterman, R. B. (1986), 'Forecasting with bayesian vector autoregressions five years of experience', Journal of Business & Economic Statistics 4(1), 25-38.

<sup>11</sup>Esto se debe principalmente por tres razones. La primera es debido a que ya se encuentra automatizado en los paquetes estadísticos RATS y Eviews. La segunda es porque la mas usada y da buenos resultados. La tercera existen otros priors como las distribuciones Difusa, Normal-Wishart, Normal-Difusa, aunque estas distribuciones resultan ser mejor que las del prior de minnesota, estas no provienen de teoría económica y solo sirve para realizar proyecciones, pero no se pueden dar una interpretación.



---

## METODOLOGÍA Y DATOS

---

### ■ DATOS

En este apartado se describe la evolución de las variables macroeconómicas elegidas para esta investigación, el periodo analizado se extiende de enero del 2004 hasta diciembre del 2015. Estas variables pertenecen al conjunto de información principal agregada que el banco central usa con el objeto de tomar decisiones de política monetaria.

En la Figura 5 describe la evolución del índice de precios mensual y su variación porcentual. Se observa que el índice de precios sigue una tendencia creciente y la inflación ha seguido una tendencia descendente desde niveles de dos dígitos a valores que incluso son negativos, esto se debió a la adopción del esquema de MEI. En el 2008, 2011, 2012, 2014 y 2015 se ha salido ligeramente de su rango meta.

La Figura 6 muestra la evolución Índice de PBI mensual desestacionalizado y su variación porcentual. La tendencia de esta serie es creciente, ya que en este periodo la economía peruana ha experimentado altas tasas de crecimiento, además se muestra las consecuencias de las crisis del 2009, donde la economía peruana creció 1 % anual.

La Figura 7 presenta el comportamiento del índice de precios de los minerales (oro, cobre, plata, zinc, etc), con año base 2007, se puede observar alta volatilidad de precio de la series, además tiene una tendencia creciente hasta el 2012, esto se debió a la demanda de China, posteriormente tiene una tendencia a la baja debido a la reducción de la demanda de minerales.

La Figura 8 muestra el comportamiento de la tasa de referencia del BCRP, desde su adopción como el instrumento principal de política monetaria, el comportamiento que posee es debido a las decisiones de BCRP, para poder mantener la estabilidad de precios, se puede apreciar que producto de la crisis del 2009, esta tasa llegó a su mínimo histórico 1.25 %. A finales del 2015, el BCRP esta aumentando la tasa de referencia debido a que la inflación se encuentra fuera del rango meta.

La Figura 9 muestra la evolución del cuasi dinero desestacionalizado, muestra tendencia creciente, pero con volatilidad en el 2008 y 2013.

Finalmente la Figura 10 muestra la tasa del saldo de CDBCRP, tiene un comportamiento similar a la tasa de referencia, tiene una caída en el 2009

producto de la crisis externa, para finales del 2015 viene aumentando.

### ■ METODOLOGÍA

Con el fin de realizar el contraste de hipótesis, se seguirá el modelo descrito en el documento de Bernanke y Blinder (1992) para determinar el impacto de la política monetaria en el producto, adicionalmente se agregará una variable adicional, el índice de precios de los metales, para observar el impacto de esta variable, tanto en las variables de política, como en el producto; además, se reemplazará la estimación VAR frecuentista, planteada en aquel documento, con estimaciones BVAR(descritos en el marco teórico).

En primer lugar se va especificar las variables y los BVARs trabajados. Las variables son: La tasa de interés de referencia del BCRP ( $i_t$ ), el índice de precios al consumidor en la ciudad de Lima ( $ipc_t$ ), índice de PBI(base 2007) desestacionalizado ( $ipbi_t$ ), el índice de precios de los minerales ( $ipmin_t$ ), el cuasidiviso desestacionalizado ( $cuasi_t$ ) y la tasa del saldo de CDBCRP ( $saldo_t$ ).<sup>12</sup>

Para que estas variables puedan ser incluidas en el BVAR deben ser estacionarias, basándonos en la prueba ADF<sup>13</sup> de raíz unitaria (Tabla 3<sup>14</sup> y Tabla 4<sup>15</sup>), solo la tasa de referencia y la tasa del saldo de CDBCRP son estacionarias bajo una probabilidad de significancia del 10 %, y las otras variables son incluidas como tasas de crecimiento.

Respecto a la elección de los rezagos óptimos se emplearán dos criterios:

⊙ Causalidad tipo Granger: Dado que es difícil de determinar teóricamente la existencia de causalidad desde un número determinado de rezagos, se optó por utilizar la causalidad tipo Granger <sup>16</sup> para determinar este número de rezagos. La relación de causalidad a la que se dio preferencia fue la de entre la variación del índice de precios de los metales y la variación en la tasa de crecimiento del Índice del PBI, obteniéndose que existe causalidad del tipo Granger con el 99 % de significancia utilizando 3 rezagos.

---

<sup>12</sup>Ver Tabla 1.

<sup>13</sup>Prueba de raíz unitaria de Dickey-Fuller Aumentado (ADF)

<sup>14</sup>Las variables consideradas presentan tendencia por lo que se incluye en la prueba, además de la constante, como variable exógena, tal tendencia.

<sup>15</sup>El  $ipmin_t$  no tiene tendencia por lo que la única variable exógena en la prueba es la constante.

<sup>16</sup>Ver Tabla 5.

⊙ Criterio de Información de Schwarz: Con el fin de evaluar el VAR óptimo, bajo este criterio, se escogió el número de rezagos que minimiza el criterio de información de Schwarz <sup>17</sup>. (Respecto a la preferencia de este criterio sobre los demás se hace referencia a Medel 2012, donde el criterio de información de Schwarz resulta mejor para predecir variables macroeconómicas como el PBI).

De cada criterio de elección de rezagos se obtendrá un determinado BVAR para cada grupo.

**Tabla 1: Especificaciones BVAR(2\*)**

|       | $i_t$ | $ipc_t$ | $ipbi_t$ | $ipmin_t$ | $cuasi_t$ | $saldo_t$ |
|-------|-------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|
| BVAR1 | x     | x       | x        | x         |           |           |
| BVAR2 | x     | x       | x        | x         | x         |           |
| BVAR3 | x     | x       | x        | x         | x         | x         |

\* Rezago óptimo <sup>18</sup>

Posteriormente, se mide la capacidad predictiva de los modelos BVAR, realizando una predicción dinámica del periodo 2015-6 2015-12; se extrae el RSEM (raíz de error cuadrático medio), <sup>19</sup> junto con el coeficiente U de Theil, de cada predicción y se procede a elegir en base a la minimización de ese estadístico, los modelos óptimos BVAR. Finalmente, después de obtener los modelos óptimos BVAR de cada grupo, se compara la capacidad predictiva de estos modelos con modelos VAR frecuentistas, para evidenciar que los primeros resultan ser mejores en cuanto a capacidad predictiva.

## RESULTADOS

Los resultados de la Tabla 2 demuestran que, en términos de RSME, los modelos BVAR superan a los modelos VAR frecuentistas en el pronóstico de la inflación, en todos los casos, por centésimas. No obstante, los modelos VAR predicen mejor la tasa de crecimiento del producto, al igual que en el caso anterior, la diferencia en el RMSE es por centésimas. Por tanto se deduce que para el periodo de 2004-01 a 2015-12, los modelos BVAR son mejores para el pronóstico de la inflación, siendo ligeramente menos exactos en su pronóstico de la tasa de crecimiento del producto que los modelos VAR.

Respecto a la comparación entre los diferentes BVAR, el modelo BVAR1, pronostica de mejor manera el producto que todos los demás, mientras que el BVAR3 predice de mejor manera la inflación, mientras que el BVAR2 es un término medio de los dos, prediciendo mejor que el BVAR1 la inflación, a la vez que realiza un mejor pronóstico de la tasa de crecimiento que el modelo BVAR3.

<sup>17</sup>Ver Tabla 6,7 y 8.

<sup>18</sup>Basado en el criterio de Información de Schwarz y Causalidad tipo Granger

<sup>19</sup>La elección de los estadísticos de medición del poder predictivo se realizó acorde a Llosa, Tuesta, Vega 2005, donde el RSEM toma un papel preponderante y el coeficiente U de Theil un valor de referencia.

**Tabla 2: RSEM (U-theil) de proyecciones BVAR**

|       | $Y$        | $\pi$      |
|-------|------------|------------|
| BVAR1 | 0.973315   | 0.171058   |
|       | (0.572726) | (0.297123) |
| VAR1  | 0.989493   | 0.181768   |
|       | (0.549158) | (0.315053) |
| BVAR2 | 0.982164   | 0.172082   |
|       | (0.576811) | (0.301255) |
| VAR2  | 0.99971    | 0.182368   |
|       | (0.182368) | (0.319404) |
| BVAR3 | 1.005333   | 0.167239   |
|       | (0.689812) | (0.260862) |
| VAR3  | 1.006589   | 0.184587   |
|       | (0.698989) | (0.288263) |

Respecto a las funciones impulso-respuesta, los resultados nos muestran que:

- Las funciones impulso-respuesta de los 3 modelos BVAR son similares, con diferencias en los resultados de centésimas, de igual forma, al comparar estos impulsos con los modelos VAR no se encuentran diferencias significativas.
- En el caso de la respuesta del  $ipbi_t$  ante un choque de una unidad en el  $ipmin_t$ , se observa que el impacto en el primer periodo es negativo, posterior a ello se vuelve positivo para el periodo 2, para el periodo 3 vuelve a ser negativo y posterior a ello oscila entre 0.
- Un choque de una unidad en la  $i_t$  sobre el  $ipbi_t$  tiene en los primeros periodos un impacto positivo, empezando la respuesta negativa a partir del periodo 3, para mantenerse con este signo durante todo el intervalo siguiente.
- El impacto de la variación en el precio de los minerales sobre la tasa de crecimiento del PBI se expresa mediante la curva J, mencionada en el marco económico, con un efecto negativo sobre el saldo de la cuenta corriente en un corto plazo producto del encarecimiento de las importaciones; revirtiéndose en el largo plazo ante una desviación del consumo de productos internacionales hacia nacionales por parte de los agentes externos.
- En cuanto al impacto de un incremento de la  $i_t$  en la  $ipbi_t$ , se tiene que en una primera instancia se propicia una entrada de capitales, que obtienen una mayor rentabilidad en nuestro país al ser depositados, lo que representa un incremento de la

demanda agregada ; sin embargo, en el largo este efecto se revierte, dado que se encarecen los créditos y así una reducción de la demanda agregada por parte del consumo y la inversión.

## CONCLUSIONES

- Los modelos BVAR son mejores, de acuerdo a su comparación predictiva , en comparación con los modelos VAR frecuentistas.
- Las funciones impulso-respuesta tanto de los modelos BVAR como de los VAR son similares, sin diferencias significativas. Por lo tanto, los efectos de los choques son indiferentes del modelo de estimación que se elija.
- La tasa de crecimiento del PBI depende en mayor medida de las fluctuaciones en el precio de los *commodities* metales, que de las variables de políticas monetarias. Esto tiene como consecuencia que nuestro ciclo económico depende en mayor medida de las fluctuaciones externas, lo que implica que nuestro crecimiento, como las variables macroeconómicas nacionales, tengan un componente de volatilidad.
- La economía peruana, al estar sujeta en mayor medida a las fluctuaciones externas de precios, debería comenzar a aplicar medidas para reducir esta dependencia, ya sea con implementaciones de políticas de fortalecimiento del mercado interno, como incentivos para el crecimiento de las empresas nacionales, principalmente las micro y pequeñas que se encuentran en la informalidad, dado que estas emplean el mayor porcentaje de la población.<sup>20</sup>

## RECOMENDACIONES Y AGENDA PENDIENTE

- Dado que los resultados sugieren que la predicción realizada con los modelo BVAR solo supera a los tradicionales modelos frecuentistas VAR en el pronóstico de inflación, mas no en el producto, por lo que podría realizarse una posible re-calibración de los parámetros del BVAR, esta puede crearse a través de la inclusión de funciones de pérdidas<sup>21</sup>, las cuales, para su implementación matemática requiere softwares aún más complejos, como recientes “tool boxes” de Matlab.
- La forma de la priori incluida, si bien de amplia aceptación, puede mejorarse, existen las denominadas Funciones prior DSGE (dinámico, estocástico y de equilibrio general) ,resultantes de

asumir ecuaciones DSGE micro-fundadas, esto, a la vez que da mayor realismo al modelo ,permite ajustar en una mayor cuantía los pronósticos, obtener mejores funciones impulso respuesta y finalmente resultados más consistentes.<sup>22</sup>

- Finalmente existen los denominados BVAR concatenados<sup>23</sup>, donde se realizan múltiples modelos BVAR para cada sector de la economía, después de esto se vinculan las ecuaciones, obteniéndose resultados más consistentes con la realidad, sin embargo, implementación de tales modelos , que rondan las 116 variables, escapan de lo buscado en el trabajo, no obstante, las relaciones encontradas podría servir para implementar un modelo de tal magnitud.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Arroyo, N. y G. Cubas.(2011) “*Métodos Bayesianos para la proyección de variables macroeconómicas en Uruguay*”, Banco Central de Uruguay, *Documentos de trabajo*,14.
- [2] Llosa, G.,V. Tuesta, y M. Vega(2011) “*Un modelo de proyección BVAR para la inflación peruana*”, Banco Central de Reserva del Perú, *Revista de estudios económicos*,13,1-24.
- [3] García, C.,P. Gomez, y A. Moncado (2013) “*Proyecciones macroeconómicas en Chile: Una aproximación Bayesiana* ”,Banco Central de Chile.
- [4] Hamilton,J.(1994) “*Time Series Analysis*”, Princeton University Press.
- [5] Castillo, P.,F. Perez, y V. Tuesta(2011) “*Los mecanismo de transmisión de la política monetaria en el Perú*”, Banco Central de Reserva del Perú, *Revista de estudios económicos*,21,1-24.
- [6] Salas, J. (2008) “*¿Qué explica las fluctuaciones de la inflación en el Perú en el periodo 2002 - 2008? Evidencia de un análisis VAR estructural*”, Banco Central de Reserva del Perú, *XXVI Encuentro de Economistas del BCRP*.
- [7] Erdely, A. y E. Gutiérrez (2015) “*Monografía de Estadística Bayesiana*”, Universidad Nacional Autónoma de México.
- [8] Lahura, R. (2012) “*Midiendo los efectos de la política monetaria a través de las expectativas de mercado*”,

<sup>20</sup>Según el INEI para el periodo de 2007-2012 un 74,3 % del empleo en el Perú es informal.

<sup>21</sup>Llosa,Tuesta y Vega (2005), emplean como función de pérdida la minimización de la brecha de la inflación con la meta a largo plazo, de esta manera llegan a obtener un mejor pronóstico tanto de la inflación como del producto con los modelos BVAR.

<sup>22</sup>Hodge , Robinson y Stuart (2008) implementan priors DSGE para pronosticar de la economía australiana.

<sup>23</sup>Gonzales,2012 utiliza BVAR concatenados para modelar cada tipo de variable de la economía chilena, llegan a utilizar 116 variables

---

Banco Central de Reserva del Perú, *Revista de estudios económicos*, 23, 39-52.

[9] Arteaga, C., J. Granados, y J. Ojeda (2012) "*Determinantes de los Precios Internacionales de los Bienes Básicos*", Banco de la república Colombiana, *Borradores de economía*.

[10] Jeramillo, P. (2008) "*Estimación de VAR Bayesianos para la economía Chilena*", Banco Central de Chile, *Documentos de Trabajo*.

[11] Rodríguez, N. (2011) "*Inflación colombiana pronosticada con un VAR bayesiano*", Banco de la República de Colombia, *Documentos de Trabajo*.

[12] González, W. (2012) "*Un gran VAR bayesiano para la economía chilena*", Banco Central de Chile, *Documentos de Trabajo*.

[13] Litterman, R. B. (1986), "*Forecasting with bayesian vector autoregressions five years of experience*", *Journal of Business Economic Statistics* " 4(1), 25–38.

---

## ANEXOS

---

### ANEXO 1: TABLAS

**Tabla 3: Prueba ADF de Raíz Unitaria**

Prueba ADF de Raíz Unitaria  
Hipótesis nula: Presencia de raíz unitaria  
Variables exógenas: Constante, Tendencia lineal

|           | <i>Estadístico-t</i> | <i>Probabilidad</i> |
|-----------|----------------------|---------------------|
| $i_t$     | -3.172038            | 0.0943              |
| $ipc_t$   | -1.941619            | 0.6274              |
| $ipbi_t$  | -2.785292            | 0.2052              |
| $cuasi_t$ | -2.635844            | 0.2653              |
| $saldo_t$ | -3.210535            | 0.0866              |

**Tabla 4: Prueba ADF de Raíz Unitaria**

Prueba ADF de Raíz Unitaria  
Hipótesis nula: Presencia de raíz unitaria  
Variables exógenas: Constante

|           | <i>Estadístico-t</i> | <i>Probabilidad</i> |
|-----------|----------------------|---------------------|
| $ipmin_t$ | -1.648416            | 0.4553              |

**Tabla 5: Test de Causalidad de Granger**

Test de Causalidad de Granger  
Muestra: 2004M01 2015M12  
Rezagos:3

| <i>Hipótesis Nula:</i>                              | <i>Obs</i> | <i>Estadístico-F</i> | <i>Prob.</i> |
|---|------------|----------------------|--------------|
| VARIPBI no causa en el sentido de Granger VARMIN    | 140        | 0.44030              | 0.7246       |
| VARMIN no causa en el sentido de Granger VARIPBI    | 140        | 4.04349              | 0.0087       |
| VARIPBI no causa en el sentido de Granger TASAREF   | 140        | 3.93358              | 0.0100       |
| TASAREF no causa en el sentido de Granger VARMIN    | 140        | 1.56621              | 0.2006       |
| VARIPBI no causa en el sentido de Granger TASASALDO | 140        | 0.92318              | 0.4316       |
| TASASALDO no causa en el sentido de Granger VARMIN  | 140        | 0.66556              | 0.5746       |

---

**Tabla 6: Selección del Orden de los Rezagos BVAR1**

Criterio de Selección del orden del rezago del VAR

Muestra: 2004M01 2015M12

Observaciones Incluidas: 135

| <i>Rezago</i> | <i>Criterio de Información de Schwarz</i> |
|---------------|---|
| 0             | 12.77043                                  |
| 1             | 9.289507                                  |
| 2             | 8.818593*                                 |
| 3             | 9.174345                                  |
| 4             | 9.703094                                  |
| 5             | 10.24958                                  |
| 6             | 10.67426                                  |
| 7             | 11.08695                                  |
| 8             | 11.40071                                  |

**Tabla 7: Selección del Orden de los Rezagos BVAR2**

Criterio de Selección del orden del rezago del VAR

Muestra: 2004M01 2015M12

Observaciones Incluidas: 135

| <i>Rezago</i> | <i>Criterio de Información de Schwarz</i> |
|---------------|---|
| 0             | 16.04688                                  |
| 1             | 12.80681                                  |
| 2             | 12.53172*                                 |
| 3             | 13.04199                                  |
| 4             | 13.68141                                  |
| 5             | 14.44587                                  |
| 6             | 15.11702                                  |
| 7             | 15.80560                                  |
| 8             | 16.33345                                  |

**Tabla 8: Selección del Orden de los Rezagos BVAR3**

Criterio de Selección del orden del rezago del VAR

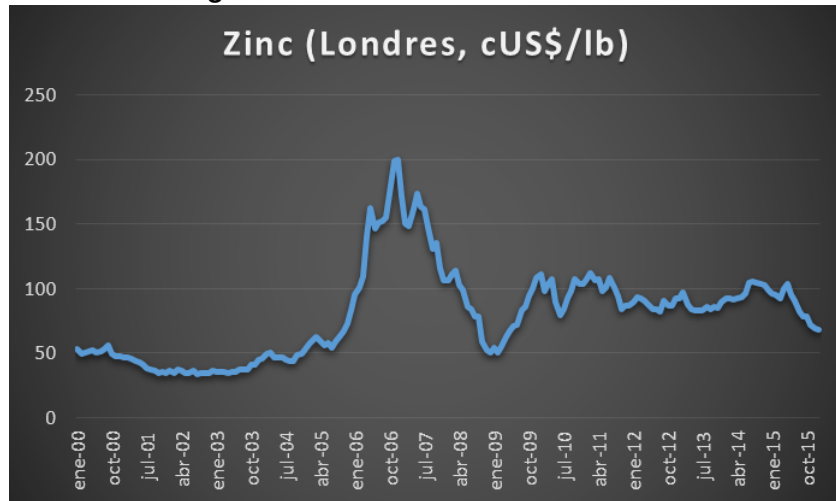
Muestra: 2004M01 2015M12

Observaciones Incluidas: 135

| <i>Rezago</i> | <i>Criterio de Información de Schwarz</i> |
|---------------|---|
| 0             | -7.554750                                 |
| 1             | -13.20218                                 |
| 2             | -13.20322*                                |
| 3             | -12.44556                                 |
| 4             | -11.41062                                 |
| 5             | -10.39293                                 |
| 6             | -9.622302                                 |
| 7             | -8.682829                                 |
| 8             | -7.882804                                 |

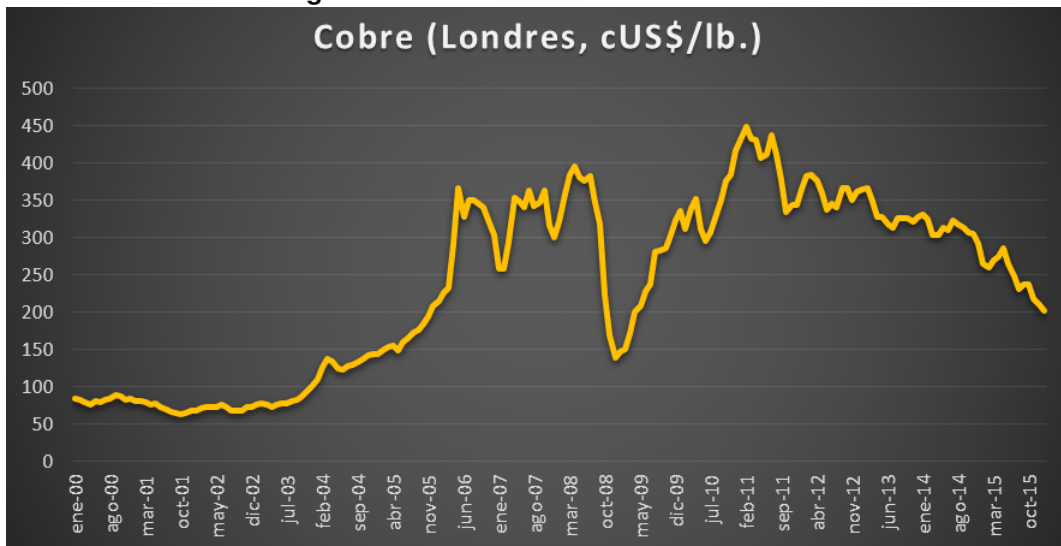
## ANEXO 2: FIGURAS

Figura 1: Evolución del Precio del Zinc



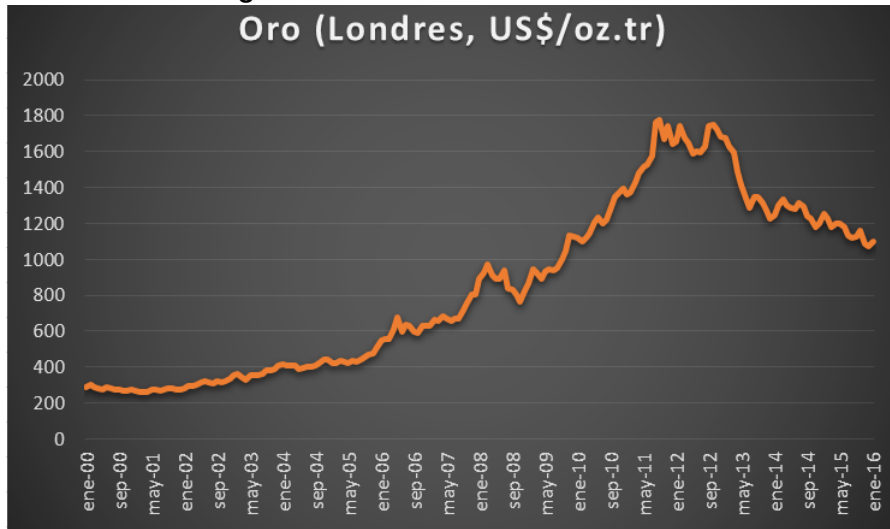
Fuente: BCRP / Elaboración propia

Figura 2: Evolución del Precio del Cobre



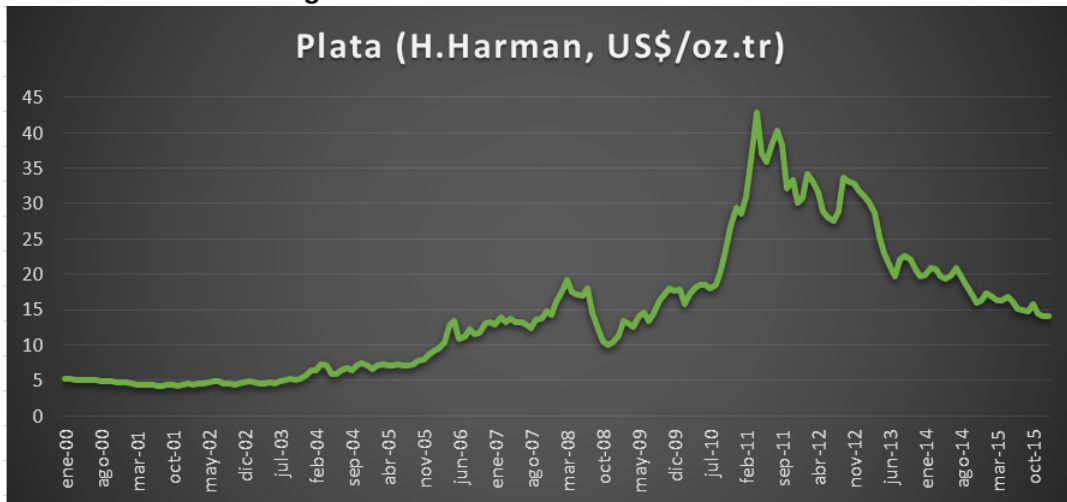
Fuente: BCRP / Elaboración propia

**Figura 3: Evolución del Precio del Oro**  
**Oro (Londres, US\$/oz.tr)**



Fuente: BCRP / Elaboración propia

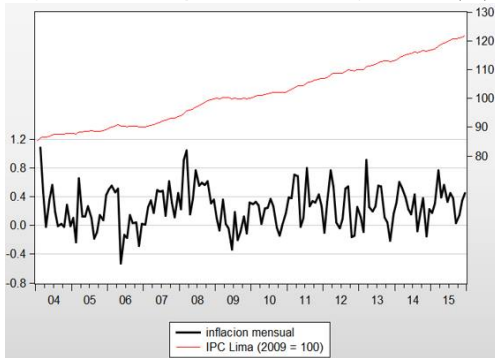
**Figura 4: Evolución del Precio de la Plata**  
**Plata (H.Harman, US\$/oz.tr)**



Fuente: BCRP / Elaboración propia

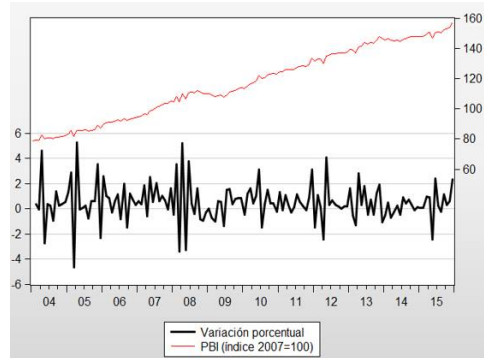


Figura 5: Índice de precios(base 2009) y variación( %)



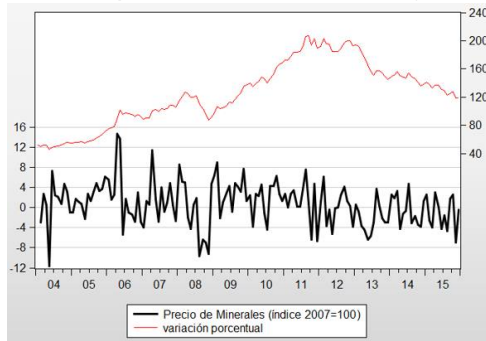
Fuente: BCRP / Elaboración propia

Figura 6 Índice de PBI(base 2007) y variación( %)



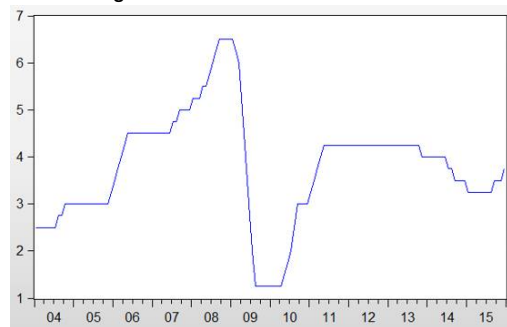
Fuente: BCRP / Elaboración propia

Figura 7: Índice de precios de minerales (base 2007) y variación( %)



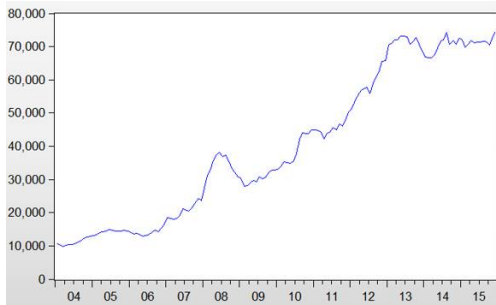
Fuente: BCRP / Elaboración propia

Figura 8: Tasa de referencia del BCRP



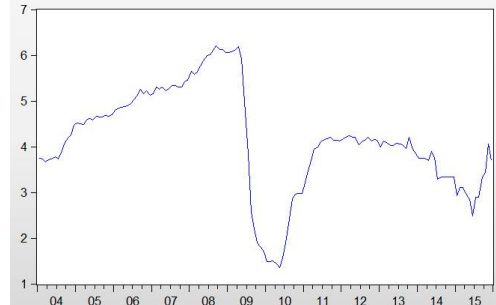
Fuente: BCRP / Elaboración propia

Figura 9: Cuasidinero - MN (MILL. DE S/)



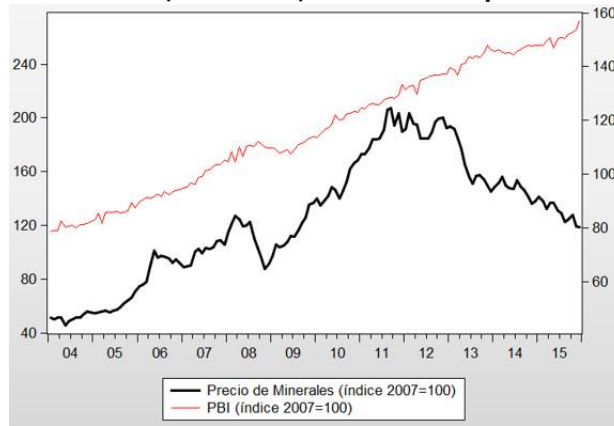
Fuente: BCRP / Elaboración propia

Figura 10: Tasa del saldo de CDBCRP



Fuente: BCRP / Elaboración propia

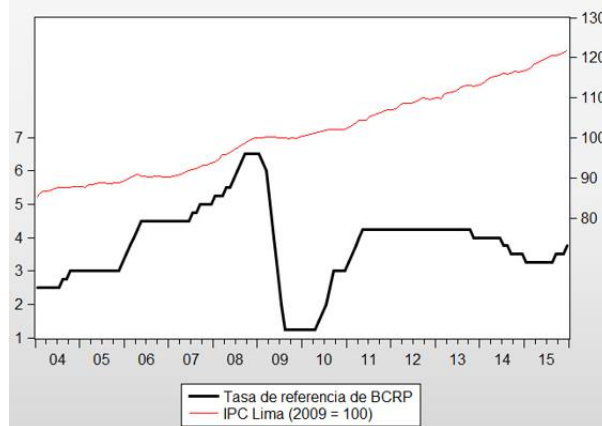
**Figura 11: Índice de PBI (base 2007) Vs. Índice de precio de los minerales**



Fuente: BCRP / Elaboración propia

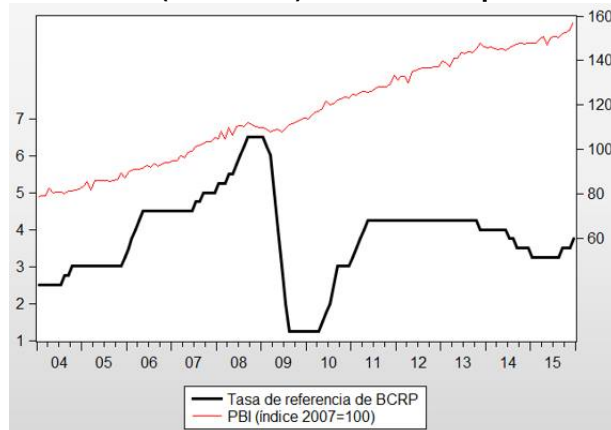
m

**Figura 12: Índice de Precios (base 2009) Vs. Tasa de referencia del BCRP**



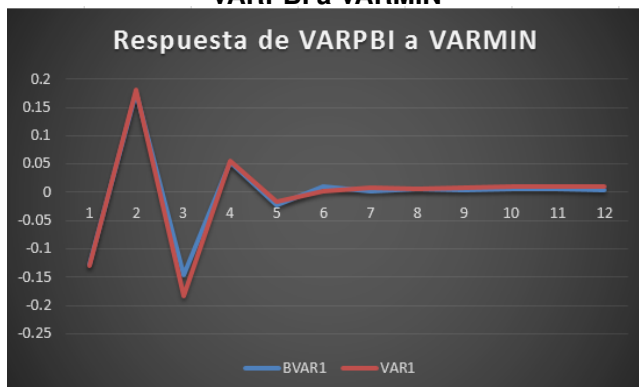
Fuente: BCRP / Elaboración propia

**Figura 13: Índice de PBI (base 2007) Vs. Índice de precio de los minerales**



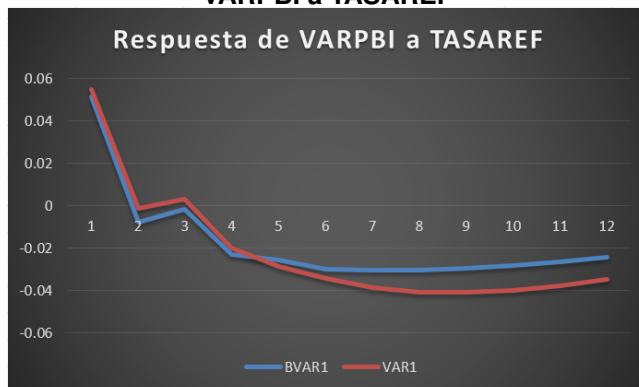
Fuente: BCRP / Elaboración propia

**Figura 14: BVAR1-VAR1: Impulsos-Respuesta: VARPBI a VARMIN**



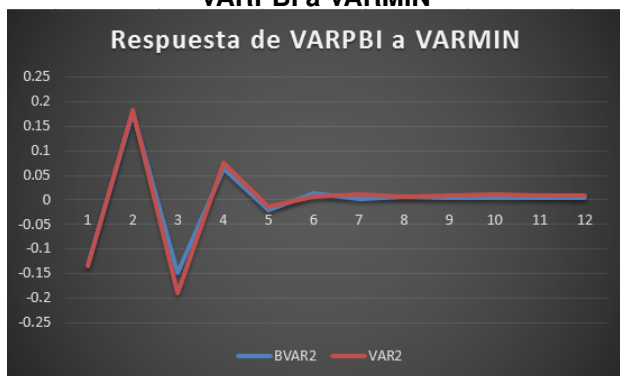
Fuente: BCRP / Elaboración propia

**Figura 15: BVAR1-VAR1: Impulsos-Respuesta: VARPBI a TASAREF**



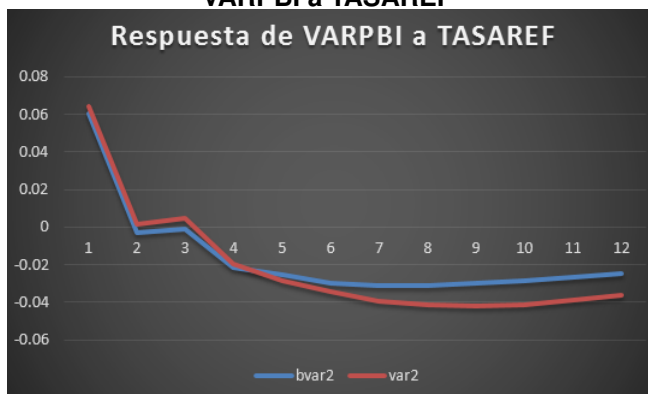
Fuente: BCRP / Elaboración propia

**Figura 16: BVAR2-VAR2: Impulsos-Respuesta: VARPBI a VARMIN**



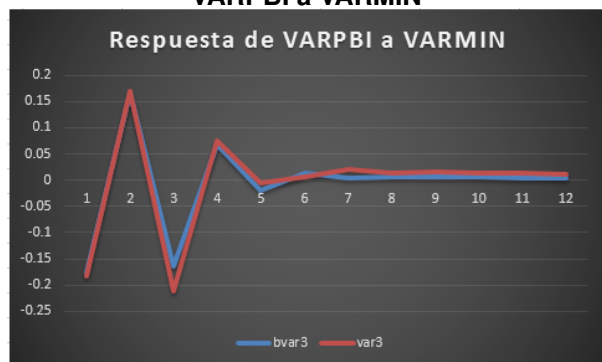
Fuente: BCRP / Elaboración propia

**Figura 17: BVAR2-VAR2: Impulsos-Respuesta: VARPBI a TASAREF**



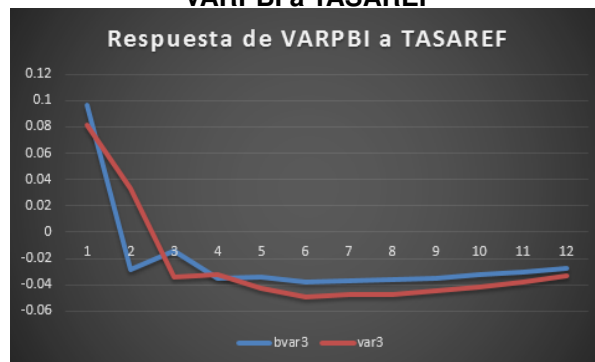
Fuente: BCRP / Elaboración propia

**Figura 18: BVAR3-VAR3: Impulsos-Respuesta: VARPBI a VARMIN**



Fuente: BCRP / Elaboración propia

**Figura 19: BVAR4-VAR4: Impulsos-Respuesta: VARPBI a TASAREF**



Fuente: BCRP / Elaboración propia