



Modelo de Proyección Trimestral: Una Actualización Hasta 2019¹

JOHN AGUIRRE, JOHAR ARRIETA, LUIS E. CASTILLO, DAVID FLORIÁN, ALAN LEDESMA, JEFFERSON MARTINEZ, VALERIA MORALES Y AMILCAR VÉLEZ*

Este documento presenta una actualización del Modelo de Proyección Trimestral utilizado entre el 2014 y 2019 por la Gerencia Central de Estudios Económicos del BCRP con fines de proyección macroeconómica y de simulación de distintos escenarios de política monetaria y de riesgo. Se comentan los principales cambios en la estructura del modelo respecto de la última versión completa publicada. Asimismo, se documentan los resultados de la reestimación de los parámetros del modelo realizada con datos entre 2002-2017 y se evalúan las consecuencias de dichos cambios en términos de las propiedades dinámicas del modelo. En adición, se reporta la estimación de variables no observables implícitas del modelo entre las que destaca la brecha del producto y el crecimiento potencial del PBI. Finalmente, se narra la historia de los principales agregados macroeconómicos desde la perspectiva del modelo mediante un ejercicio de descomposición histórica.

Palabras Clave : Modelo semiestructural, proyecciones macroeconómicas, variables no observables.
Clasificación JEL : C11, E37, E52, E58, F41.

1. INTRODUCCIÓN

En base al esquema de metas explícitas de inflación adoptado por el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP), la política monetaria tiene el propósito de mantener a la inflación dentro del rango meta. Esto hace que el diseño de política monetaria sea de naturaleza prospectiva². Por un lado, la inflación registra una dinámica marcadamente persistente ante los distintos choques de oferta y de demanda tanto de naturaleza

¹ La versión del Modelo de Proyección Trimestral (MPT) presentada en este documento corresponde a aquella solo con información disponible hasta diciembre de 2019. El estado de dicha versión del modelo se ha logrado a través de mejoras sucesivas que han sido fruto de múltiples sugerencias recibidas a lo largo de los (por entonces) últimos años y que comienzan en el año 2003, a partir de la creación del Departamento de Modelos Macroeconómicos dentro de la Gerencia de Política Monetaria del BCRP y de las primeras versiones del MPT.

* Los autores de este documento han sido parte del equipo del Departamento de Modelos Macroeconómicos del BCRP entre los años 2017 y 2022. Agradecemos los comentarios y sugerencias de Adrián Armas, Carlos Montoro, Fernando Perez y Marco Vega.

Las opiniones expresadas en este trabajo así como los posibles errores son de exclusiva responsabilidad de los autores.

² Esta naturaleza prospectiva es incluso más relevante para una economía pequeña y abierta con dolarización financiera como explican Rossini y Vega (2007).

externa como local; por lo que, la respuesta de política monetaria debe anticiparse a potenciales respuestas prolongadas de la inflación ante la posibilidad que las expectativas de inflación se contagien³. Por otro lado, se tiene un importante rezago, ampliamente documentado, entre los efectos sobre la inflación de las medidas de política monetaria⁴.

Esta característica prospectiva requerida para el diseño de política monetaria en el marco de un régimen de metas explícitas de inflación, introduce la necesidad de utilizar modelos cuantitativos parsimoniosos que produzcan proyecciones razonablemente precisas y condicionadas a la respuesta de la política monetaria. En línea con ello, y como parte del sistema de proyecciones macroeconómicas del BCRP, se ha desarrollado a lo largo de los últimos veinte años, el Modelo de Proyección Trimestral (MPT). El MPT es un modelo dinámico semi-estructural basado en el paradigma nuevo Keynesiano para economías pequeñas y abiertas y que incorpora particularidades propias de la economía peruana. Dicho modelo es utilizado por funcionarios del BCRP para elaborar proyecciones macroeconómicas y evaluar distintos escenarios. Estos escenarios contemplan, tanto cambios ante distintas respuestas de política monetaria como la materialización de diversos riesgos latentes. De esta forma, el BCRP está en la capacidad de proponer respuestas de política monetaria consistentes con la meta de inflación ante los posibles escenarios económicos previstos.

Sin embargo, el proceso de toma de decisiones de política monetaria es complejo y dinámico. Lo que se refleja en el constante escrutinio, revisión y actualización del MPT. Desde la primera versión desarrollada en el 2002 y publicada en [Luque y Vega \(2003\)](#), el MPT se viene mejorando continuamente. De hecho en [Llosa y Miller \(2004\)](#), [Armas y Grippa \(2006\)](#), [Rossini y Vega \(2007\)](#), [Vega y otros \(2009\)](#), [Salas \(2011\)](#), [Winkelried \(2013\)](#) y [Castillo y Florián \(2019a\)](#) se pueden apreciar distintas versiones del modelo utilizadas por en la Gerencia Central de Estudios Económicos del BCRP para elaborar las propuestas de política en cada Programa Monetario, estimar variables no observables o describir la dinámica macroeconómica ante el impacto de algún choque.

El propósito de este documento es describir las novedades en el MPT respecto de la última versión completa publicada en [Winkelried \(2013\)](#). Esto es, comentar los cambios en la estructura del modelo y los resultados de la estimación de sus parámetros utilizando una muestra de frecuencia trimestral entre los años 2002 a 2017 antes de la pandemia del Covid-19. Asimismo, se exponen los consecuentes cambios en las propiedades dinámicas del modelo. En adición, se presenta la narrativa histórica desde la perspectiva del MPT, tanto para el caso de algunas variables no observables relevantes (la brecha del producto, el crecimiento del producto potencial y la tasa natural de interés) como de las distintas medidas de inflación⁵.

Con respecto a los cambios en la estructura del modelo, se sustituye a la inflación subyacente por la inflación del IPC sin considerar los componentes de Alimentos y Energía (IPC-SAE). Esto debido a que la inflación del IPC-SAE incluye los grupos de bienes en la canasta de consumo con la menor volatilidad de precios. Asimismo, se permiten elasticidades diferenciadas en la brecha de producto de los componentes

³ Como se reporta en el recuadro 6 de [Banco Central de Reserva del Perú \(2017\)](#). En [Vega y Winkelried \(2006\)](#) se documenta una menor persistencia en economías que adoptan esquemas de metas de inflación (incluyendo a Perú), pero incluso en ese caso se identifica persistencias considerables.

⁴ En el caso peruano, dicho rezago se reporta en [Winkelried \(2005\)](#), [Castillo y otros \(2011\)](#), [Lahura \(2012\)](#), [Pérez Forero y Vega \(2014\)](#), [Pérez Forero \(2016\)](#) y [Portilla Goicochea y Rodríguez \(2020\)](#).

⁵ Esta narrativa se alimenta y es coherente con varios trabajos previos, entre ellos: [Ferreyra y Herrada \(2003\)](#), [Ferreyra y Salas \(2006\)](#), [Castillo y otros \(2006b\)](#), [Castillo y otros \(2006a\)](#), [Rodríguez y Winkelried \(2011\)](#), [Florián y otros \(2021b\)](#), [Pereda \(2011\)](#), [Castillo y Florián \(2019b\)](#).

de los términos de intercambio (precios de exportaciones e importaciones) y del impulso fiscal (gasto de gobierno y recaudación). Con respecto a las expectativas de depreciación, se asume que las expectativas se forman sobre el nivel de tipo de cambio. Finalmente, se admite la posibilidad de que la dinámica de los términos de intercambio afecte a la prima por riesgo en la ecuación de paridad no cubierta de tasas de interés.

Como producto de estos cambios en la estructura y en la reestimación del modelo con un conjunto de datos actualizado, se evidencia una mayor capacidad predictiva del modelo. De hecho, se reporta una mejora en la calidad de las predicciones del MPT cuando se insume la proyecciones sobre variables exógenas de expertos en las distintas áreas del BCRP.

Como se describe en Montoro (2009), la elaboración de las proyecciones del BCRP es un proceso complejo de varias etapas que son finalmente consolidadas con el MPT. Por un lado, se recopila información reciente sobre la situación actual de la economía nacional y se hace seguimiento a indicadores adelantados de la actividad económica⁶. Por otro lado, también se monitorea la economía mundial y se elaboran proyecciones de las variables más relevantes asociadas al entorno externo (como precios de *commodities*). Estos ejercicios de seguimiento y proyección incluyen una evaluación de la política fiscal, de los potenciales de crecimiento de largo plazo y de la evolución de corto plazo de la inflación y luego son consistenciadas mediante la metodología de programación financiera de las cuentas nacionales, la balanza de pagos, las cuentas fiscales y monetarias. Este proceso es exógeno al MPT y constituye lo que en el párrafo anterior se denominó proyección de variables exógenas. Así, las proyección de los agregados macroeconómicos del MPT es robusta a todo el análisis previo desarrollado por los expertos, con lo que el MPT insume eficientemente distintos supuestos de proyección (potencialmente no lineales).

Entre los resultados más resaltantes, es importante mencionar que el aparente aplanamiento de la curva de Phillips reportada, tiene dos fuentes probables. En primer lugar, la variable medible es la inflación del IPC-SAE en lugar de la inflación subyacente, y dada la menor volatilidad de la inflación del IPC-SAE es de esperar que el coeficiente estimado tienda a ser menor⁷. En segundo lugar, es posible que se esté identificando un aplanamiento de la curva de Phillips. En general, se ha reportado este aplanamiento en economías con inflación estable. Así algunos encargados de política monetaria referencian este fenómeno como, por ejemplo, el presidente de la Reserva Federal de los EE. UU. Jerome Powell en diciembre de 2019⁸. Sin embargo, la evidencia es mixta, por ejemplo, con datos de USA, Galí y Gambetti (2019) reportan aplanamientos menores a los reportados por encargados de política monetaria mientras que Kuttner y Robinson (2010) documenta aplanamientos importantes y significativos. Para el caso de la economía peruana, Aquino (2019) y Rojas (2019), identifican cambios en las propiedades dinámicas de la inflación mas la evidencia sobre el aplanamiento no es concluyente. En lo que concierne a este documento, el diagnostico sobre un aplanamiento de la curva de Phillips amerita evaluaciones adicionales para distinguir cual de las dos fuentes explica predominantemente la reducción del coeficiente asociado a la pendiente de la curva de Phillips debido principalmente a la naturaleza semiestructural del MPT.

⁶ Se realizan diversas encuestas sobre las expectativas de los agentes económicos (sobre inflación, tipo de cambio, crecimiento, confianza empresarial, etc.) y se cuenta con registros actualizados de consumo de energía eléctrica, despachos locales de cemento, etc.

⁷ En la muestra, la desviación estándar de la inflación del IPC-SAE es de 0.83 mientras que la de la inflación subyacente fue de 1.18. Esto es, la inflación del IPC-SAE es 29,8 por ciento menos volátil que la inflación subyacente.

⁸ Ver la conferencia de prensa de comunicación de políticas por parte de la Reserva Federal de EE. UU. de diciembre de 2019 en <https://www.federalreserve.gov/mediacenter/files/FOMCpresconf20191211.pdf>.

Si bien, el MPT es la herramienta más relevante de proyección utilizada por el BCRP, éste pertenece a un conjunto amplio de modelos utilizados por el BCRP en su sistema de proyecciones. Así, el BCRP, monitorea el estado actual de la economía y elabora escenarios de política monetaria y de riesgos. Por lo tanto, el BCRP cuenta tanto con modelos puramente estadísticos (ver [Barrera \(2005, 2007, 2013\)](#); [Llosa y otros \(2006\)](#); [Winkelried \(2012\)](#); [Carrera y Ledesma \(2015\)](#); [Pérez Forero \(2018, 2021\)](#) y [Florián y otros \(2021a\)](#)) como con modelos microfundados (ver [Llosa \(2004\)](#); [Castillo y otros \(2009, 2013\)](#) y [Carrasco y otros \(2019\)](#)). Por su parte, el MPT es un modelo semiestructural ya que se encuentra en el intermedio de los tipos de modelos descritos líneas arriba. Por un lado, la estructura fundamental del modelo se motiva con microfundamentos derivados de la teoría económica. Por el otro, los detalles específicos de las interacciones entre variables y estructura de rezagos son producto de la búsqueda de un mejor ajuste a los datos de tal manera que se priorice la precisión de la proyección en un horizonte de hasta dos años. Así, el MPT al ser un modelo flexible de una razonable capacidad predictiva (con mecanismos de transmisión claramente especificados), facilita la comunicación de las proyecciones y de los escenarios de riesgo.

El uso de modelos econométricos, microfundados y semi-estructurales para elaborar proyecciones macroeconómicas es una práctica común en la Banca Central. Por ejemplo, el Banco de la República de Colombia utiliza el PATACON descrito en [González y otros \(2011\)](#)⁹. El Banco Central de Chile tiene implementados los modelos MSEP y XMAS para el análisis de su economía doméstica y el GPM7 para el de la economía mundial, una descripción detallada de estos modelos se presentan en [Arroyo Marioli y otros \(2020\)](#), [García y otros \(2019\)](#) y [Blagrove y otros \(2013\)](#), respectivamente¹⁰. Por su parte, el Banco Central de Brasil hace uso de su modelo SAMBA, el cual se describe de forma detallada en [de Castro y otros \(2015\)](#)¹¹. Asimismo, en economías avanzadas, el Sistema de la Reserva Federal (FED) cuenta con el modelo FRB/US mientras que el Banco Central Europeo utiliza el modelo NAWM¹². Así, el MPT forma parte de este grupo de modelos empleados por distintos Banco Centrales.

El resto del documento se organiza de la siguiente manera. La sección 2 presenta las novedades respecto de la estructura del MPT. La sección 3 describe los datos empleados en la estimación del modelo, los resultados de la estimación y compara las propiedades dinámicas estimadas del modelo con las reportadas en [Winkelried \(2013\)](#). Por su parte, la sección 4 reporta con más detalles dichas propiedades dinámicas, se comenta la historia consistente con el MPT y se evalúa la precisión de la predicción. Finalmente, en la 5 se hace una reflexión final.

2. NOVEDADES EN LA ESTRUCTURA DEL MODELO

Esta sección se enfoca en las modificaciones de la estructura básica del MPT con respecto a la versión descrita en [Winkelried \(2013\)](#) (MPT2013 de ahora en adelante). Los cambios se listan a continuación:

- Se reemplaza a la inflación subyacente por la inflación del IPC-SAE como medida tendencial de inflación. Adicionalmente, se agrega un factor inercial a la determinación de la inflación no tendencial o

⁹ Policy Analysis Tool Applied to Colombian Needs

¹⁰ MSEP, XMAS y GPM7 son acrónimos de Modelo Semi-Estructural de Proyecciones, Modelo Extendido para Análisis y Simulación y *Global Projection Model*, respectivamente. En el último caso, el Banco Central de Chile utiliza la versión de siete regiones del modelo presentado en [Carabenciov y otros \(2013\)](#).

¹¹ SAMBA es acrónimo de “*Stochastic Analytic Model with a Bayesian Approach*”.

¹² FRB/US es un modelo microfundado de gran escala para la economía Estadounidense, descrito en [Brayton y otros \(2014\)](#). Por su parte, NAWM es acrónimo de New Area-Wide Model y es discutido en [Warne y otros \(2008\)](#)

inflación de los componentes Alimentos y Energías del IPC (IPC-AE). Ello se observa en las ecuaciones (1), (2) y (4).

- Así como en la versión anterior del MPT, el proceso de formación de expectativas de inflación cuenta con un componente adaptativo. Esto es, la proporción ρ_{π^e} de los agentes no revisa su proyección. Por su parte, de la proporción de agentes que sí revisan su proyección, algunos lo hacen de forma racional ($E_t \Pi_{t+4}^{sae}$) mientras que otros lo hacen de forma adaptativa (Π_{t-1}). Es este último componente el nuevo elemento en esta versión del MPT, y su inclusión en el modelo (ver ecuación (3)) responde a criterios puramente estadísticos.
- El tipo de cambio real es sustituido por el desvío de la ley de un solo precio en la determinación de la inflación importada. En el proceso que determina la inflación importada (5), se incluye la primera diferencia de los precios externos de las importaciones relativo a su correspondiente precio doméstico. Este desvío de la ley de un solo precio equivale a la depreciación real y se define en (6).
- Con respecto a los determinantes de la demanda, se introducen efectos diferenciados de los componentes de los términos de intercambio y del impulso derivado del déficit primario estructural. Como se muestra en la ecuación (7), la brecha de producto depende, por separado, de los precios de exportaciones, de importaciones, del gasto de gobierno y de la recaudación fiscal.
- Se incluye la posibilidad de efectos de hoja de balance en las condiciones monetarias. Esto es, considerando el grado de dolarización de la economía y posibles descalces de monedas, las depreciaciones nominales podrían deteriorar las condiciones monetarias. Así, como se puede apreciar en la ecuación (8), se agrega la prima por riesgo cambiario al índice de condiciones monetaria. Cabe destacar que este mecanismo (no lineal), sólo se activa en escenarios de riesgo que implican una importante depreciación nominal. De esta forma, se pueden hacer evaluaciones de las políticas de intervención cambiaria.
- Las brechas de las tasas de interés reales se miden con respecto a su nivel de equilibrio y ya no con respecto a su nivel de estado estacionario (13) y (14). Estos niveles de equilibrio se caracterizan por las ecuaciones (11) y (12).
- Se considera una regla de política monetaria (19) prospectiva. Ello debido a que ésta ahora depende del desvío de la inflación observada sobre la inflación tendencial del IPC-SAE esperado para cuatro trimestres en adelante (Π_{t+4}^{sae}). El desvío de la inflación se define en la ecuación (20). Asimismo, la regla de política monetaria ahora también considera la información de la brecha del producto del trimestre anterior.
- Asimismo, la regla de política monetaria depende ya no de la tasa de interés doméstica en estado estacionario, sino, de la tasa de interés natural, cuya dinámica se describe en (21).
- Por último, se añade una relación, empíricamente relevante, entre los términos de intercambio y la depreciación nominal a través de la prima por riesgo en diferencial de tasas de interés (ver ecuación (23)).

A continuación se brindan detalles sobre estos cambios en la estructura del modelo. Anótese que en este documento se mantienen la notación y nomenclatura utilizada en el MPT2013¹³.

¹³ Esto es: *i*) Variables sin subíndice t denotan valores de estado estacionario. *ii*) Las letras griegas minúsculas π denotan inflación trimestral anualizada mientras que la letra griega mayúscula Π se refiere a la inflación interanual. *iii*) Las letras griegas minúsculas λ denotan depreciación nominal trimestral anualizada mientras que la letra griega mayúscula Λ se refiere a la depreciación nominal interanual.

2.1. INFLACIÓN

El rango meta de inflación para el BCRP se formula con respecto de la inflación del Índice de Precios al Consumidor (IPC). Así, la inflación trimestral anualizada (desestacionalizada) se denomina π_t y se descompone entre la inflación del IPC-SAE (π_t^{sae}) y del IPC-AE (π_t^{ae}):

$$\pi_t = c_{sae}\pi_t^{sae} + (1 - c_{sae})\pi_t^{ae} \quad (1)$$

El IPC-SAE es un indicador tendencial del IPC obtenido por la exclusión de los rubros de alimentos y energía. Así, este índice representa el $c_{sae} = 56\%$ de la canasta del IPC.

Se considera como componente sistemático de la inflación a la inflación del IPC-SAE (π_t^{sae}) en lugar de la inflación subyacente. Por un lado, los principales Bancos Centrales utilizan versiones equivalentes a la inflación del IPC-SAE lo que facilita la comparabilidad de modelos¹⁴. Asimismo, en los años que cubre esta actualización del MPT (años 2014 y 2019), la inflación del IPC-SAE fue la inflación tendencial de referencia utilizada en la comunicación del BCRP al público.

La ecuación (2) presenta la dinámica de la inflación del IPC-SAE. La forma específica de esta ecuación se motiva en la estructura típica de una curva de Phillips nuevo keynesiana para una economía abierta. Así, la inflación del IPC-SAE responde a la inflación importada tendencial denominada en soles (Π_t^m), un componente inercial de la inflación (π_{t-1}^{sae}), las expectativas de inflación a cuatro trimestres (Π_t^e) y de la brecha producto (y_t). Específicamente,

$$\pi_t^{sae} = b_m\Pi_t^m + (1 - b_m) [b_{sae}\pi_{t-1}^{sae} + (1 - b_{sae})\Pi_t^e] + b_y [c_y y_t + (1 - c_y)y_{t-1}] + \varepsilon_t. \quad (2)$$

Es oportuno mencionar que la inflación importada en soles contiene en su definición la variación trimestral del tipo de cambio, lo que asegura sensibilidad de los elementos no volátiles de la canasta del IPC al tipo de cambio.

Asimismo, las expectativas de inflación siguen

$$\Pi_t^e = \rho_{\pi^e}\Pi_{t-1}^e + (1 - \rho_{\pi^e})[(1 - c_p)E_t\Pi_{t+4}^{sae} + c_p\Pi_{t-1}^e] + \varepsilon_t, \quad (3)$$

Nótese que a diferencia del MPT2013, la formación de expectativas de inflación se modela ahora adicionando un componente adaptativo (Π_{t-1}^e), el cual es empíricamente relevante. Así, las expectativas incluye un factor de persistencia (Π_{t-1}^e), un factor que representa expectativas racionales prospectivas (Π_{t+4}^{sae}), un factor que representa expectativas adaptativas (Π_{t-1}^e) y movimientos inesperados de demanda en el choque. En adición, aquellos choques ‘suficientemente persistentes’ de oferta tal que afecten la medida tendencial de inflación pueden contaminar expectativas, lo que añade un canal adicional de oferta.

Por su parte, la ecuación (4) reporta la dinámica de la inflación del IPC-AE (π_t^{ae}). Como consecuencia

¹⁴ Por ejemplo, la Reserva Federal utiliza el PCEPI (*Personal Consumption Expenditures Price Index*) excluyendo alimentos y energía. El Banco Central Europeo utiliza el HICP (*Harmonised Indices of Consumer Prices*) que excluye los rubros de alimentos, energía, alcohol y tabaco. De manera similar, México usa el IPC luego de excluir energía y productos agropecuarios. En Chile se utiliza el IPC sin rubros volátiles. El Banco Central de Brasil excluye alimentos, energía y vehículos. En Colombia excluyen alimentos básicos, energía y servicios básicos.

del supuesto sobre la inflación del IPC-SAE, se presume que la inflación del IPC-AE recoge las variaciones no sistemáticas de la inflación del IPC. Por consiguiente, estos movimientos se aíslan de la respuesta de política monetaria.

Se asume que la inflación del IPC-AE sigue,

$$\pi_t^{ae} = \rho \pi_{t-1}^{ae} + (1 - \rho \pi_t^{ae}) [b_s \pi_t^{sae} + (1 - b_s) \pi_t^m] + \varepsilon_t. \quad (4)$$

Esto es, la inflación del IPC-AE depende de un componente inercial (no presente en el MPT2013) y un promedio ponderado entre la inflación del IPC-SAE e importada en soles (π_t^m).

Inflación Importada y el Desvío de la Ley de un Solo Precio

Se asume que la inflación importada en soles es función de su componente inercial, de su expectativa racional cuatro trimestres en adelante ($E_t \Pi_{t+4}^m$) y del rezago del cambio en el precio externo relativo de las importaciones (Δq_{t-1}^m). Esto es,

$$\pi_t^m = c_{mm} \pi_{t-1}^m + (1 - c_{mm}) E_t \Pi_{t+4}^m + c_{mq} \Delta q_{t-1}^m + \varepsilon_t. \quad (5)$$

Nótese que en el MPT2013, el equivalente a la ecuación (5) utiliza directamente los precios externos de las importaciones relativo a su correspondiente precio doméstico (q_{t-1}^m) en lugar de la primera diferencia.

Por su parte, por definición, Δq_{t-1}^m es producto de los desvíos de la ley de un sólo precio. Así,

$$\Delta q_t^m = \pi_t^{m\$} + \lambda_t - \pi_t^m, \quad (6)$$

donde $\pi_t^{m\$}$ y λ_t representan la inflación importada en dólares y la depreciación nominal, respectivamente¹⁵.

Bajo la ley de un sólo precio, el lado derecho de (6) es cero. Esto es, los bienes adquiridos en mercados internacionales (cotizados en dólares) deberían ser comercializados domésticamente al mismo precio pero convertido a soles con el tipo de cambio. Sin embargo, los datos no respaldan este principio lo que da pie al desvío de esta ley¹⁶. Esta modificación no es trivial, ya que, como se argumenta en Charles (2014), la inclusión explícita de los desvíos de la ley de un solo precio podrían motivar mejoras en el bienestar asociadas con la estabilización del tipo de cambio cuyo fundamento provendría por el lado de la determinación doméstica de los precios de los bienes importados.

En (5) y (6) se asume implícitamente que los precios en la economía doméstica de los bienes importados exhiben algún tipo de rigidez nominal. Así, los incrementos en la depreciación nominal (costos marginales de los importadores) crean un diferencial entre los precios internacionales de los bienes a importar (en dólares) y los precios en el mercado doméstico de dichos bienes importados. Así, variaciones del tipo de

¹⁵ Otro cambio adicional a la versión del MPT2013 es el reemplazo de la inflación externa expresada en dólares ($\pi_t^{*\$}$), por la inflación importada en dólares ($\pi_t^{m\$}$).

¹⁶ La magnitud, volatilidad y persistencia de estos desvíos están ampliamente documentados en la literatura, ver por ejemplo Rogoff y otros (2001).

cambio se trasladan a la inflación de los bienes importados¹⁷.

2.2. BRECHA DEL PRODUCTO Y SUS DETERMINANTES

El crecimiento potencial del PBI sigue un proceso exógeno idéntico al utilizado en el MPT2013¹⁸. En contraste, se introducen cambios importantes en la dinámica de la brecha del producto (y_t) cuya ecuación se especifica como,

$$y_t = a_{ye} [y_{t-1} + x_{t+1}^e] + a_{yy} y_{t-1} - a_{\psi} \psi_{t-1} + a_{\tau^{px}} \tau_t^{px} - a_{\tau^{pi}} \tau_t^{pi} + \dots \quad (7)$$

$$\dots + a_q q_t + a_{y^*} y_t^* - a_t t_t + a_g g_t + \varepsilon_t.$$

En línea con la curva IS nuevo keynesiana estándar para una economía abierta, la brecha de producto esta determinada por sus expectativas (brecha producto esperada), su componente inercial, un índice de las condiciones monetarias reales (ψ_{t-1}), la brecha del producto de los principales socios comerciales del Perú (y_t^*), la brecha del tipo de cambio real (q_t) y otros impulsos asociados a la demanda agregada¹⁹. Sobre este último, la brecha del tipo de cambio real es el desvío porcentual ente el tipo de cambio real observado y el de equilibrio. El tipo de cambio real de equilibrio se obtiene con modelos satélites como se describe en Florián y otros (2021b)²⁰.

Estos impulsos de demanda agregada corresponden al impulso de precios de exportaciones (τ_t^{px}), de importaciones (τ_t^{pi}), de gasto fiscal (g_t) y de recaudación tributaria (t_t). En el MPT2013 implícitamente se asume que los precios de exportaciones e importaciones tienen el mismo impacto (en valor absoluto) sobre la brecha de producto; por lo tanto, solo se incluye el impulso de los términos de intercambio ($\tau = \tau_t^{px} - \tau_t^{pi}$). Sin embargo, como producto de la estimación para la presente actualización del MPT, se reportan efectos significativamente diferenciados sobre cada uno de estos componentes desagregados.

De manera análoga, en el MPT2013 se asume que el impulso fiscal ($\phi_t = g_t - t_t$) es suficiente para recoger las presiones de demanda generadas por la política fiscal. En contraste, en esta actualización, se asume que los impulsos de las políticas de gasto y recaudación fiscal exhiben multiplicadores diferenciados sobre la demanda agregada. En evaluaciones preliminares para este documento, se estima de manera recurrente que la elasticidad de la brecha ante impulsos de recaudación tributaria es muy cercana a cero. El hecho de que, la respuesta de la brecha al impulso fiscal estimada en el MPT2013 resulte significativamente menor a la respuesta ante impulsos de gasto (condicional a una respuesta reducida ante impulsos de recaudación) puede entenderse como evidencia en favor de los efectos diferenciados sobre la brecha de los componentes del impulso fiscal.

¹⁷ La medición de los precios importados en dólares se realiza a partir de dos variables. Para la historia (estimación) y el punto inicial se utiliza el índice de precios al por mayor importado cuya fuente es el INEI mientras que para los ejercicios de proyección se utiliza el adelanto del índice de precios a las importaciones.

¹⁸ En esta versión de la brecha del producto, se incorpora el cambio esperado en la brecha del producto para el siguiente trimestre y no el corriente como en el MPT2013, así, el modelo refuerza su idiosincrasia prospectiva.

¹⁹ Las expectativas de la brecha $y_{t-1} + x_{t+1}^e$ se modelan como la agregación de un componente adaptativo y_{t-1} y otro quasi racional x_{t+1}^e . Este último se modela, a su vez, de la siguiente manera: $x_{t+1}^e = \rho_{ye} x_t^e + (1 - \rho_{ye}) [E_t y_{t+1} - y_{t-1}] + \varepsilon_t$.

²⁰ El tipo de cambio real de equilibrio sigue las metodologías FEER (por las siglas en inglés de *Fundamental Equilibrium Exchange Rate*) y BEER (por las siglas en inglés de *Behavioural Effective Exchange Rate*). En el enfoque FEER, el equilibrio del tipo de cambio real es aquel que iguala la cuenta corriente con su valor sostenible. Por su parte, en el enfoque BEER, el equilibrio del tipo de cambio real es producto de su relación de largo plazo sus fundamentos macroeconómicos.

2.3. EL ÍNDICE DE CONDICIONES MONETARIAS REALES

La sustitución intertemporal entre consumo presente y consumo futuro presente en las curvas IS de los modelos nuevo keynesianos sugiere que la brecha de producto se ve directamente influenciada por las condiciones financieras que enfrentan los agentes. En ese sentido, en el MPT se hace un esfuerzo por resumir esta información financiera, que incluye a la posición de política monetaria convencional, en el índice de condiciones monetarias reales. De manera específica, el índice se formula de la siguiente manera:

$$\psi_t = c_{r^{mn}} r_t^{mn} + c_{r^{me}} r_t^{me}. \quad (8)$$

Como es natural, la brecha de la tasa de interés real doméstica (r_t^{mn}) es un componente importante de este índice. Asimismo, dada la apertura financiera de la economía peruana, el índice también incluye a la brecha de la tasa de interés real externa expresada en soles (r_t^{me}).

Específicamente, la tasa de interés real incluye una combinación lineal de las tasas de interés del mercado bancario ($I_t^{b,mn}$ y $I_t^{b,me}$) y del mercado monetario ($I_t^{c,mn}$ y $I_t^{c,me}$), ajustados por el nivel de expectativas de inflación (y de la depreciación esperada a cuatro trimestres en el caso de moneda extranjera). Con ello, se busca medir tasas de interés representativas del mercado que incluyen información de liquidez, estructura de plazos y primas de riesgo.

$$R_t^{mn} = c_b^{mn} I_t^{b,mn} + (1 - c_b^{mn}) I_t^{c,mn} - \Pi_t^e. \quad (9)$$

$$R_t^{me} = c_b^{me} I_t^{b,me} + (1 - c_b^{me}) I_t^{c,me} - \Pi_t^e + \Lambda_t^e. \quad (10)$$

Así, las brechas de las tasas de interés reales se definen como la diferencia entre las respectivas tasas de interés reales y sus niveles de equilibrio, los cuales vienen dados por

$$R_t^{mn-eg} = (1 - \rho_{r^{mn-eg}})(i_t^n - i + R^{mn}) + \rho_{r^{mn-eg}} R_{t-1}^{mn-eg} + \varepsilon_t \quad (11)$$

$$R_t^{me-eg} = (1 - \rho_{r^{me-eg}})(i_t^n - i + R^{me}) + \rho_{r^{me-eg}} R_{t-1}^{me-eg} + \varepsilon_t \quad (12)$$

Ambos niveles de equilibrio son caracterizados como un promedio entre un factor inercial ($R_{t-1}^{mn-eg}/R_{t-1}^{me-eg}$) y un factor compuesto por el desvío de la tasa de interés natural con respecto al nivel de estado estacionario ($i_t^n - i$) y la respectiva tasa de interés real (R_t^{mn}/R_t^{me}). Finalmente, las brechas de tasas de interés reales se definen como

$$r_t^{mn} = R_t^{mn} - R_t^{mn-eg} \quad (13)$$

$$r_t^{me} = R_t^{me} - R_t^{me-eg} \quad (14)$$

2.4. IMPULSO DE PRECIOS DE EXPORTACIONES, IMPORTACIONES, GASTO DE GOBIERNO Y RECAUDACIÓN FISCAL

La medición de los impulsos de los precios de exportaciones e importaciones y de los impulsos de gasto y recaudación fiscal son análogos a las relaciones utilizadas en el MPT2013 para el impulso de los términos de intercambio y el impulso fiscal.

Los impulsos de los precios de las exportaciones (τ_t^{px}) y de las importaciones (τ_t^{pi}) evolucionan según

(15) y (16), respectivamente. Como se aprecia en dichas ecuaciones, ambos impulsos se identifican como una frecuencia intermedia entre variaciones de corto y largo plazo de los respectivos índices de precios. La especificación de estos impulsos corresponde a procesos autoregresivos de orden dos con media cero y raíces reales. Dichos procesos se alimentan adicionalmente de sus propios choques (esto es, $\varepsilon_t^{\tau^{px}}$ y $\varepsilon_t^{\tau^{pi}}$) así como de las variaciones de los precios internacionales de las exportaciones ($\pi_t^{x\$}$) e importaciones ($\pi_t^{m\$}$).

Específicamente,

$$\tau_t^{px} = (a_{\tau_{largo}} + a_{\tau_{corto}})\tau_{t-1}^{px} - a_{\tau_{largo}}a_{\tau_{corto}}\tau_{t-2}^{px} + (a_{\tau_{largo}} - a_{\tau_{corto}})\frac{\pi_t^{x\$} - \pi^*}{4} + \varepsilon_t^{\tau^{px}}, \quad (15)$$

$$\tau_t^{pi} = (a_{\tau_{largo}} + a_{\tau_{corto}})\tau_{t-1}^{pi} - a_{\tau_{largo}}a_{\tau_{corto}}\tau_{t-2}^{pi} + (a_{\tau_{largo}} - a_{\tau_{corto}})\frac{\pi_t^{m\$} - \pi^*}{4} + \varepsilon_t^{\tau^{pi}}, \quad (16)$$

Por su parte, t_t y g_t siguen procesos exógenos autorregresivos de primer orden como se aprecia en (17) y (18), respectivamente.

$$t_t = \rho_t t_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (17)$$

$$g_t = \rho_g g_{t-1} + \varepsilon_t. \quad (18)$$

2.5. LA REGLA DE POLÍTICA MONETARIA

La regla de política monetaria (19) adquiere en esta versión del MPT un carácter prospectivo al considerar en el cálculo del desvío de la inflación a la inflación del IPC-SAE cuatro trimestres adelante (Π_{t+4}^{sae}) y no la inflación subyacente corriente (Π_t^s) como en el MPT2013.

$$i_t = \rho_i i_{t-1} + (1 - \rho_i) \left[i_t^n + f_\pi \widehat{\Pi}_t + f_y [c_{fy} y_t + (1 - c_{fy}) y_{t-1}] \right] + \varepsilon_t \quad (19)$$

$$\widehat{\Pi}_t = E_t \Pi_{t+4}^{sae} - \bar{\Pi} \quad (20)$$

En cuanto al desvío de la inflación con respecto a su meta (20), esta es la brecha entre la inflación tendencial del IPC-SAE cuatro trimestres adelante Π_{t+4}^{sae} y la meta de inflación $\bar{\Pi} = 2$. Asimismo, nótese que en la determinación de la tasa de interés de referencia (19), participa no solo la brecha del producto corriente, sino también la brecha del producto del trimestre anterior.

Adicionalmente, la regla de política monetaria depende ya no de la tasa de interés doméstica en estado estacionario, sino, de la tasa de interés natural, cuya dinámica se describe en

$$i_t^n = (1 - \rho_{i^n})i + \rho_{i^n} i_{t-1}^n + \varepsilon_t \quad (21)$$

Donde i_t^n es la tasa natural, y depende del valor de estado estacionario de la tasa de interés nominal y un factor inercial.

2.6. PARIDAD DESCUBIERTA DE TASAS DE INTERÉS

La última novedad con respecto a la estructura en el MPT2013 se presenta en la Paridad Descubierta de tasas de Interés (PDI). Específicamente, se asume que la prima de riesgo (país y cambiario) en la PDI es directamente afectada por los términos de intercambio. Como se muestra en el Anexo C, la depreciación

nominal es determinada por su expectativa racional ($E_t \lambda_{t+1}$), el diferencial de tasas de interés interbancaria por monedas ($i_t^{me} - i_t^{mn}$), por la prima por riesgo (ξ_t) y un choque (ε_t), de la siguiente manera:

$$\lambda_t = \rho_\lambda E_t \lambda_{t+1} + (1 + \rho_\lambda) [i_t^{me} + \xi_t - i_t^{mn} + \varepsilon_t]. \quad (22)$$

La prima por riesgo en (22) se mantiene al rededor de su nivel de equilibrio (ξ_t^{eq}). Los desvíos de su equilibrio son producto de un choque exógeno y del impulso de los precios de exportaciones (τ_t^{px}),

$$\xi_t = \xi_t^{eq} - \rho_\tau \tau_t^{px} + \varepsilon_t, \quad (23)$$

En (23) se asume que los mayores precios de exportaciones, mejoran los ingresos provenientes del comercio internacional y la posición neta de activos externos. Así, dicho mayor ingreso eventualmente se traduce en una menor prima de riesgo.

3. DATOS Y ESTIMACIÓN

3.1. CALIBRACIÓN Y ESTADO ESTACIONARIO

El MPT es un modelo diseñado para estudiar la dinámica de corto plazo, esto es, no se modelan cambios sistemáticos permanentes entre variables. De acuerdo a ello, la mayoría de variables del MPT se encuentran expresadas como brechas e impulsos y se calibran en cero en el estado estacionario. Los Cuadros 1 y 2 resumen la calibración de largo plazo de todas las variables cuyos valores difieren de cero.

El Cuadro 1 reporta la calibración de largo plazo la cual esta asociada al estado estacionario al que el modelo converge. Como se observa en dicho cuadro, todas las medidas de inflación convergen a dos por ciento en el largo plazo (meta de inflación), incluyendo a las tasas de inflación externas. Una consecuencia de esta calibración es que las tasas de depreciación, (nominal, real y esperada) convergen a cero en el largo plazo.

CUADRO 1. Estado Estacionario en el MPT (1/2)

Variables	Estado estacionario	Observables
Tasas de inflación: Total (1 y 4 Trim.), del IPC-SAE (1 y 4 Trim.), del IPC-AE, importada (1 y 4 Trim.), expectativas, meta, externa IPE puro (1 y 4 Trim.), externa IPE en US\$ e importada en US\$	2	Medidas de precios, Encuesta de Expectativas Macroeconómicas e inflaciones externas
Prima por liquidez en moneda nacional y moneda extranjera	1	Diferencial entre tasa de largo plazo y promedio futuro de interbancaria por moneda
Prima por liquidez externa	0,5	Diferencial entre LIBOR a 1 año y promedio futuro de LIBOR a 3 meses
Encaje en moneda nacional	6,0	Tasas BCRP
Encaje en moneda extranjera	30	Tasas BCRP

Como se aprecia en el Cuadro 2, algunos valores de largo plazo se han recalibrado hacia diciembre 2019. En dicho cuadro y en el resto del documento, MPT2019 hace referencia a la versión del MPT descrita en este texto. Principalmente, se modificaron las tasas de interés en moneda nacional y extranjera: la tasa de política monetaria, la nominal y la natural nominal en moneda nacional pasan de 6 por ciento a 4,5 por ciento mientras la nominal en moneda extranjera pasa de 4 por ciento a 3 por ciento, ajustes justificados por el menor nivel promedio de las tasas en el periodo de análisis. Esta reducción de tasas se traslada también a las tasas del mercado de capitales o tasas monetarias.

Por su parte, las tasas de interés real y real de equilibrio en moneda nacional disminuyeron de 8,82 por ciento a 7,75 por ciento en el periodo de análisis (promedio de 6,8 por ciento entre 2002 y 2012 a uno de 6,6 por ciento en el periodo de análisis), mientras las tasas de interés real y real de equilibrio en moneda extranjera disminuyeron de 7 por ciento a 4 por ciento. Finalmente, se realiza un ajuste en la prima por riesgo y la de equilibrio en 0,50 pbs, dado el menor perfil de riesgo del país (promedio de 2.70 entre 2002 y 2012 frente a uno de 2.3 durante el periodo de análisis).

Se estimaron la mayoría de los parámetros que regulan la dinámica del modelo, con excepción de los parámetros descritos en este párrafo. Se calibra el impacto sobre la brecha del impulso fiscal de recaudación (a_t) y de la brecha del tipo de cambio real (a_q). Ambos coeficientes se fijan en valores cercanos a cero (0.01) como producto de varios ejercicios previos de estimación. En estos ejercicios, tanto a_t como a_q siempre se calculaban cerca del ínfimo del soporte de la distribución *prior*, lo que acarrea problemas de estabilidad en la estimación conjunta. Asimismo, también se optó por calibrar las persistencias en los procesos de depreciación nominal ρ_λ y ρ_{λ^e} en los valores utilizados en el MPT2013 (esto es, $\rho_\lambda = 0,4$ y $\rho_{\lambda^e} = 0,75$). Esto se debe a la elevada incertidumbre observada en estimaciones previas que podrían sugerir problemas de identificación. Además, la contribución de las condiciones monetarias por moneda a las agregadas (c_{rmn} y c_{rme}) y la contribución de las tasas bancarias a las tasas representativas por moneda (c_b^{mn} y c_b^{me}) también se calibran con el propósito de reproducir observaciones contables de los libros del sistema financiero. Finalmente, se calibraron los parámetros de las ecuaciones que describen la dinámica del sector externo: la curva de Phillips externa ($b_\pi^* = 0,3$), la regla de política externa ($\rho_i^* = 0,7$, $f_\pi^* = 1,5$ y $f_y^* = 0,5$), la prima por liquidez externa (ρ_{μ^*}), la demanda agregada externa ($a_{Ey}^* = 0,2$, $a_y^* = 0,6$ y $a_r^* = 0,15$) y la inflación importada en dólares ($c_\pi^{m\$} = 0,2$).

3.2. DATOS Y ESTIMACIÓN

El conjunto de información utilizado para la estimación se construye en base a los datos recopilados desde la adopción del esquema de metas explícitas de inflación. Así, en esta actualización del MPT, la muestra para la estimación inicia el 2002 y termina en el 2017²¹. Se utiliza la información contenida en 27 variables medibles, las cuales se reportan en el cuadro 3. Algunas de las variables medibles tienen una media muestral que difiere del estado estacionario calibrado²² en los Cuadros 1 y 2. En esos casos, se optó por centrar dichas variables en sus valores de largo plazo. Esto es, a cada variable se le suma la diferencia entre el estado estacionario y su media muestral.

Con esta información se estima la gran mayoría de coeficientes del MPT, incluyendo las varianzas de

²¹ En el entorno internacional la muestra incluye al superciclo de *commodities*, la gran recesión (2007-2010) y a la crisis de deuda europea (2009-2010).

²² Por ejemplo, la inflación trimestral promedio en la muestra es de 2,8 por ciento; sin embargo, la meta de inflación es dos por ciento.

los choques exógenos. Al igual que en el MPT2013, se utiliza el método estadístico actualmente preferido para estimaciones de modelos macroeconómicos dinámicos cuya solución posee una representación en el espacio de estados: La econometría Bayesiana. Este enfoque cuenta hoy con una larga tradición que se populariza con el trabajo seminal de [Smets y Wouters \(2003, 2007\)](#). En el caso particular del MPT, estimaciones bayesianas de versiones previas se pueden apreciar en [Salas \(2011\)](#) y [Winkelried \(2013\)](#).

CUADRO 2. Estado Estacionario en el MPT (2/2)

Variables	Estado estacionario		Observables
	MPT2013	MPT2019	
Tasa de interés nominal en moneda nacional: interbancaria, política monetaria y natural nominal	6	4,5	Tasa interbancaria, de política monetaria
Tasa de interés nominal en moneda extranjera	4	3	Tasa interbancaria
Tasa de interés monetaria en moneda nacional	7	5,5	Tasa interbancaria en moneda nacional y Tasa preferencial corporativa a 90 días en moneda nacional
Tasa de interés monetaria en moneda extranjera	5	4	Tasa interbancaria en moneda extranjera y Tasa preferencial corporativa a 90 días en moneda extranjera
Tasa de interés bancaria en moneda nacional	13,37	16,5	Promedio ponderado de las tasas activas a 360 días de empresas corporativas, grandes, medianas y pequeñas
Tasa de interés bancaria en moneda extranjera	11,67	8	Promedio ponderado de las tasas activas a 360 días de empresas corporativas, grandes, medianas y pequeñas
Tasa de interés nominal externa de corto plazo	4	3	Libor a 3 meses
Tasa de interés nominal externa de largo plazo	4,5	3,5	Libor a 12 meses
Tasa de interés real en moneda nacional: real y real de equilibrio	8,82	7,75	Promedio ponderado de las tasas bancaria, monetaria, netas de la inflación esperada Promedio ponderado de las tasas bancaria, monetaria, netas de la inflación y depreciación esperada
Tasa de interés real en moneda extranjera: real y real de equilibrio	7	4	
Prima por riesgo y prima por riesgo de equilibrio	2	1,5	EMBIG Perú

CUADRO 3. Variables observables

Variable	Descripción
π^{sae}	Inflación trimestral del IPC-SAE
π^{ae}	Inflación trimestral del IPC-AE
π	Inflación trimestral
π^m	Inflación importada en S/.
Π^e	Expectativa de inflación 4 trimestres en adelante
i	Tasa de interés de referencia
i^{mn}	Tasa de interés interbancaria en S/.
$I^{c,mn}$	Tasa de interés monetaria en S/.
$I^{b,mn}$	Tasa de interés bancaria en S/.
i^{me}	Tasa de interés interbancaria en US\$
$I^{c,me}$	Tasa de interés monetaria en US\$
$I^{b,me}$	Tasa de interés bancaria en US\$
λ	Depreciación nominal
ξ	Prima por riesgo (riesgo país + riesgo cambiario)
Λ^e	Expectativa de depreciación 4 trimestres en adelante
ΔTI	Crecimiento de los términos de intercambio (Solo MPT 2013)
$\pi^{x\$}$	Crecimiento del precio de las exportaciones en US\$
x^e	Expectativas del crecimiento de la brecha producto
y^*	Brecha del producto de socios comerciales
π^*	Inflación externa (IPE puro)
u	Crecimiento del dólar canasta
i^*	Tasa de interés nominal externa de corto plazo
I^*	Tasa de interés nominal externa de largo plazo
γ	Crecimiento del PBI
$\pi^{m\$}$	Crecimiento del precio de las importaciones en US\$
g	Impulso Fiscal de gasto
t	Impulso Fiscal de impuestos

Nota: se utiliza TRAMO-SEATS (desarrollado en Bógalo (2004)) para identificar y remover factores estacionales. En el caso de las medidas de inflación, tipo de cambio y los precios de exportaciones e importaciones, los índice trimestrales (con los que se calcula la variación trimestral) se obtiene con los promedios trimestrales de los índices mensuales. Las tasas de interés trimestrales son las tasas promedio del mes que cierra el trimestre. Finalmente, los componentes del impulso fiscal se calculan a partir de la desagregación del cambio en el déficit primario estructural, la medida de déficit primario neto de los ingresos cíclicos del gobierno general.

Los Cuadros 4 y 5 resumen los resultados de la estimación. Se presentan la distribuciones *prior* y *posterior*, así como el ratio de varianzas (RV). Asimismo, las dos últimas columnas reportan los valores efectivamente utilizados por los técnicos del BCRP al operar el MPT. Con respecto al RV se resaltan los coeficientes que poseen problemas de dominancia del *prior*. En esta actualización, así como en la estimación del MPT2013, se considera dominancia del *prior* si $RV > 0,35$ ²³. Por lo general, las dos últimas columnas de estos cuadros corresponden con la media de la distribución *posterior*. Sin embargo, en algunos casos se hacen redondeos y ajustes menores tras considerar el juicio de expertos dentro del intervalo de confianza.

Las diferencias más notables se pueden apreciar en la estimación de los parámetros de la curva de Phillips (ecuación (2)). Estos cambios se deben principalmente al cambio de medida tendencial de inflación (ya que la inflación del IPC-SAE es 29,8 por ciento menos volátil que la inflación subyacente) y

²³ El ratio de varianzas (RV) se define como la varianza de la distribución *posterior* relativa a la varianza de la distribución *prior*. De esta forma, se entiende por un RV cercano a uno/cero que los resultados *posterior* presentan una fuerte/débil influencia del *prior*.

a un potencial aplanamiento de la curva. Específicamente, el parámetro referido a la inercia de la inflación se reduce de $b_p = 0,35$ (subyacente en el MPT2013) a $b_{sae} = 0,22$ (SAE en esta versión); y, en línea con la hipótesis del aplanamiento de la curva de Phillips, la pendiente de dicha curva se reduce de $b_y = 0,15$ a $b_y = 0,12$. Sin embargo, concluir que en efecto la curva de Phillips se ha aplanado requiere de evaluaciones adicionales, ya que se utilizaron diferentes medidas entre ambas estimaciones.

Producto de la nueva estimación destaca la mayor persistencia de las primas por liquidez, si bien se mantienen desviaciones estándar similares ($\rho_{\mu^{mn}}$ y $\rho_{\mu^{me}}$ pasan de 0,50 y 0,50 a 0,87 y 0,86, respectivamente). Aunque, la tasa bancaria en soles resulta menos inercial (ρ_b^{mn} se reduce de 0,70 a 0,54).

Uno de los mayores cambios en esta actualización del MPT es sobre la especificación de la brecha de producto en la ecuación (7). Específicamente, se desagrega el impulso fiscal y los términos de intercambio por la contribución de sus componentes. Con respecto al impulso fiscal, en MPT2013 se estima una contribución conjunta de $a_\phi = 0,15$. En cambio, en esta actualización del MPT se calibra la contribución de la recaudación en $a_t = 0,01$ con lo que se estima el impulso de gasto de gobierno en $a_g = 0,15$. De manera similar, la contribución agregada de los términos de intercambio se estimaba en $\bar{a}_\tau = 0,01$ (en el MPT2013); sin embargo, la contribución de los precios de importaciones ($a_{\tau^{pi}} = 0,01$) y exportaciones ($a_{\tau^{px}} = 0,02$) se estiman significativamente diferentes entre sí, con un mayor peso asociado a los precios de importaciones.

Con respecto a los otros determinantes de la brecha de producto, se estima un menor peso de la inercia y de la confianza (a_y y a_{y^e} se reducen de 0,60 y 0,25 a 0,55 y 0,11). En contraste, se incrementa la contribución de la brecha de socios comerciales (a_{y^*} se incrementa de 0,15 a 0,36). Asimismo, se incrementa ligeramente la contribución de las condiciones monetarias en la determinación de la brecha del producto (a_ψ se incrementa de 0,10 a 0,11).

3.3. CAMBIOS EN LAS PROPIEDADES DINÁMICAS DEL MPT

Una forma directa de evaluar las implicancias de la nueva especificación del modelo, y de la reestimación de sus parámetros, es a través de la comparación de la Función de Respuesta a los Impulsos (FRI). De esta forma, se pueden contrastar las propiedades dinámicas de ambas versiones del MPT. En esta sección se coteja una selección de FRIs de la versión del MPT presentada en este documento contra las del MPT2013 ante algunos choques domésticos y externos. Es importante mencionar que los FRIs presentados en este documento corresponden a choques de un solo periodo y no a una secuencia predeterminada de los mismos como es el caso en Winkelried (2013).

CUADRO 4. Estimación (1/2)

	Distribución <i>prior</i>			Distribución <i>posterior</i>				RV	MPT2013	MPT2019
	Forma	Media	Std.	Moda	Media	Std.	Intervalo 90 %			
<i>Inflaciones</i>										
b_s	\mathcal{B}	0,50	0,20	0,65	0,65	0,08	[0,52; 0,77]	0,15	0,65	0,65
b_m	\mathcal{B}	0,50	0,20	0,07	0,08	0,02	[0,04; 0,11]	0,01	0,10	0,08
b_{sae}	\mathcal{B}	0,50	0,20	0,22	0,22	0,06	[0,11; 0,32]	0,09	-	0,22
b_p	-	-	-	-	-	-	-	-	0,35	-
b_y	\mathcal{B}	0,50	0,20	0,13	0,12	0,04	[0,06; 0,18]	0,04	0,15	0,12
σ_{suby}	-	-	-	-	-	-	-	-	0,75	-
σ_{sae}	$I\mathcal{G}$	0,90	2,00	0,85	0,87	0,07	[0,74; 0,99]	0,00	-	0,87
σ_{ae}	$I\mathcal{G}$	3,56	2,00	3,62	3,71	0,31	[3,18; 4,23]	0,02	-	3,71
<i>Expectativas de inflación</i>										
ρ_{π^e}	\mathcal{B}	0,50	0,20	0,43	0,45	0,06	[0,35; 0,54]	0,08	0,75	0,45
c_p	\mathcal{B}	0,50	0,20	0,19	0,20	0,03	[0,15; 0,25]	0,02	-	0,20
σ_{π^e}	$I\mathcal{G}$	0,25	2,00	0,15	0,16	0,01	[0,13; 0,19]	0,00	0,33	0,16
<i>Inflación Importada</i>										
c_{mm}	\mathcal{B}	0,50	0,20	0,34	0,34	0,08	[0,21; 0,47]	0,16	0,50	0,34
c_{mq}	\mathcal{B}	0,50	0,20	0,30	0,31	0,06	[0,21; 0,41]	0,09	0,30	0,31
σ_m	$I\mathcal{G}$	5,05	2,00	4,45	4,61	0,38	[3,93; 5,26]	0,04	5,25	4,61
<i>Tasas de interés en moneda nacional</i>										
σ_i	$I\mathcal{G}$	0,60	2,00	0,60	0,61	0,06	[0,52; 0,71]	0,00	0,50	0,61
$\sigma_{i^{mn}}$	$I\mathcal{G}$	0,18	2,00	0,17	0,17	0,01	[0,14; 0,19]	0,00	0,20	0,17
<i>Prima por liquidez en soles</i>										
$\rho_{\mu^{mn}}$	\mathcal{B}	0,50	0,20	0,88	0,87	0,06	[0,78; 0,96]	0,08	0,50	0,87
$\sigma_{\mu^{mn}}$	$I\mathcal{G}$	0,34	2,00	0,28	0,29	0,03	[0,24; 0,34]	0,00	0,36	0,29
<i>Curva de rendimiento en soles</i>										
$\sigma_{I^{c,mn}}$	$I\mathcal{G}$	0,16	2,00	0,06	0,07	0,02	[0,04; 0,10]	0,00	0,16	0,07
<i>Encaje en soles</i>										
$\sigma_{e^{mn}}$	$I\mathcal{G}$	2,24	2,00	1,48	1,85	0,45	[0,94; 2,80]	0,05	1,30	1,85
<i>Tasa Bancaria en soles</i>										
ρ_b^{mn}	\mathcal{B}	0,50	0,20	0,50	0,54	0,09	[0,38; 0,69]	0,21	0,70	0,54
$c_{b,e}^{mn}$	\mathcal{B}	0,50	0,20	0,59	0,56	0,18	[0,29; 0,82]	0,83*	0,30	0,60
$\sigma_{I^{b,mn}}$	$I\mathcal{G}$	0,64	2,00	0,24	0,27	0,06	[0,16; 0,38]	0,00	0,75	0,27
M^{mn}	\mathcal{N}	1,00	0,50	0,56	0,56	0,04	[0,49; 0,63]	0,01	0,60	0,56
<i>Tasas de interés en moneda extranjera</i>										
$\sigma_{i^{me}}$	$I\mathcal{G}$	0,95	2,00	0,90	0,92	0,08	[0,78; 1,05]	0,00	0,95	0,92
<i>Prima por liquidez en moneda extranjera</i>										
$\rho_{\mu^{me}}$	\mathcal{B}	0,50	0,20	0,87	0,86	0,05	[0,78; 0,93]	0,06	0,50	0,86
$\sigma_{\mu^{me}}$	$I\mathcal{G}$	0,53	2,00	0,38	0,39	0,03	[0,33; 0,45]	0,00	0,35	0,39
<i>Curva de rendimiento en moneda extranjera</i>										
$\sigma_{I^{c,me}}$	$I\mathcal{G}$	0,17	2,00	0,07	0,08	0,02	[0,04; 0,12]	0,00	0,19	0,08
<i>Encaje en moneda extranjera</i>										
$\sigma_{e^{me}}$	$I\mathcal{G}$	2,54	2,00	1,64	2,04	0,50	[0,99; 3,14]	0,06	1,00	2,04
<i>Tasa Bancaria en moneda extranjera</i>										
ρ_b^{me}	\mathcal{B}	0,50	0,20	0,69	0,71	0,05	[0,62; 0,80]	0,07	0,70	0,71
$c_{b,e}^{me}$	\mathcal{B}	0,50	0,20	0,55	0,51	0,17	[0,24; 0,77]	0,76*	0,60	0,50
$\sigma_{I^{b,me}}$	$I\mathcal{G}$	0,39	2,00	0,16	0,19	0,05	[0,10; 0,27]	0,00	0,50	0,19
M^{me}	\mathcal{N}	1,00	0,50	0,98	0,98	0,05	[0,90; 1,07]	0,01	1,00	0,98

* Coeficientes con problema de dominancia *a priori*. Nota: \mathcal{B} =beta, $I\mathcal{G}$ =Gamma inversa y \mathcal{N} =normal.

CUADRO 5. Estimación (2/2)

Distribución <i>a priori</i>				Distribución <i>a posteriori</i>				RV	MPT2013	MPT2019
Forma	Media	Std.	Moda	Media	Std.	Intervalo 90 %				
<i>Tipo de cambio</i>										
σ_λ	<i>IG</i>	7,25	2,00	9,96	10,19	0,83	[8,77; 11,59]	0,17	6,21	10,19
<i>Depreciación esperada</i>										
σ_{λ^e}	<i>IG</i>	1,17	2,00	0,83	0,85	0,07	[0,72; 0,96]	0,00	0,75	0,85
<i>Prima por riesgo</i>										
ρ_ξ	<i>B</i>	0,50	0,20	0,78	0,78	0,04	[0,70; 0,85]	0,05	0,80	0,78
σ_ξ	<i>IG</i>	0,11	2,00	0,65	0,66	0,06	[0,57; 0,76]	0,00	0,25	0,66
<i>Depreciación real de equilibrio</i>										
ρ_κ	<i>B</i>	0,50	0,20	0,65	0,54	0,22	[0,24; 0,87]	1,21*	-	0,40
σ_κ	<i>IG</i>	1,48	2,00	0,79	1,34	0,30	[0,41; 2,34]	0,02	3,67	1,34
<i>Brecha producto</i>										
a_y	<i>B</i>	0,50	0,20	0,66	0,66	0,06	[0,55; 0,76]	0,10	0,60	0,55
a_{y^e}	<i>B</i>	0,14	0,10	0,10	0,11	0,05	[0,02; 0,19]	0,28	0,25	0,11
a_ψ	<i>B</i>	0,14	0,10	0,10	0,11	0,05	[0,02; 0,20]	0,29	0,10	0,11
a_ϕ	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15	-
a_g	<i>B</i>	0,14	0,10	0,15	0,15	0,06	[0,06; 0,25]	0,32	-	0,15
\bar{a}_τ	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15	-
$a_{\tau^{px}}$	<i>B</i>	0,14	0,10	0,06	0,10	0,05	[0,01; 0,18]	0,26	-	0,01
$a_{\tau^{pi}}$	<i>B</i>	0,14	0,10	0,05	0,08	0,05	[0,00; 0,16]	0,28	-	0,02
a_{y^*}	<i>B</i>	0,14	0,10	0,36	0,36	0,12	[0,17; 0,55]	1,48*	0,15	0,36
σ_y	<i>IG</i>	0,62	2,00	0,61	0,64	0,06	[0,54; 0,75]	0,00	0,50	0,64
<i>Expectativas de crecimiento</i>										
ρ_{x^e}	<i>B</i>	0,50	0,20	0,69	0,69	0,07	[0,58; 0,81]	0,12	0,50	0,69
σ_{x^e}	<i>IG</i>	0,97	2,00	1,01	1,03	0,09	[0,87; 1,18]	0,00	1,00	1,03
<i>Impulso fiscal</i>										
ρ_t	<i>B</i>	0,50	0,20	0,43	0,44	0,11	[0,26; 0,61]	0,28	-	0,44
ρ_g	<i>B</i>	0,50	0,20	0,39	0,39	0,10	[0,23; 0,56]	0,26	-	0,39
<i>Economía externa</i>										
σ_m^s	<i>IG</i>	8,18	2,00	7,91	8,05	0,64	[6,94; 9,11]	0,10	-	8,05
σ_π^*	<i>IG</i>	1,59	2,00	1,39	1,41	0,12	[1,22; 1,62]	0,00	-	1,42
σ_i^*	<i>IG</i>	0,54	2,00	0,64	0,65	0,06	[0,56; 0,74]	0,00	-	0,65
σ_I^*	<i>IG</i>	0,15	2,00	0,40	0,41	0,07	[0,29; 0,52]	0,00	-	0,41

* Coeficientes con problema de dominancia *a priori*. Nota: *B*=beta y *IG*=Gamma inversa.

Choque de Política Monetaria

En el Gráfico 1 se compara las FRI ante un choque de política monetaria. La columna izquierda presenta las respuestas elaboradas con la versión del MPT2013, mientras que la columna derecha la versión de este documento. Un incremento de 25 puntos básicos de la tasa de interés de referencia afecta directamente las condiciones monetarias reales a través de su impacto sobre la estructura de tasas de interés nominales (subgráficos 1g y 1h en el Gráfico 1) e indirectamente a través de la inflación y la depreciación esperadas. La respuesta inicial es similar en ambas versiones del modelo; sin embargo, en esta versión del modelo se registra una mayor persistencia. En el MPT se cuenta con tres canales de transmisión de este choque: el canal de tasas de interés (mediante el efecto directo sobre las condiciones monetarias), el canal del tipo de cambio y de la depreciación esperada (vía PDI) y el canal de expectativas (asociado al ajuste de expectativas de inflación y actividad de los agentes).

El choque de política monetaria afecta rápidamente las expectativas de los agentes tanto sobre actividad (brecha de producto) como sobre la inflación. Así, menores expectativas de crecimiento económico, junto

con la consecuente contracción de las condiciones monetarias y la apreciación real generada contraen la brecha de producto. Nótese que este canal es más pronunciado y persistente en esta versión del MPT (subgráficos 1i contra 1j del Gráfico 1). Las expectativas de inflación responden de manera casi equivalente en ambas versiones del MPT (subgráficos 1c contra 1d del Gráfico 1), aunque en MPT2013 se reporta un mayor impacto en las expectativas de depreciación.

La suma de las menores brecha de producto y de expectativas de inflación contraen todas las medidas de inflación (total, tendencial y no tendencial). Sin embargo, hay importantes diferencias cuantitativas entre las versiones del MPT aquí discutidas. En el MPT2013 la contribución de la inflación tendencial (subyacente) alcanza un máximo mayor al de la contribución de la inflación no tendencial (-3,63 y -3,03 puntos porcentuales, respectivamente). En contraste, en esta versión del MPT, la inflación tendencial (SAE) alcanza un máximo menor al de la inflación no tendencial (-1,90 y -3,40 puntos porcentuales, respectivamente). En ambas versiones, la inflación no tendencial responde más rápido y con menos inercia. Sin embargo, en esta versión del MPT, no se reporta el rebote que se observa en el MPT2013 en todas las medidas de inflación. Así, en el MPT2013 las inflación total muestra la respuesta más pronunciada aunque menos persistente. De hecho, en esta versión del MPT, la inflación total converge lentamente y monótonamente a su valor de estado estacionario.

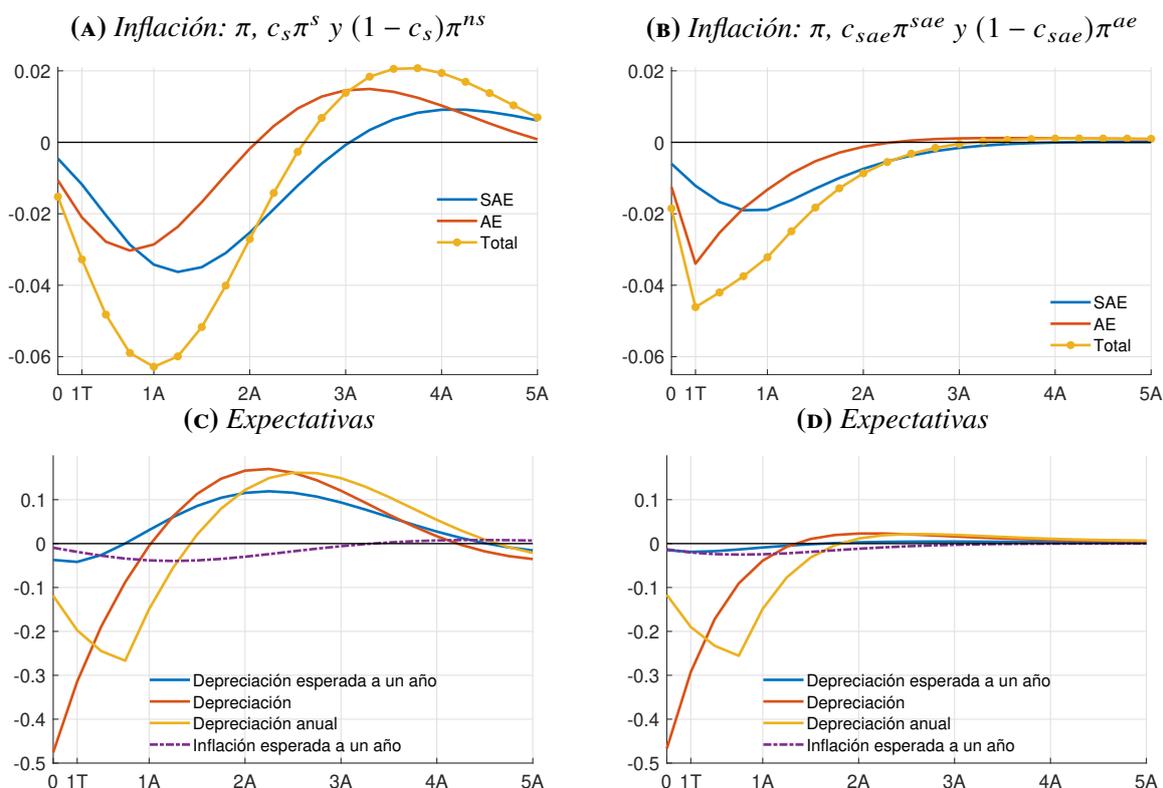
Este es un cambio importante en las propiedades dinámicas del modelo. Implícitamente, esta actualización del MPT asigna una mayor capacidad al BCRP de regular la inflación. Ya que, si bien la máxima repuesta de la inflación es menor, los efectos de la política monetaria convencional resultan más duraderos.

Con respecto al canal de tasas de interés, en los subgráficos 1g y 1h del Gráfico 1 se muestran los efectos del choque sobre las tasas de interés nominales de corto y largo plazo. El incremento de la tasa de interés de política monetaria se traspaša inmediatamente a la tasa interbancaria, la cual produce un incremento en el costo de fondeo del mercado de capitales y a través de esta, en la tasa de interés del mercado bancario. Este traspašo incompleto a las tasas de mercado es consistente con hallazgos reportados en Lahura (2006, 2017) y Rodríguez (2009).

Debido a la PDI, este menor e imprevisto estímulo monetario produce también una apreciación nominal del tipo de cambio al ampliar el diferencial de tasas de corto plazo. Este mecanismo constituye el canal del tipo de cambio, en el que la apreciación nominal reduce la inflación importada y la consecuente brecha negativa del tipo de cambio real se traduce en una menor brecha de producto.

En el agregado, el canal de tasas y de tipo de cambio se materializan en unas condiciones monetarias reales contractivas, al inicio tanto en moneda nacional y extranjera, lo que se observa en los subgráficos 1e y 1f del Gráfico 1. Por un lado, las condiciones monetarias externas caen por las expectativas de apreciación y un mayor flujo de capitales en la economía. Asimismo, se ve beneficiada por las menores expectativas de inflación, lo cual tiene un efecto significativo en una economía parcialmente dolarizada como la peruana. Por otro lado, las condiciones monetarias en moneda nacional se ven afectadas por el aumento de la tasa de interés de política monetaria y su consiguiente efecto traspašo incompleto en las tasas bancarias y monetarias de corto y largo plazo. Cabe resaltar que el MPT2013 otorga una ponderación homogénea a ambas monedas para la elaboración del índice de condiciones monetarias. Por su parte, el MPT2019 otorga una ponderación de 0.60 para la moneda nacional y de 0.40 para la extranjera, a raíz de

GRÁFICO 1. Respuestas ante un incremento de 25 pbs en la tasa de interés de referencia MPT2013 (izquierda) vs MPT2019 (derecha)



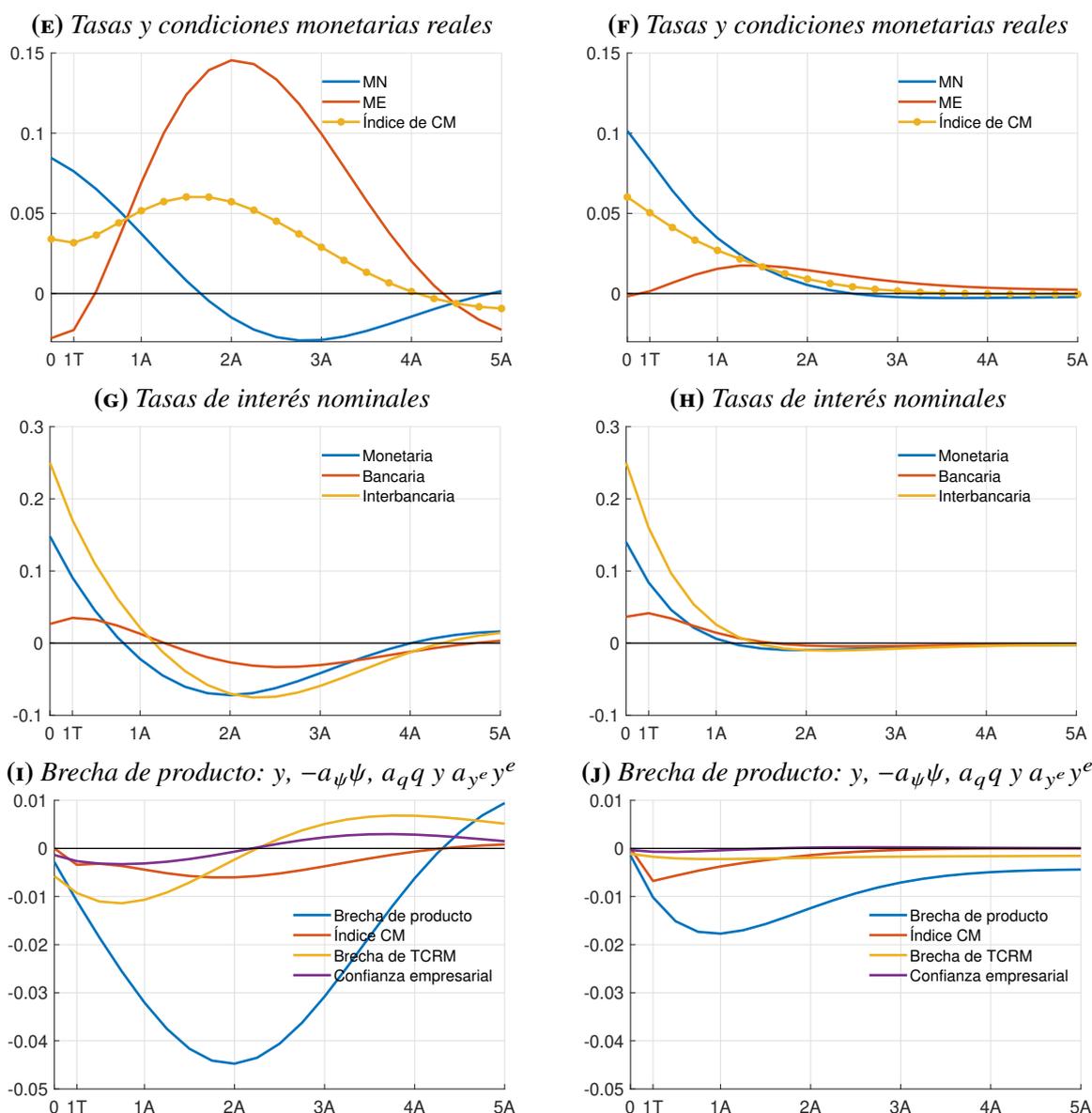
la menor dolarización financiera experimentada en la economía peruana Castillo y otros (2009); Rossini y Vega (2007); Armas y Grippa (2006); Salas (2011).

En adición, tanto la menor brecha del tipo de cambio real como el deterioro de las condiciones monetarias reales contraen la brecha del producto. Como se aprecia en los subgráficos 1i y 1j, el canal de condiciones monetarias es relevante al determinar la respuesta de la brecha de producto. Asimismo, se debe considerar el rol importante de la inercia en la respuesta de esta variable, tanto directa como indirectamente (por medio de las expectativas).

La respuesta, en términos de brecha de producto e inflación, refleja el poder del BCRP de regular la economía en el corto plazo. Esta respuesta es ciertamente menos pronunciada que en MPT2013 y se mantiene en el rango estimado con distintas metodologías en Winkelried (2005); Bigio y Salas (2006); Castillo y otros (2011); Lahura (2012) y Pérez Forero (2016).

Choque de tasa de interés de la FED

Por su parte, en el Gráfico 2, se presenta la respuesta dinámica del modelo ante un choque de 25 puntos básicos de la tasa de interés internacional. En el MPT, el sector externo se modela como una economía cerrada estilizada nuevo keynesiana. Así, el choque de tasa contrae la brecha de socios comerciales y la inflación externa como se observa los subgráficos 2i y 2j del Gráfico 2. Los efectos sobre la depreciación de la menor inflación externa se ven contrarrestados por la depreciación derivada de un mayor diferencial de tasas en la PDI. Así, la brecha de tipo de cambio real contrarresta en parte la contribución de la brecha de socios sobre la brecha doméstica. Sin embargo, la brecha de producto se contrae como consecuencia del choque. Esta dinámica sobre la actividad económica se estima más pronunciados en el MPT2013



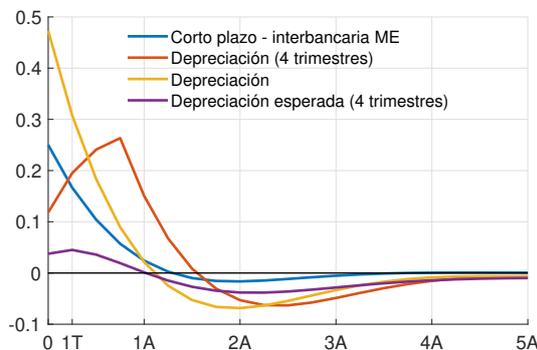
(subgráfico 2i comparado con el subgráfico 2j).

Como se describe líneas arriba, la tasa internacional se traslada a la tasa de corto plazo en moneda extranjera (subgráficos 2a, 2b). Los efectos inflacionarios derivados de la depreciación nominal previenen una respuesta de política monetaria, por lo que la tasa de corto plazo en moneda nacional se mantiene estable. Con respecto a la respuesta en tasas de corto plazo, en el MPT2013 y el MPT2019 se prevén dinámicas similares.

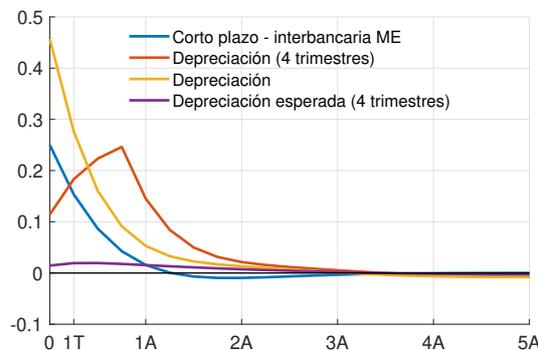
En cambio, las condiciones monetarias reales sufren una contracción por la caída del estímulo monetario en moneda extranjera. La caída es capturada en los subgráficos 2g y 2h, en los cuales se observa una mayor magnitud en el MPT2013, experimentada en parte por el mayor peso que se le otorga a las condiciones monetarias externas. El modelo actual lo internaliza tras 4 trimestres, en las cuales las condiciones contractivas se obtienen por las mayores expectativas de depreciación e inflación tras la salida de capitales por la PDI. Estos mecanismos impactan directamente en las medidas más volátiles de

GRÁFICO 2. Respuestas ante un incremento de 25 pbs en la tasa de interés externa MPT2013 (izquierda) vs MPT2019 (derecha)

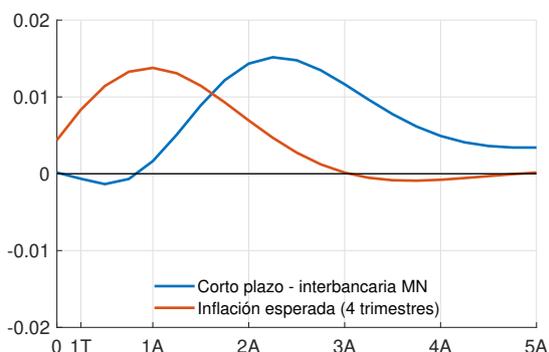
(A) Tasas interbancarias en ME y depreciación



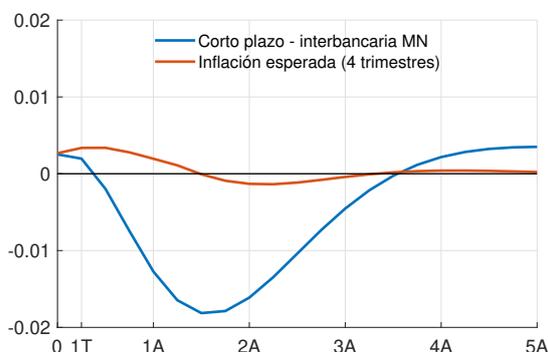
(B) Tasas interbancarias en ME y depreciación



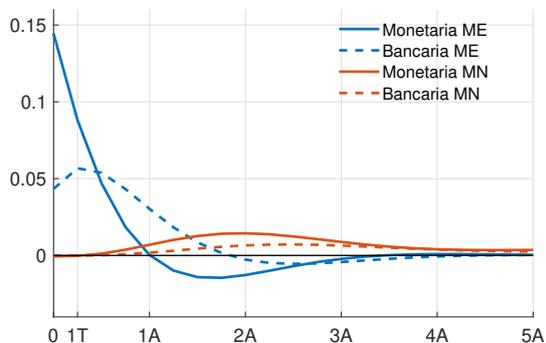
(C) Tasas interbancarias en MN y expectativas



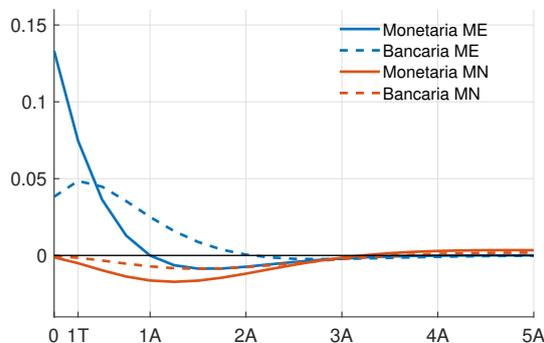
(D) Tasas interbancarias en MN y expectativas



(E) Tasas de largo plazo



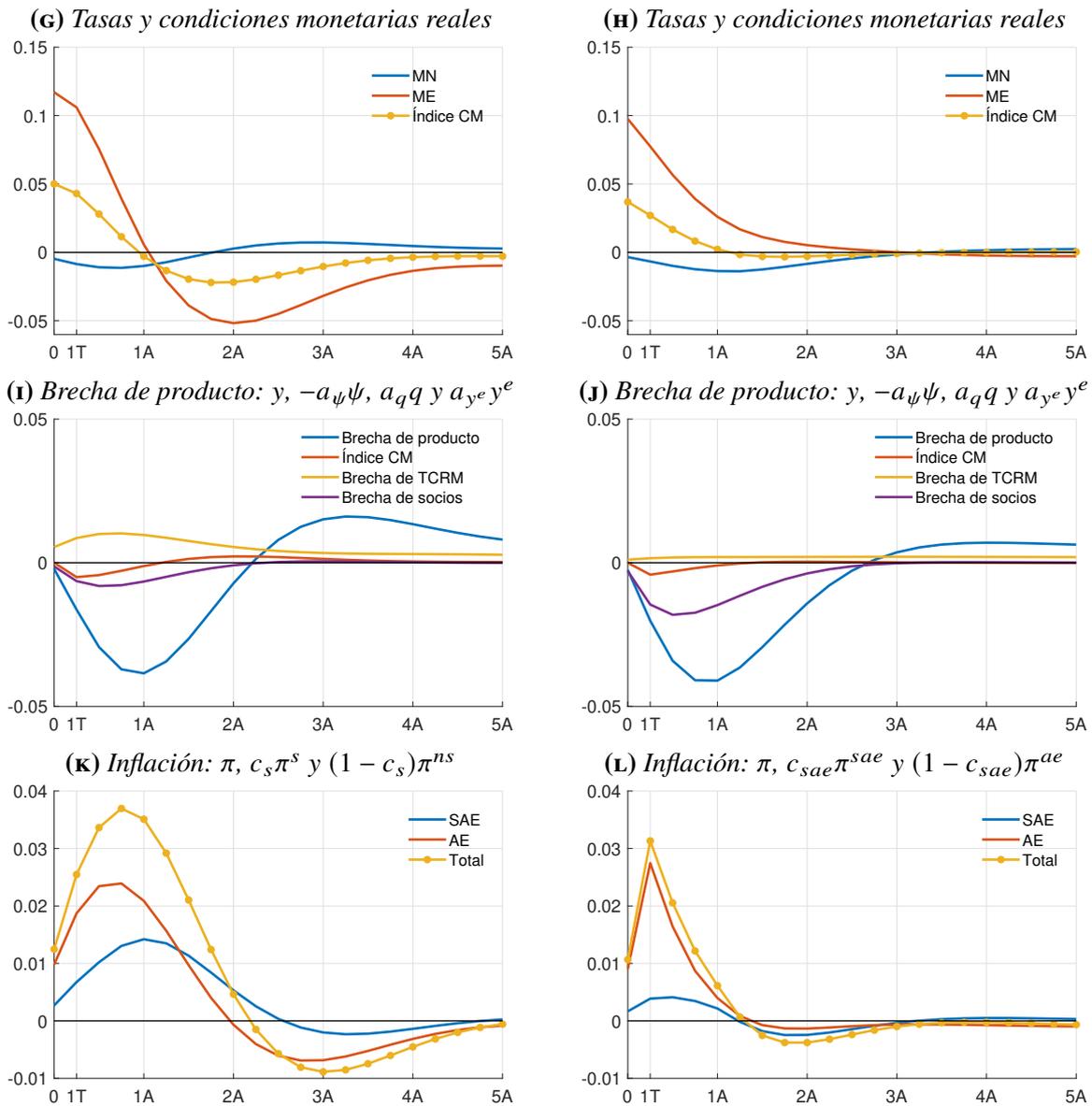
(F) Tasas de largo plazo



inflación, por el efecto traspaso del tipo de cambio en la inflación de alimentos y energía y, posteriormente, en la total.

4. RESULTADOS

En esta sección se discute con detalle las características del MPT de esta actualización. En primer lugar se estudia las propiedades dinámicas del modelo. Para ello se presenta las FRIs de las principales variables del modelo ante una selección de choques entre domésticos y externos. Finalmente, se elabora la narrativa de la histórica en la muestra derivada a partir del modelo. Esto último es producto de la estimación de las principales variables no observables y de la descomposición histórica de una selección de variables del modelo.



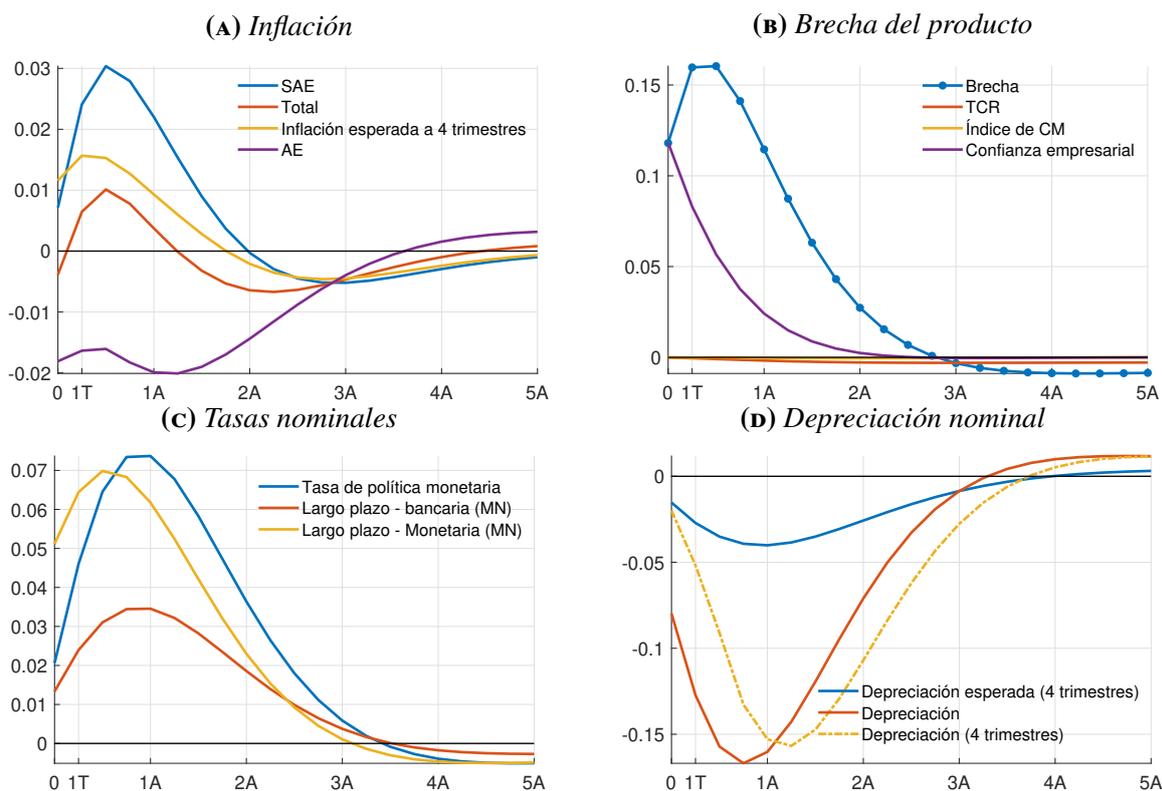
4.1. PROPIEDADES DINÁMICAS DEL MODELO DE PROYECCIÓN TRIMESTRAL

La evaluación de las propiedades dinámicas del modelo consiste en el análisis de las FRIs ante varios choques. Con respecto a los sucesos domésticos, se incluye la respuestas ante choques a la confianza empresarial o brecha esperada. Por su parte, entre los eventos originados en el sector externo se estudian las respuestas ante los choques a los precios de exportación, de prima por riesgo y a la inflación importada.

La FRI es una métrica que describe la reacción de una variable endógena (sea esta $y_{i,t}$) en el modelo ante un movimiento (no predecible) de algún choque (sea este ξ_{t-s}^j) ocurrido hace s periodos. Esto es,

$$FRI_{ij}(s) = \frac{\partial y_{i,t}}{\partial \xi_{t-s}^j}. \tag{24}$$

GRÁFICO 3. Respuestas ante un incremento de una desviación estándar de la confianza empresarial



Choque a la Confianza Empresarial

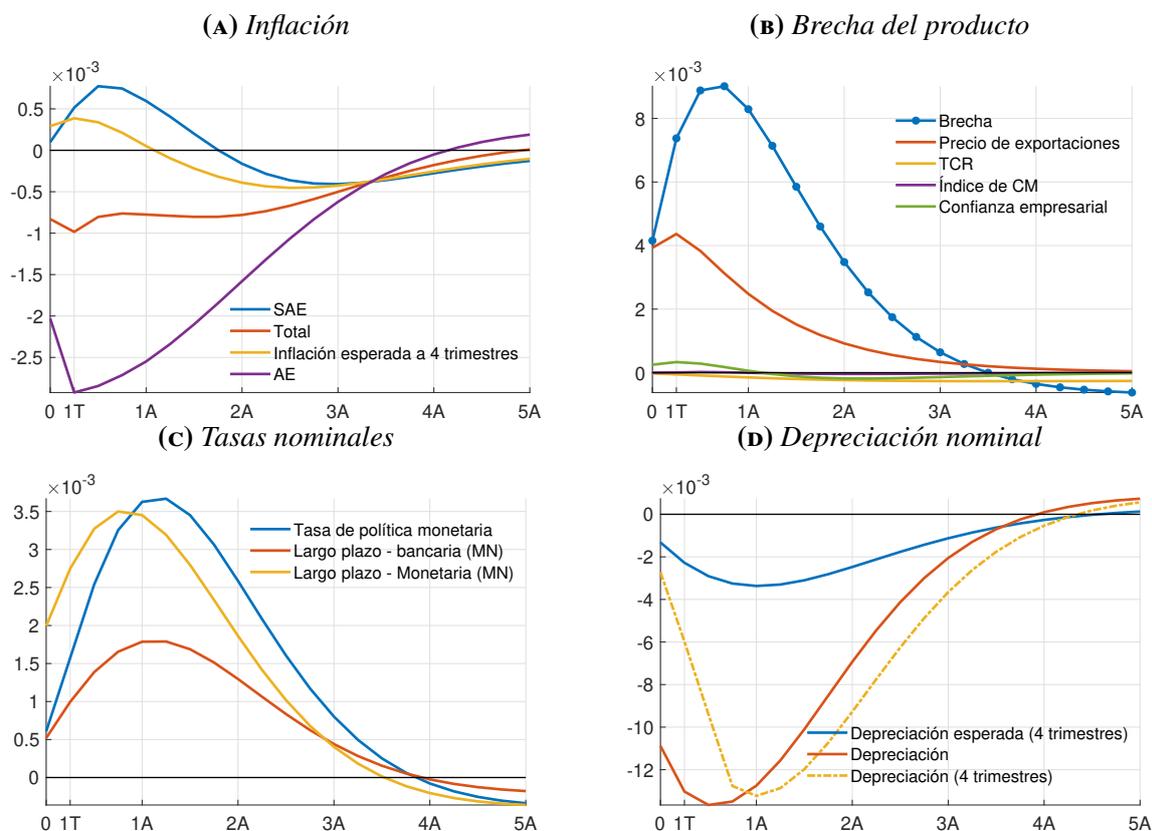
El Gráfico 3 reporta la respuesta de la economía ante un optimismo repentino de los agentes por un mejor crecimiento económico. Este optimismo se traduce rápidamente en una mayor brecha corriente y esperada. Asimismo, la mayor brecha producto produce un mayor crecimiento del producto debido a que el crecimiento potencial se mantiene estable (ver subgráfico 3b del Gráfico 3).

Como producto de la curva de Phillips, la mayor actividad económica genera incrementos de la inflación del IPC-SAE. Debido a que la inflación del IPC-SAE es la inflación tendencial, se registra también incrementos de las expectativas de inflación. En suma, como se observa en el subgráfico 3a del Gráfico 3, la inflación total aumenta. Ante este proceso inflacionario con brecha del producto positiva, el BCRP reacciona incrementando la tasa de política monetaria (subgráfico 3c). Con mayores tasas domésticas, según la PDI, se produce una apreciación nominal inicial (subgráfico 3d). Eventualmente los efectos se disipan y la economía regresa a su estado estacionario.

Choque al Impulso de los Precios de Exportación

El Gráfico 4 resume los efectos de un choque en los precios de exportación. El incremento inesperado de los precios de exportaciones reduce la prima por riesgo, según la ecuación (23), mejores precios de exportación se entienden como condiciones económicas más auspiciosas; y por lo tanto, se reduce la prima por riesgo. La menor prima por riesgo produce una apreciación nominal y a su vez una reducción del índice de condiciones monetarias reales. Ambos factores contribuyen a una reducción de la brecha de producto; sin embargo, el impulso directo de los precios de exportaciones resulta dominante, como puede

GRÁFICO 4. Respuestas ante un incremento de una desviación estándar del impulso de los precios de exportación



verse en el subgráfico 4b del Gráfico 4.

Asimismo, la apreciación nominal del tipo de cambio genera una disminución de la inflación importada a través del desvío de la ley de un solo precio, así, se produce una reducción tanto de la inflación del IPC-AE como de la inflación del IPC-SAE. Sin embargo, esta última medida de inflación tendencial en neto se incrementa debido al aumento de la brecha del producto. En la determinación de la inflación total, la reducción de la inflación del IPC-AE predomina, lo que contrae la inflación total (ver subgráfico 4a del Gráfico 4).

Choque a la Prima por Riesgo

La prima de riesgo es una variable importante en el MPT ya que ésta resume la percepción de no residentes sobre el desempeño macroeconómico doméstico, corriente y esperado. En principio, si el mecanismo de hoja de balance en las condiciones monetarias no estuviese activo (esto es, $c_{hb} = 0$ en la ecuación (8)), las respuestas serían similares a las registradas ante un choque a la PDI. Estas se encuentran en el Gráfico 5.

La mayor medida de riesgo país y financiero impacta en un choque transitorio de las medidas de alimentos y energía, por el mayor tipo de cambio nominal y su efecto traspaso en las medidas de precios, como se observa en el subgráfico 5a. Dicho aumento inflacionario, sumado a las mayores primas generan una mayor respuesta de las medidas de política monetaria y del resto de tasas de interés del mercado, ante

el mayor costo de financiamiento. A su vez, se tiene un efecto positivo en la brecha del producto por la contribución de la mayor brecha del tipo de cambio real.

En este caso, la magnitud del canal de condiciones monetarias es menor y principalmente guiado por el traspaso a las distintas tasas de interés de mercado por el mayor costo de financiamiento y la transitoriedad de la depreciación nominal (subgráfico 5e).

En contraste, el Gráfico 6 presenta la dinámica doméstica ante un incremento inesperado de la prima por riesgo cuando el mecanismo de hoja de balance se encuentra activado (esto es, $c_{hb} = 1$ en la ecuación (8)). La activación de este fenómeno implica un canal de las medidas de riesgo sobre las condiciones financieras y, por ende, sobre la brecha producto, inflación del IPC-SAE y medidas de política monetaria, especialmente en una economía emergente y con un grado parcial de dolarización financiera. Específicamente, se tiene un traspaso directo y transitorio del choque a la prima por riesgo, lo cual disminuye el índice de condiciones monetarias por la mayor medida de riesgo país y cambiario (subgráfico 6e).

Ante una mayor dificultad de préstamos y posibles problemas de liquidez, se tiene una menor brecha del producto, a pesar de la mayor depreciación nominal y mayor brecha del tipo de cambio real, como se observa en el subgráfico 6b. La menor brecha del producto contrae las medidas de inflación más endógenas (inflación del IPC-SAE y expectativas) y genera reducciones en la tasa de interés de política monetaria y en el resto de tasas por el efecto traspaso (subgráfico 6c).

Dicho mecanismo difiere del caso sin la hoja de balance en la respuesta de la política y en el comportamiento de la brecha del producto, puesto que previamente se observaba un aumento de las tasas para retirar el mayor estímulo monetario y la mayor actividad.

4.2. LA HISTORIA RECIENTE DESDE LA PERSPECTIVA DEL MODELO DE PROYECCIÓN TRIMESTRAL

En este apartado, se presentan la estimación de un conjunto de variables macroeconómicas no observables relevantes para la autoridad monetaria. Estas son, la brecha del producto, el crecimiento potencial del PBI y la tasa de interés natural. Asimismo, se hace un esfuerzo por identificar sus principales determinantes.

El MPT es un modelo dinámico estocástico que involucra a un conjunto de variables entre no observables y medibles. Por lo tanto, la solución de expectativas racionales del modelo se puede escribir como una representación de espacio de los estados. Así, el filtro de Kalman sobre dicha representación permite estimar la secuencia dinámica del conjunto de variables no observables²⁴. En adición, la estructura del MPT permite también identificar la contribución histórica de distintos eventos estructurales sobre las variables del modelo. Este último ejercicio se denomina “descomposición histórica” y consiste en reconstruir los valores observados (o estimados) de las variables endógenas del MPT como la suma

²⁴ Es importante destacar, que hay un subconjunto de no observables que se obtienen en estimaciones satélites fuera del modelo y se utilizan como medibles. Este subconjunto incluye a la brecha del tipo de cambio real de equilibrio, la brecha de socios comerciales, los impulsos (de precios de exportación e importación y de recaudación y gasto de gobierno), entre otros. Estos se obtienen a través de procedimientos externos al modelo que incluyen desde regresiones o filtros econométricos hasta construcciones de expertos.

descontada histórica de los choques estructurales. Así, se puede elaborar la narrativa histórica detrás de la dinámica económica doméstica.

En los Gráficos 7a, 7a y 11 se presentan las estimaciones de las variables no observables mencionadas arriba. Así como en [Castillo y Florián \(2019a\)](#), en estos gráficos, el intervalo y el promedio de los no observables son producto de cambios en el conjunto de variables medibles²⁵. Este ejercicio permite evaluar la contribución de distintos conjuntos de información en la determinación de estos no observables. En concreto, los seis conjuntos de información, ordenados desde el que incluye menos hacia más variables, son los siguientes:

1. Kalman 1: PBI real, inflación del IPC-SAE, expectativas de inflación, términos de intercambio y tasa de política monetaria.
2. Kalman 2: Kalman 1 y confianza empresarial.
3. Kalman 3: Kalman 2 sin tasa de política monetaria.
4. Kalman 4: Kalman 2 y tipo de cambio nominal.
5. Kalman 5: Kalman 4 y tasa FED a 3 meses.
6. Kalman 6: todas las medidas de inflación, de producto, tasas de corto y largo plazo, así como el sector externo.

El Cuadro 6 muestra los intervalos de las variables no observables del MPT (brecha del producto, PBI potencial y la tasa de interés natural). En ambos cuadros se observa que la economía se encontraba en expansión hasta el año 2008²⁶. Este periodo de expansión económica es explicado por un boom de los términos de intercambio y una mayor inversión extranjera de corto plazo, y llegó a su fin con la crisis financiera internacional que estalló en setiembre de 2008. Los efectos de la crisis se plasman en valores negativos para la brecha del producto para los años 2009 y 2010. Posteriormente, no existe una tendencia clara en la brecha del producto hasta el 2013, año a partir del cual se registra una brecha decreciente explicada en parte por el “Tantrum Tapering” de la FED, una mayor incertidumbre política que afectó los mercados entre los años 2015 y 2017, el Fenómeno del Niño de 2017, entre otros factores: ver [Castillo y Florián \(2019a\)](#).

Finalmente, los Gráficos 7b, 8, 12 y 13 presentan de manera complementaria la descomposición histórica de la brecha de producto, las condiciones monetarias por moneda, la inflación del IPC-SAE y la inflación total, respectivamente.

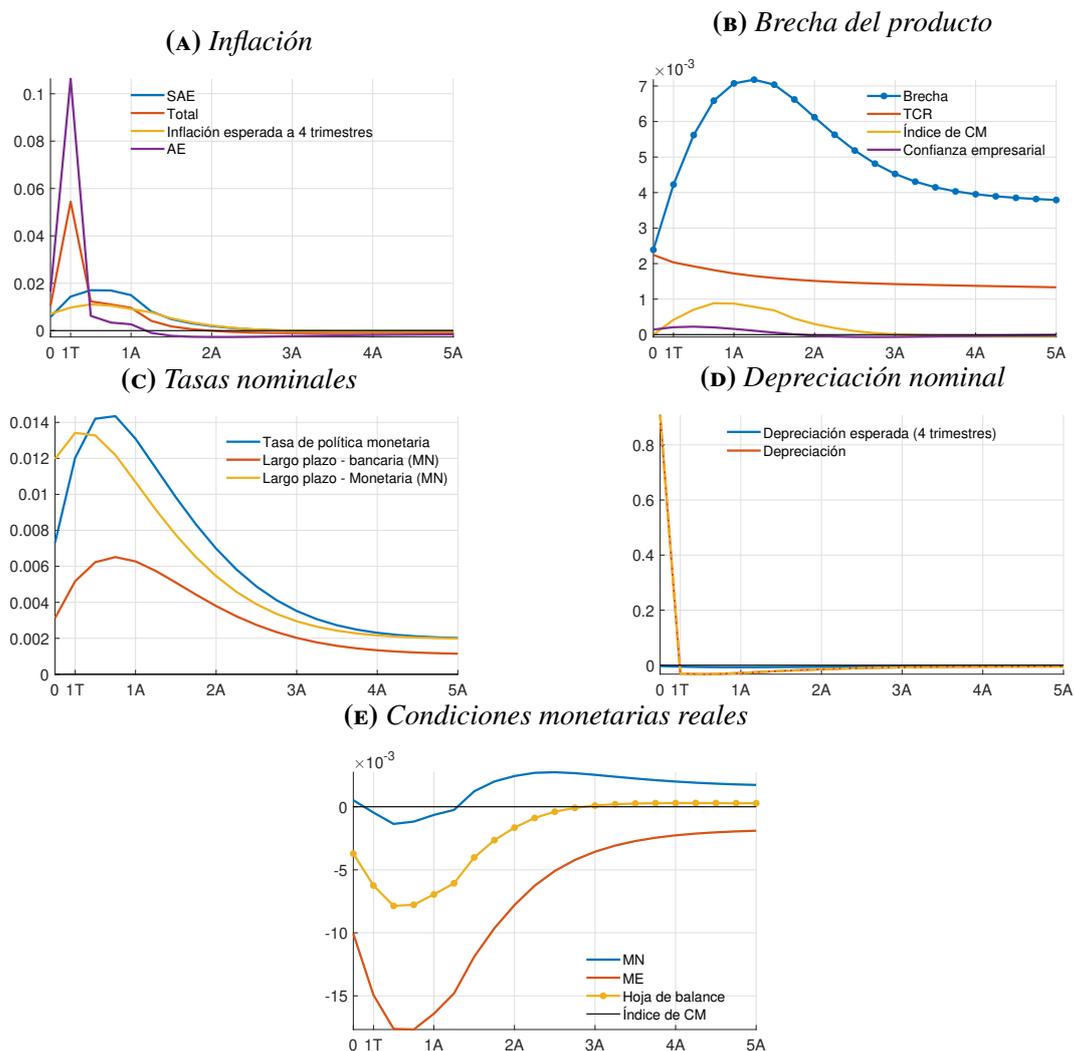
Brecha de Producto

La brecha de producto es el componente del PBI que se explica por presiones de demanda. En esta medida, una brecha positiva es resultado de niveles de producción que superan la capacidad productiva eficiente. Por lo tanto, una brecha de producto positiva es inflacionaria. Es así que la brecha de producto

²⁵ Es importante mencionar, que los intervalos reportados no corresponden a la incertidumbre propia del filtro de Kalman ni a intervalos creíbles de la estimación bayesiana.

²⁶ La brecha del producto de la economía peruana registró una expansión, la cual llegó a su punto máximo en el año 2008 (2,58 por ciento).

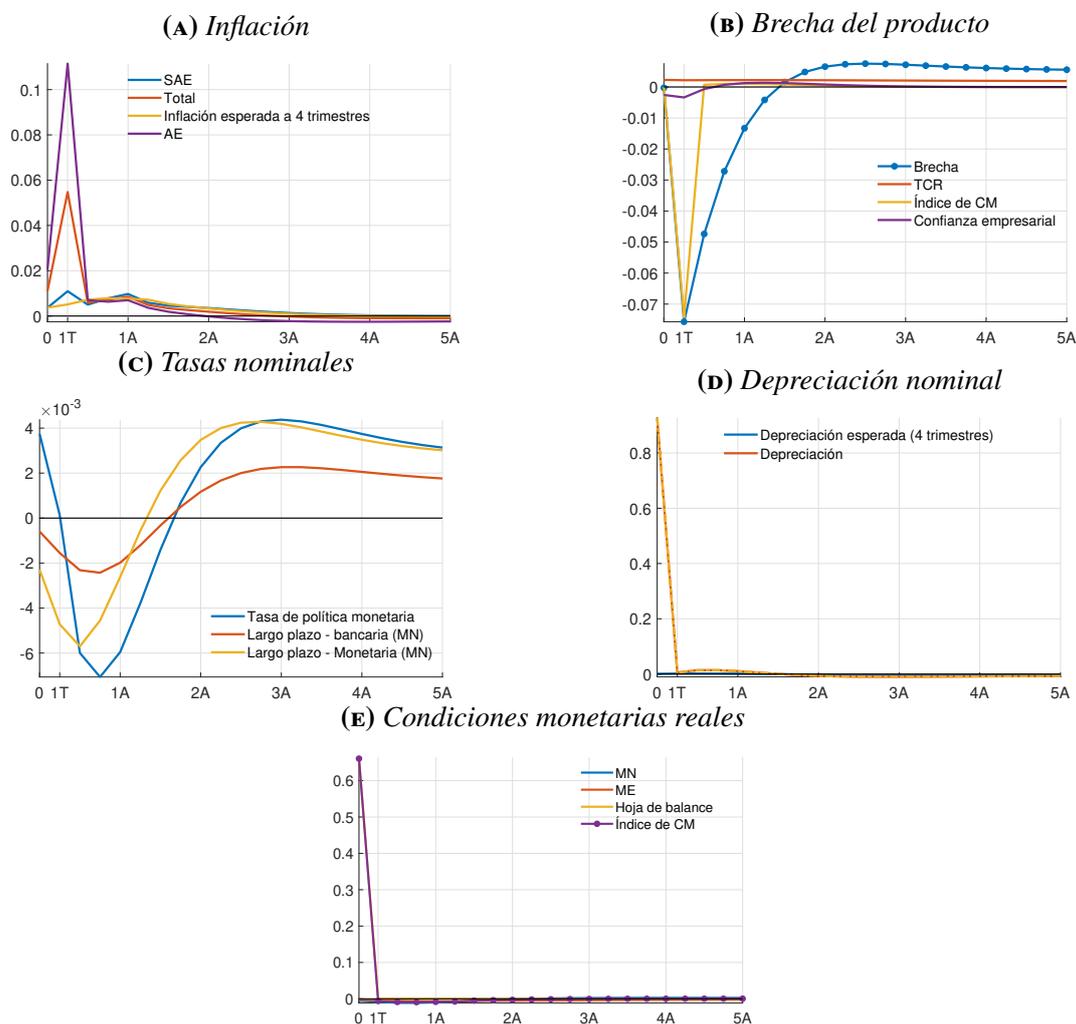
GRÁFICO 5. Respuestas ante un incremento de una desviación estándar de la prima de riesgo



resulta de gran importancia para la autoridad monetaria. La brecha de producto estimada a raíz del MPT en esta actualización se presenta en el Gráfico 7. En este gráfico se puede también apreciar la descomposición histórica de la brecha de producto. Con el objeto de facilitar la lectura, los 57 choques estructurales son agrupados en condiciones externas (brecha de socios, precios de exportaciones, precios de importaciones e inflación importada en moneda extranjera), expectativas (confianza empresarial), condiciones monetarias por moneda, impulso fiscal (gasto y recaudación) y choques de demanda y otros choques (resto de variables del modelo).

En el subgráfico 7a, se puede identificar tres periodos diferenciados. Entre 2002 y 2006 la brecha de producto se mantiene negativa aunque sin variaciones excesivamente pronunciadas. Entre los años 2007 y 2010, se observa un ciclo completo de importante variabilidad fuertemente influenciado por la crisis global originada en el sistema financiero americano en 2008. Finalmente, la dinámica desde el 2011 hasta el final de la muestra (2019) se caracteriza por una reducida volatilidad (en comparación a la del ciclo completo anterior) con al menos un ciclo completo.

GRÁFICO 6. Respuestas ante un incremento de una desviación estándar de la prima por riesgo con el efecto de hoja de balance activo



Asimismo, el subgráfico 7b, se puede asociar la variación estimada de la brecha mostrada en subgráfico 7a con distintos eventos estructurales. Un resultado inmediatamente destacable es la importante influencia del sector externo en la determinación de la brecha de producto. Esta influencia se observa a través de la importante contribución de la brecha de socios comerciales y de los términos de intercambio. Se observan dos picos de contribución de los términos de intercambio, en 2006 y 2011, lo que corresponde al superciclo de *commodities*. Luego de finalizado dicho superciclo, a finales de 2014, la contribución de los términos de intercambio pasó a ser negativa.

Por su parte la brecha de socios comerciales se ha mantenido como un importante componente de la brecha de producto. La brecha de socios inicia la década de los 2000s con una contribución negativa a la brecha de producto, lo que estaría asociado a la burbuja de las *punto-com*. Esta contribución se revierte desde 2006 hasta inicios de la crisis *subprime* en 2008. A partir de entonces, se inició una lenta recuperación global (ver Yellen (2013)) a la que se le sumó la crisis de deuda europea (ver Frieden y Walter (2017)) y la ralentización del crecimiento chino (que desde 2011 no volvió a registrar tasas de crecimiento de dos dígitos). Ante estos eventos, se registra una importante contribución negativa de la brecha de producto desde inicios de la crisis *subprime*.

CUADRO 6. Intervalos filtrados de las principales variables macroeconómicas (Var. % a 12 meses)

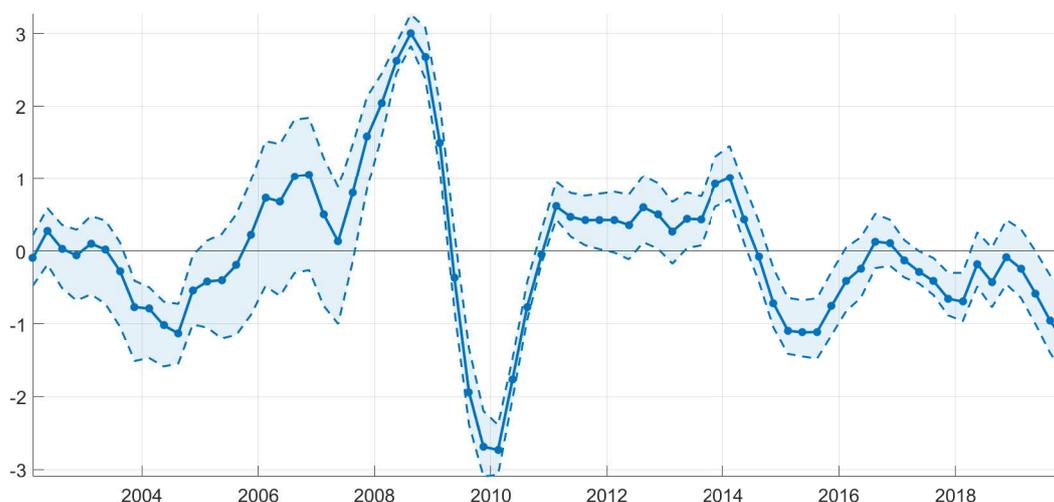
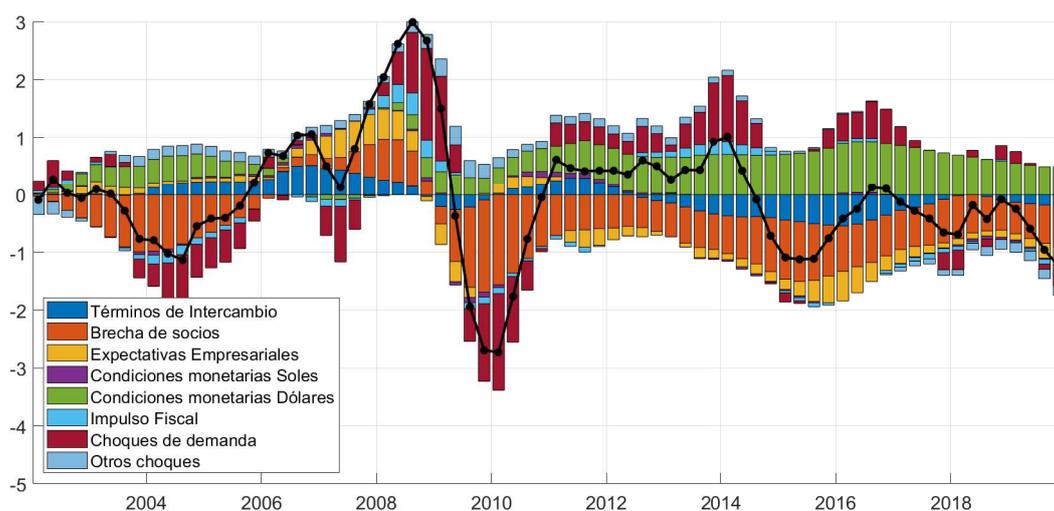
Año	PBI	Brecha del Producto	PBI Potencial	Tasa de interés Natural
2002	5,51	[-0,46;0,36]	[4,95;5,47]	[3,53;3,58]
2003	4,23	[-0,97;0,15]	[4,73;5,09]	[3,34;3,51]
2004	5,01	[-1,35;-0,51]	[4,29;5,34]	[3,30;3,46]
2005	6,32	[-1,07;0,47]	[4,89;6,19]	[3,45;3,58]
2006	7,60	[-0,41;1,65]	[6,40;6,98]	[3,47;3,90]
2007	8,51	[-0,26;1,45]	[7,38;8,46]	[3,48;3,83]
2008	9,24	[2,48;2,75]	[7,09;8,76]	[3,26;3,50]
2009	1,12	[-1,29;-0,31]	[6,34;6,59]	[2,89;3,51]
2010	8,44	[-1,55;-1,04]	[5,51;6,34]	[3,41;3,55]
2011	6,55	[0,18;0,83]	[5,90;6,40]	[3,48;3,74]
2012	6,00	[0,00;0,89]	[5,76;6,03]	[3,51;3,72]
2013	5,85	[0,14;0,86]	[5,06;5,60]	[3,52;3,64]
2014	2,52	[-0,16;0,64]	[4,06;4,25]	[3,35;3,50]
2015	3,31	[-1,37;-0,57]	[3,23;3,51]	[3,43;3,53]
2016	4,09	[-0,48;0,29]	[3,09;3,38]	[3,51;3,82]
2017	2,51	[-0,55;-0,07]	[2,96;3,44]	[3,51;3,55]
2018	4,02	[-0,67;0,11]	[3,23;3,60]	[3,31;3,54]
2019	2,41	[-1,19;-0,15]	[3,41;3,66]	[3,35;3,53]

Nota: se reporta el intervalo máximos y mínimos de las series suavizadas mediante el filtro de Kalman según los seis conjuntos de variables medibles reportados al inicio de esta sección.

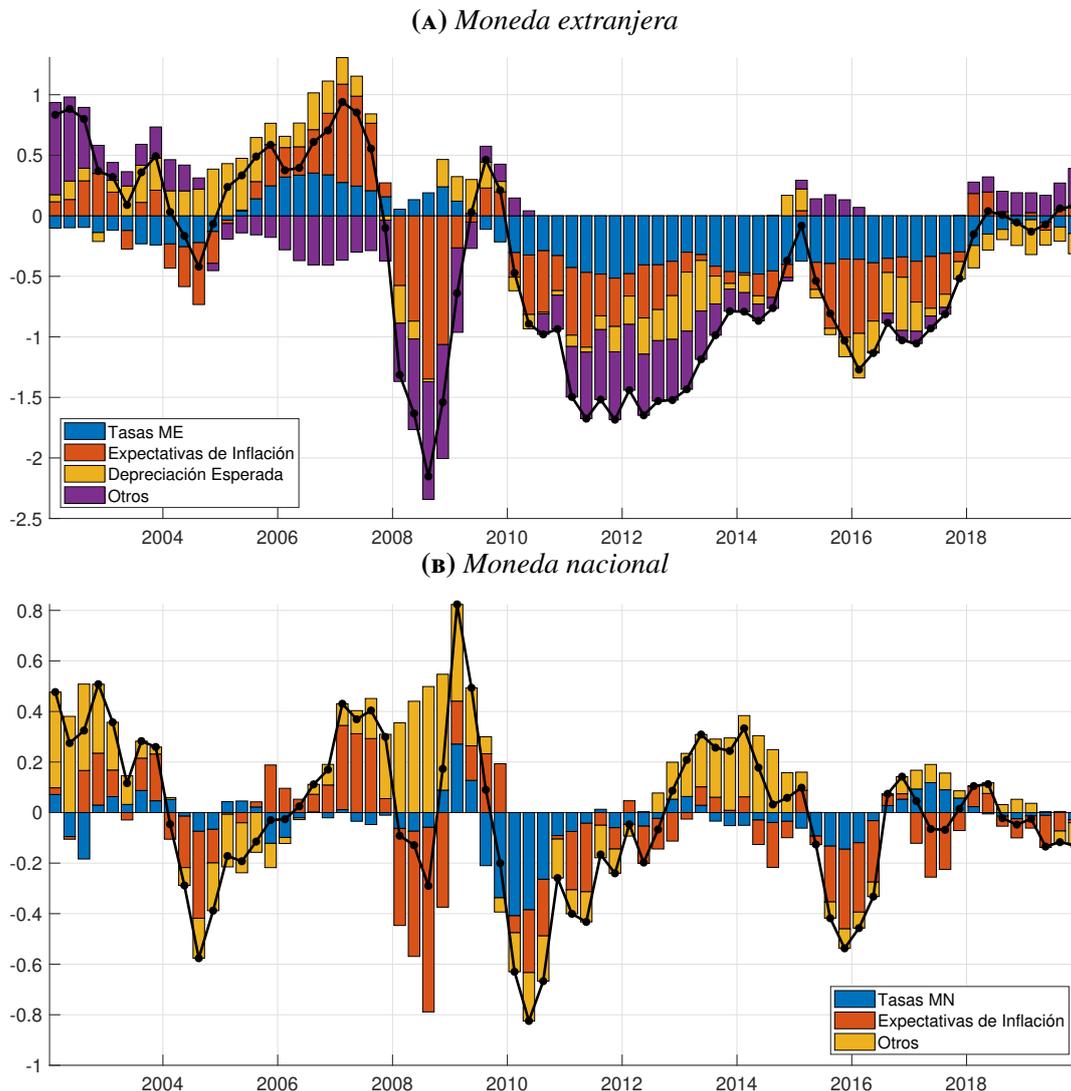
Por el lado del canal financiero, se identifica una importante contribución de las condiciones monetarias en moneda extranjera. Parte de esta contribución, es producto de las distintas medidas de política expansivas tomadas por las principales economías del mundo desde la crisis *subprime*. Asimismo, la confianza empresarial registra una contribución negativa desde el 2011 asociado a distintos periodos de incertidumbre social y política²⁷. En el agregado, el saldo neto de contribuciones a la brecha resultó positivo desde 2011 hasta 2014, y negativo desde entonces.

La magnitud de la contribución de las condiciones monetarias en moneda extranjera, contrasta con la reducida influencia de las condiciones en moneda nacional. Es importante mencionar, que esto no es un reflejo de las limitaciones del BCRP de regular la brecha de producto, sino de lo complejo del canal de transmisión de política monetaria en una economía pequeña y abierta con dolarización parcial. Así como comenta Winkelried (2013) y se documenta en Winkelried (2005); Bigio y Salas (2006) y Castillo y otros (2011), los canales por los que opera la política monetaria doméstica implica efectos tanto en las condiciones monetarias en moneda extranjera como en moneda nacional. De hecho, como se discute en la sección 3.3, movimientos inesperados de la tasa de política monetaria eventualmente alteran las expectativas de apreciación y de inflación cuyo impacto se observa en las condiciones monetarias en moneda extranjera.

²⁷ La confianza empresarial se mide con la encuesta a empresarios sobre expectativas del sector a tres meses. El valor neutro de este índice se estima en 60 por ciento (promedio entre 2002 y 2012) mientras que entre 2011 y 2019 el valor promedio fue de 56 por ciento. De esta diferencia sistemática se desprende la contribución negativa de la confianza empresarial.

GRÁFICO 7. Brecha de producto**(A) Filtro histórico****(B) Descomposición histórica**

En línea con lo descrito líneas arriba, en el Gráfico 8 se muestra la descomposición histórica de las condiciones monetarias por moneda. Se aprecia en el subgráfico 8a que la contribución de las tasas internacionales a las condiciones monetarias en moneda extranjera son reducidas en comparación con la contribución de las expectativas de inflación y depreciación. Luego de la crisis *subprime* la máxima contribución de las tasas internacionales (en valor absoluto) nunca supera los 0.3 puntos porcentuales mientras que las expectativas de depreciación e inflación llegan a 1 y 2 punto porcentuales como máximo, respectivamente. Asimismo, en el subgráfico 8b se observa también el importante rol de las expectativas de inflación e las condiciones monetarias en moneda doméstica, aunque los movimientos de las tasas de interés son igual de relevantes.

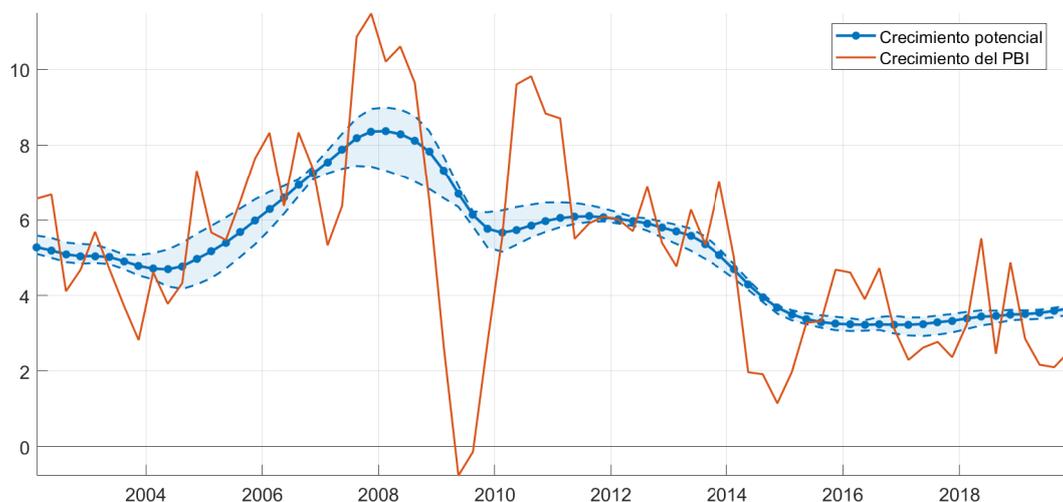
GRÁFICO 8. Descomposición histórica de las condiciones monetarias

La forma en la que las expectativas modulan las condiciones monetarias por monedas hace que la credibilidad del BCRP juegue un rol preponderante al momento de implementar su estrategia de política económica. En vista de los resultados aquí desarrollados, y en línea con [Rossini y Vega \(2007\)](#), las distintas medidas de política monetaria registran un impacto real debido a la capacidad del BCRP de anclar expectativas.

Crecimiento no Inflacionario

De manera residual a la estimación de la brecha de producto, se puede calcular el crecimiento del PBI potencial como se muestra en el [Gráfico 9](#). El PBI potencial refleja las capacidades productivas eficientes de la economía, y como tal, es una medida del producto tendencial. Así, el PBI potencial se entiende también como el nivel teórico de actividad consistente con una tasa de inflación que coincide con la meta de inflación en todo momento. Como se documenta en [Miller \(2003\)](#); [Ledesma \(2010\)](#) y [Céspedes y Ramírez-Rondán \(2014\)](#), esta medida está asociada a la acumulación de capital, el crecimiento de la mano de obra y de la productividad total de factores.

GRÁFICO 9. Crecimiento potencial del PBI



En dicho gráfico se observa que desde la crisis financiera *subprime*, se estima una desaceleración sostenida del producto potencial. Este resultado es consistente con lo reportado en [Castillo y Florián \(2019a\)](#) donde se asocia esta desaceleración a una contracción de la productividad total de factores. Asimismo, según [Castillo y Rojas \(2014\)](#) esta menor productividad está probablemente vinculada a la reducción sistemática de los términos de intercambio.

La Posición de Política Monetaria

Como se discute en [Formaini \(2004\)](#), la tasa de interés neutral es aquel nivel teórico de la tasa de interés que equilibra el mercado de fondos prestables. El paralelo en un modelo estructural se conoce como la tasa de interés natural (real), que es aquella que prevalece en un equilibrio sin presiones inflacionarias. Así, los desvíos de la tasa de referencia real ex-ante respecto de esta tasa no observable reflejan la posición de política monetaria. Por ejemplo, el BCRP adopta una posición expansiva si la tasa de política monetaria real ex-ante resulta menor a la tasa natural de interés.

La tasa real ex-ante se obtiene luego de extraer las expectativas de inflación (de encuestas) a la tasa nominal. El MPT es un modelo diseñado para explicar las fluctuaciones de la economía al rededor de su estado estacionario. Si bien, el estado estacionario en el MPT cumple con un mínimo de requisitos formales, éste es exógeno al modelo. Consecuentemente, el MPT no está en la capacidad de explicar desvíos sistemáticos de la data respecto del promedio teórico, por ejemplo, una inflación promedio diferente de la meta de inflación. De acuerdo a ello, las medidas de inflación se centran en la media teórica antes de ser utilizadas en el filtro de Kalman. En la figura 10 se compara la tasa de política real ex-ante calculada con las encuestas de expectativas (línea roja) contra la tasa real ex-ante calculada con las expectativas centradas en la meta de inflación (línea amarilla). Según el tratamiento de los datos para este ejercicio, la tasa real ex-ante se encuentra centrada en 1.6 en lugar de 1.0 que resulta de utilizar las expectativas de inflación sin modificar. En esta versión del MPT, se presentarán los resultados consistentes con las expectativas de inflación (y cualquier otra medida de inflación) recentradas en la meta del BCRP.

GRÁFICO 10. Tasa de política monetaria



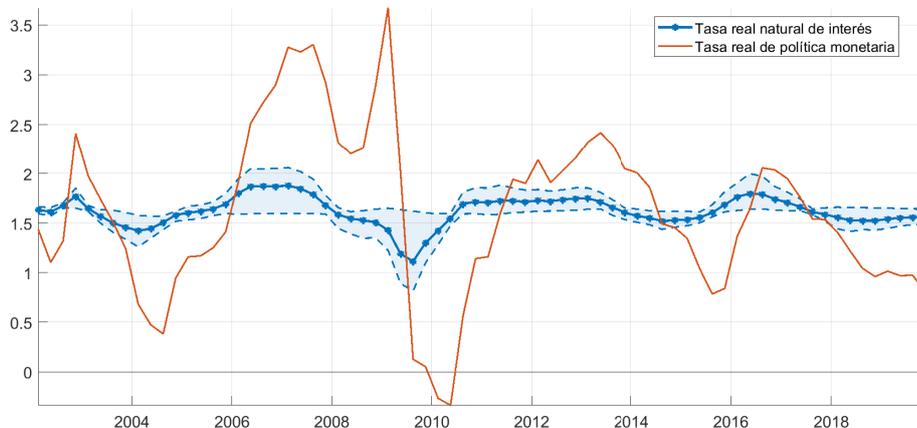
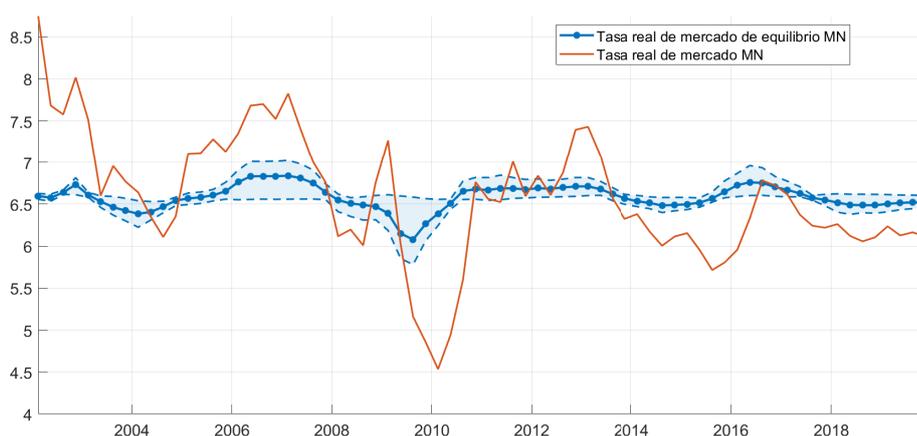
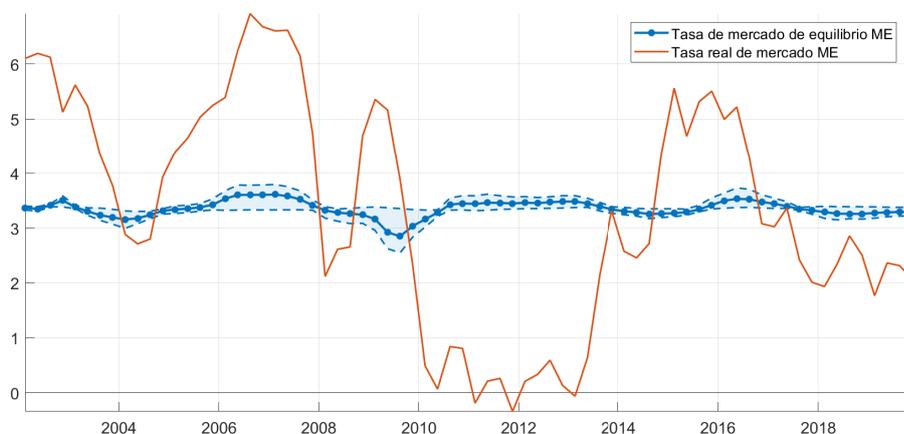
En línea con Winkelried y Ledesma (2010) y Castillo y Florián (2019a), como se aprecia en el Gráfico 11, se estima una tasa natural de interés relativamente estable a lo largo de la muestra (con un promedio de 1,62 por ciento). Asimismo, el promedio de desvíos de la tasa de política respecto de la tasa natural es cercano a cero, lo que refleja una posición promedio neutral del BCRP en la muestra estudiada. Sin embargo, es importante mencionar que este resultado contrasta con la tendencia hacia menores tasas naturales reportadas para economías avanzadas en Holston y otros (2017). Aunque por razones diferentes, esta tendencia resulta consistente con los cálculos de Castillo y otros (2006a) y Pereda (2011) para la economía peruana. Hasta esta actualización del MPT, la estabilidad de la tasa de interés natural pareciera no deteriorar las capacidades predictivas ni explicativas del MPT; sin embargo, dada la tendencia hacia menores tasas naturales estimadas es necesario reconsiderar este aspecto del modelo en futuras ediciones del MPT.

En el subgráfico 11a se identifican cuatro episodios de política monetaria contractiva (estos son, 2006-2008, 2011-2015 y 2016-2017), asociados a persistentes procesos inflacionarios como se aprecia en los Gráficos 12 y 13. Se puede ver, en el subgráfico 11b, como la posición de política monetaria contractiva se materializa en condiciones monetarias en moneda nacional más adversas. Aunque, el traspaso no es perfecto, el comovimiento es importante. Por su parte, al comparar el subgráfico 11a contra 11c, se observa un traspaso aparentemente menor pero persistente de la posición de política monetaria hacia las condiciones en moneda extranjera.

La Tasa de Inflación Doméstica

En los Gráficos 12 y 13 se puede apreciar la descomposición histórica de la inflación del IPC-SAE y total de acuerdo a sus principales determinantes. Para este segmento, los choques estructurales del modelo se agrupan en expectativas (de inflación), brecha de producto, inflación importada (en moneda doméstica), choques del IPC-SAE y otros choques.

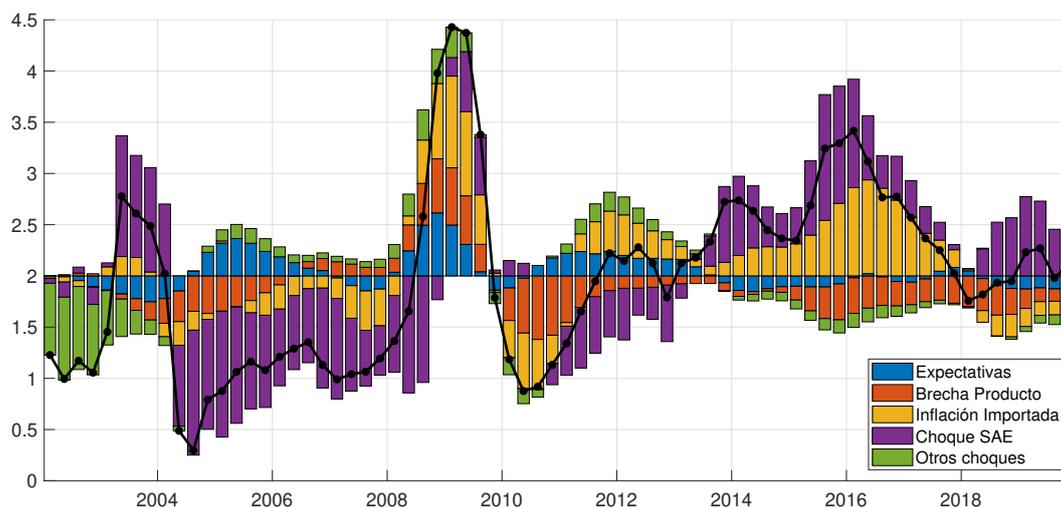
En el Gráfico 12 destaca la contribución de la inflación importada en moneda doméstica a la inflación del IPC-SAE. Este componente incluye a las variaciones de las cotizaciones internacionales de los principales *commodities* importados y a los efectos de la depreciación nominal. De hecho, se observa un importante comovimiento con los procesos de depreciación de la moneda registrados en 2008-2009 y 2013-2016.

GRÁFICO 11. Filtrado de condiciones monetarias**(A) Tasa de interés real natural y de política monetaria****(B) Condiciones monetarias en moneda nacional****(C) Condiciones monetarias en moneda extranjera**

Asimismo, se observa también una contribución importante de la brecha de producto. Según el Gráfico 7a que la brecha de producto se estimó pronunciadamente positiva en 2008 y mediados de 2009, para luego ser marcadamente negativa en 2010. Lo que es consistente con la contribución estimada para la inflación

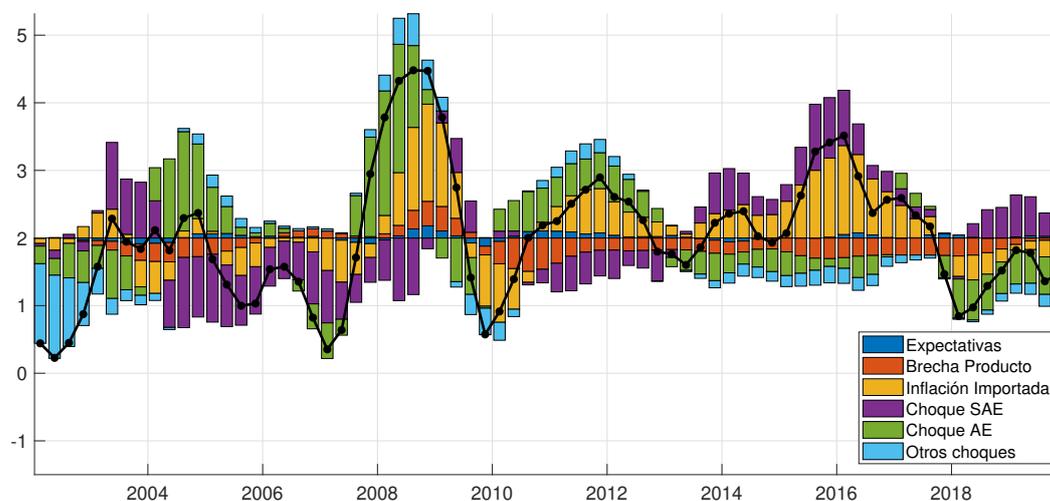
en esos años. Desde el 2012 en adelante, como consecuencia de la persistencia de la inflación y del rezago con el que interactúa la inflación con la actividad económica, la contribución de la brecha de producto a la inflación del IPC-*SAE* se mantienen negativa. Con respecto a las expectativas de inflación, se observa contribuciones notables en la mayoría de episodios caracterizados por expectativas que superan el rango meta (en particular los periodos 2007-2009 y 2011-2012).

GRÁFICO 12. Descomposición histórica de la Inflación del IPC-*SAE*



En base al mecanismo de transmisión de la política monetaria descrito en la sección 3.3, la posición de política del BCRP se materializa en su impacto sobre la contribución de estos tres componentes (inflación importada en moneda nacional, brecha de producto y expectativas) sobre la inflación del IPC-*SAE*. En la práctica, son varias las fuerzas económicas que determinan simultáneamente la magnitud de cada una de estas contribuciones, entre éstas, por su puesto, la posición de política del BCRP. Así, se tiene que el único episodio en el que estas tres contribuciones se alinean en una dirección inflacionaria es entre 2008 y 2009, periodo que es caracterizado por la crisis *subprime*. Esto sin embargo, no le resta mérito a las medidas de política monetaria de aquellos años, ya que una evaluación del desempeño de la autoridad monetaria pasa por estimar las contribuciones contrafactuales ante distintas respuestas de política.

GRÁFICO 13. Descomposición histórica de la Inflación anual



Para una visión completa de la evolución de la inflación doméstica se debe añadir la dinámica de

la inflación del IPC-AE sobre la inflación del IPC-SAE, lo que se puede apreciar en la figura 13. Así, la inflación total cuenta una historia similar a la que cuenta la inflación del IPC-SAE, con la consideración de que factores externos (como las cotizaciones internacionales de *commodities*) toman una mayor participación debido a su importante peso en la canasta del IPC-AE.

5. COMENTARIOS FINALES

El MPT es una herramienta regularmente utilizada por el personal técnico del BCRP para el análisis de política monetaria. Consecuentemente, se encuentra en constante revisión, evaluación y actualización. Así, la versión aquí presentada introduce varias modificaciones respecto de la versión previamente publicada (MPT2013). Entre los cambios destacan: *i*) el uso de la inflación del IPC-SAE como medida de inflación tendencial (en lugar de la inflación subyacente), *ii*) la desagregación de los componentes del impulso fiscal y de los términos de intercambio en la determinación de la brecha del producto; y, *iii*) la reestimación del modelo. Estas actualizaciones suponen una reestimación de los mecanismos de transmisión de política monetaria. Si bien, la estructura fundamental del modelo se mantiene inalterada (en comparación al MPT2013), las magnitudes de las fuerzas internas dinámicas del modelo han sido recalibradas.

En esta versión del MPT, se estima que la brecha de producto se recupera tras la crisis del 2008 y presenta ciclos de menor volatilidad desde entonces. A su vez, se identifica una reducción en el crecimiento del producto potencial, probablemente asociado con menores niveles de productividad. Finalmente, se observa una tasa de interés natural relativamente estable durante la muestra con una posición de política monetaria neutral en promedio.

Se modelan tres canales de transmisión de política monetaria: tasas de interés, tipo de cambio y expectativas. A través de estos canales, las medidas de política monetaria afectan a la inflación tendencial. Según el modelo los distintos eventos económicos sumados a la respuesta de política monetaria han generado contribuciones a la inflación (de la brecha de producto, inflación importada en moneda nacional y de expectativas) a través de estos canales que se contrarrestan parcialmente, lo que habría estabilizado la inflación. Estas contribuciones son producto del cuidadoso diseño de política monetaria que contempla la reacción de la economía ante medidas de política específica que consideran diversos escenarios de riesgo. Lo que se alinea al marco de política monetaria descrito por [Rossini y otros \(2013\)](#).

Es así que el MPT resulta ser una herramienta de bastante utilidad para el diseño de política monetaria. Por un lado, muestra una precisión razonable de sus proyecciones, las que mejoran continuamente entre distintas actualizaciones del modelo. Por otro, facilita el análisis del entorno económico ante distintas respuestas políticas y ante la materialización de distintos riesgos relevantes para la economía peruana. Sin embargo, en línea con el proceso de continua evaluación del MPT, hay varios aspectos de mejora que se pueden indagar para futuras actualizaciones del modelo.

Un aspecto relevante, corresponde a la estabilidad de los coeficientes del MPT, incluyendo a aquellos coeficientes provenientes de la parte exógena del modelo (variables externas y determinantes de largo plazo). En línea con ello, es importante evaluar la hipótesis del aplanamiento de la curva de Phillips en el contexto del MPT. Esto debido a que dicho aplanamiento se viene documentando en varios países desarrollados (ver por ejemplo [Powell \(2019\)](#)) aunque con resultados mixtos. Asimismo, considerando el

cambio de la magnitud de coeficientes asociados a la contribución de los socios comerciales, términos de intercambio e impulso fiscal a la brecha de producto doméstica, resulta relevante estudiar la estabilidad de los mismos. De manera similar, considerando la importante revisión del impacto de la brecha esperada, es importante revisar el punto neutro de confianza empresarial. Dependiendo de este análisis de estabilidad se podría considerar extensiones no lineales de ser apropiado.

Otro aspecto a tomar en cuenta corresponde a hacer el modelo robusto a no linealidades identificadas en la literatura. Por ejemplo, respecto del traspaso del tipo de cambio ante apreciaciones o depreciaciones (Pérez Forero y Vega (2015)) o ante distintos niveles de inflación (Winkelried (2014)). A su vez, se pueden estudiar respuestas diferenciadas de la economía ante distintas magnitudes o signos de los movimientos de tasa de política monetaria (Bigio y Salas (2006)). Asimismo, como discute en Morón y Winkelried (2005) se pueden considerar efectos hoja de balance ante importantes depreciaciones nominales. Finalmente, como en Banco Central de Reserva del Perú (2012) se puede evaluar efectos diferenciados de la política fiscal ante distintos estados de la actividad económica. Finalmente, se puede hacer un análisis de las no linealidades derivadas de distintos niveles de desanclaje y credibilidad institucional como en Aichi y otros (2009) y Agrov y otros (2007).

Otro aspecto a reevaluar en el MPT corresponde al equilibrio de mediano/largo plazo. Este equilibrio se considera exógeno al modelo. Así, el MPT no tiene la capacidad de racionalizar movimientos en el producto potencial, la tasa natural de interés ni en el tipo de cambio real de equilibrio. Por ejemplo, el producto potencial, como en Miller (2003); Ledesma (2010) y Céspedes y Ramírez-Rondán (2014) esta asociado a la acumulación de capital (asociado a la inversión), el crecimiento de la mano de obra y la productividad total de factores. Incluso, hay refinamientos que se pueden modelar y cuantificar como la intensidad de uso de factores productivos o la contribución de la tasa de informalidad (como en Leyva y Urrutia (2023)).

Con respecto al tipo de cambio real de equilibrio, aún hay bastante debate e incertidumbre sobre su estimación, aunque se cuenta con algunos esfuerzos destacables en Ferreyra y Herrada (2003); Ferreyra y Salas (2006); Rodríguez y Winkelried (2011) y Florián y otros (2021b). De manera similar, es importante evaluar la especificación de la tasa natural de interés luego de que se reporten sistemáticamente reducciones de la misma en distintas economías (ver Holston y otros (2017)) y en varias estimaciones para Perú (por ejemplo, Castillo y otros (2006a) y Pereda (2011)) que contrastan con Winkelried y Ledesma (2010) y Castillo y Florián (2019a).

Finalmente, en la actualidad el modelo se ha tenido que adaptar a las características del impacto económico de la pandemia del COVID-19. Estas modificaciones corresponden principalmente a la introducción de medidas de política monetaria no convencionales y a la interacción de las distintas tasas del modelo en un contexto en que la tasa de política monetaria estuvo restringida por su límite inferior efectivo. Estas medidas no convencionales contemplaron facilitar importantes cantidades de liquidez para evitar el colapso de la cadena de pagos del sistema financiero en un contexto de emergencia sanitaria. La dinámica de recesión y de recuperación que generó la pandemia del COVID-19 escapa del alcance del presente documento y se deja como parte de la agenda futura de mejoras al MPT.

REFERENCIAS

- Adolfson, M., Laséen, S., Lindé, J., y Villani, M. (2008). Evaluating an estimated new Keynesian small open economy model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 32(8):2690–2721.
- Agrov, E., Epstein, N., Karam, P., Laxton, D., y Rose, D. (2007). Endogenous Monetary Policy Credibility in a Small Macro Model of Israel. IMF Working Papers 2007/207, International Monetary Fund.
- Alichi, A., Chen, H., Clinton, K., Freedman, C., Johnson, M., Kamenik, O., Kışınbay, T., y Laxton, D. (2009). Inflation Targeting Under Imperfect Policy Credibility. IMF Working Papers 2009/094, International Monetary Fund.
- Aquino, J. C. (2019). La curva de Phillips Neokeynesiana de una economía pequeña y abierta: Especificación, quiebres estructurales y robustez. *Revista Estudios Económicos*, (38):43–59.
- Armas, A. y Grippa, F. (2006). Metas de inflación en una economía dolarizada: La experiencia del Perú. En Armas, A., Ize, A., y Levy Yeyati, E., editores, *Dolarización Financiera: La Agenda de Política*, capítulo 6, pp. 135–162. Banco Central de Reserva del Perú.
- Arroyo Marioli, F., Bullano, F., Fornero, J., y Zúñiga, R. (2020). Semi-Structural Forecasting Model. Working Papers Central Bank of Chile 866, Central Bank of Chile.
- Banco Central de Reserva del Perú (2012). Reporte de Inflación: Panorama Actual y Proyecciones Macroeconómicas 2012-2014. Diciembre.
- Banco Central de Reserva del Perú (2017). Reporte de Inflación: Panorama Actual y Proyecciones Macroeconómicas 2017-2018. Marzo.
- Barrera, C. (2005). Proyecciones desagregadas de la variación del Índice de precios al consumidor (ipc), del Índice de precios al por mayor (ipm) y del crecimiento del producto real (pbi). Working Papers 2005-06, Banco Central de Reserva del Perú.
- Barrera, C. (2007). Proyecciones desagregadas de inflación con modelos Sparse VAR robustos. Working Papers 2007-015, Banco Central de Reserva del Perú.
- Barrera, C. (2013). El sistema de predicción desagregada: Una evaluación de las proyecciones de inflación 2006-2011. Working Papers 2013-009, Banco Central de Reserva del Perú.
- Bigio, S. y Salas, J. (2006). Non-linear Effects of Monetary Policy and Real Exchange Rate Shocks in Partially Dollarized Economies: an Empirical Study for Peru. *Money Affairs*, XIX(1):25–55.
- Blagrove, P., Elliott, P., Garcia-Saltos, R., Hostland, D., Laxton, D., y Zhang, F. (2013). Adding China to the Global Projection Model. IMF Working Papers 2013/256, International Monetary Fund.
- Bógalo, J. (2004). TS: Una interface de MATLAB para TRAMO-SEATS. Boletín Trimestral de Coyuntura 92, Instituto Nacional de Estadística.
- Brayton, F., Laubach, T., y Reifschneider, D. L. (2014). The FRB/US Model: A Tool for Macroeconomic Policy Analysis. FEDS Notes 2014-04-03, Board of Governors of the Federal Reserve System (U.S.).
- Carabenciov, I., Freedman, C., Garcia-Saltos, R., Laxton, D., Kamenik, O., y Manchev, P. (2013). GPM6: The Global Projection Model with 6 Regions. IMF Working Papers 2013-087, International Monetary Fund.

- Carrasco, A., Florián, D., y Nivin, R. (2019). SFX Interventions, Financial Intermediation, and External Shocks in Emerging Economies. Working Papers 160, Peruvian Economic Association.
- Carrera, C. y Ledesma, A. (2015). Proyección de la Inflación Agregada con Modelos de Vectores Autorregresivos Bayesianos. Working Papers 2015-003, Banco Central de Reserva del Perú.
- Castillo, L. y Florián, D. (2019a). Measuring the output gap, potential output growth and natural interest rate from a semi-structural dynamic model for Peru. Working Papers 159, Peruvian Economic Association.
- Castillo, L. y Florián, D. (2019b). Measuring the output gap, potential output growth and natural interest rate from a semi-structural dynamic model for Peru. Working Papers 2019-012, Banco Central de Reserva del Perú.
- Castillo, P., Montoro, C., y Tuesta, V. (2006a). Estimación de la tasa natural de interés para la economía peruana. *Monetaria*, 29(3):261–298.
- Castillo, P., Montoro, C., y Tuesta, V. (2006b). Stylized Facts of the Peruvian Economy. Working Papers 2006-005, Banco Central de Reserva del Perú.
- Castillo, P., Montoro, C., y Tuesta, V. (2009). Un modelo de equilibrio general con dolarización para la economía peruana. *Revista Estudios Económicos*, (17):9–50.
- Castillo, P., Montoro, C., y Tuesta, V. (2013). An estimated stochastic general equilibrium model with partial dollarization: A bayesian approach. *Open Economies Review*, 24:217–265.
- Castillo, P., Pérez Forero, F. J., y Tuesta, V. (2011). Los mecanismos de transmisión de la política monetaria en Perú. *Revista Estudios Económicos*, (21):41–63.
- Castillo, P. y Rojas, Y. (2014). Términos de intercambio y productividad total de factores: Evidencia empírica de los mercados emergentes de América latina. *Revista Estudios Económicos*, (28):27–46.
- Castillo, P., Vega, H., Serrano, E., y Burga, C. (2016). De-dollarization of credit in Peru: the role of unconventional monetary policy tools. Working Papers 2016-002, Banco Central de Reserva del Perú.
- Céspedes, N. y Ramírez-Rondán, N. (2014). Total Factor Productivity Estimation in Peru: Primal and Dual Approaches. *Revista Economía*, 37(73):9–39.
- Charles, E. (2014). Exchange Rate Stabilization and Welfare. *Annual Review of Economics*, 6(1):155–177.
- de Castro, M. R., Gouvea, S. N., Minella, A., Santos, R., y Souza-Sobrinho, N. F. (2015). SAMBA: Stochastic Analytical Model with a Bayesian Approach. *Brazilian Review of Econometrics*, 35(2):103–170.
- Ferreira, J. y Herrada, R. (2003). Tipo de cambio real y sus fundamentos: Estimación del desalineamiento. *Revista Estudios Económicos*, (10).
- Ferreira, J. y Salas, J. (2006). The Equilibrium Real Exchange Rate in Peru: BEER Models and Confidence Band Building. Working Papers 2006-006, Banco Central de Reserva del Perú.
- Florián, D., Arrieta, J., y Ledesma, A. (2021a). Proyecciones inmediatas y de corto plazo para la actividad económica en tiempos de la pandemia del COVID-19. *Revista Moneda*, (187):33–36.

- Florián, D., Ferreyros, G., y Ledesma, A. (2021b). Estimaciones del tipo de cambio real de equilibrio. *Revista Moneda*, (187):22–27.
- Formaini, R. L. (2004). Knut Wicksell: the birth of modern monetary policy. *Economic Insights*, 9(1).
- Frieden, J. y Walter, S. (2017). Understanding the political economy of the eurozone crisis. *Annual Review of Political Science*, 20(1):371–390.
- Galí, J. y Gambetti, L. (2019). Has the U.S. Wage Phillips Curve Flattened? A Semi-Structural Exploration. Working Papers Central Bank of Chile 846, Central Bank of Chile.
- García, B., Guarda, S., Kirchner, M., y Tranamil, R. (2019). XMAS: An extended model for analysis and simulations. Working Papers Central Bank of Chile 833, Central Bank of Chile.
- González, A., Mahadeva, L., Prada, J. D., y Rodríguez, D. (2011). Policy Analysis Tool Applied to Colombian Needs: PATACON Model Description. Borradores de Economía 656, Banco de la República de Colombia.
- Holston, K., Laubach, T., y Williams, J. C. (2017). Measuring the natural rate of interest: International trends and determinants. *Journal of International Economics*, 108(S1):59–75.
- Kuttner, K. y Robinson, T. (2010). Understanding the flattening Phillips curve. *The North American Journal of Economics and Finance*, 21(2):110–125.
- Lahura, E. (2006). El efecto traspaso de la tasa de interés y la política monetaria en el Perú: 1995-2004. *Revista Estudios Económicos*, (13).
- Lahura, E. (2012). Midiendo los efectos de la política monetaria a través de las expectativas de mercado. *Revista Estudios Económicos*, (23):39–52.
- Lahura, E. (2017). El efecto traspaso de la tasa de interés de política monetaria en Perú: evidencia reciente. *Revista Estudios Económicos*, (33):9–27.
- Laubach, T. y Williams, J. C. (2003). Measuring the Natural Rate of Interest. *The Review of Economics and Statistics*, 85(4):1063–1070.
- Ledesma, A. (2010). Crecimiento Potencial y Productividad de Factores. *Revista Moneda*, (145):4–8.
- Leyva, G. y Urrutia, C. (2023). Informal Labor Markets in Times of Pandemic. *Review of Economic Dynamics*, 47:158–185.
- Llosa, G. (2004). Examinando algunas disyuntivas de política económica con un modelo estructural. *Revista Estudios Económicos*, (11).
- Llosa, G. y Miller, S. (2004). Using Additional Information in Estimating the Output Gap in Peru: a Multivariate Unobserved Component Approach. *Money Affairs*, XVII(1):57–82.
- Llosa, G., Tuesta, V., y Vega, M. (2006). A BVAR Forecasting Model for Peruvian Inflation. *Money Affairs*, XIX(2):117–141.
- Luque, J. y Vega, M. (2003). Usando un modelo semi-estructural de pequeña escala para hacer proyecciones: Algunas consideraciones. *Revista Estudios Económicos*, (10).

- Miller, S. (2003). Métodos alternativos para la estimación del PBI potencial: Una aplicación para el caso de Perú. *Revista Estudios Económicos*, (10).
- Montoro, C. (2009). El sistema de proyección del BCRP. *Revista Moneda*, (142):22–24.
- Morón, E. y Winkelried, D. (2005). Monetary policy rules for financially vulnerable economies. *Journal of Development Economics*, 76(1):23–51.
- Pereda, J. (2011). Estimación de la tasa natural de interés para Perú: un enfoque financiero. *Monetaria*, XXXIV(4):429–459.
- Pérez Forero, F. y Vega, M. (2014). The Dynamic Effects of Interest Rates and Reserve Requirements. Working Papers 2014-018, Banco Central de Reserva del Perú.
- Pérez Forero, F. J. (2016). Comparación de la transmisión de choques de política monetaria en América Latina: Un panel VAR jerárquico. *Revista Estudios Económicos*, (32):9–33.
- Pérez Forero, F. J. (2018). Nowcasting Peruvian GDP using Leading Indicators and Bayesian Variable Selection. Working Papers 2018-010, Banco Central de Reserva del Perú.
- Pérez Forero, F. J. (2021). Predicción de variables macroeconómicas en el Perú a través un modelo BVAR con media cambiante en el tiempo. Working Papers 2021-001, Banco Central de Reserva del Perú.
- Pérez Forero, F. J. y Vega, M. (2015). Asymmetric exchange rate pass-through: Evidence from Peru. Working Papers 2015-011, Banco Central de Reserva del Perú.
- Portilla Goicochea, J. y Rodríguez, G. (2020). Evolution of Monetary Policy in Peru: An Empirical Application Using a Mixture Innovation TVP-VAR-SV Model. Working Papers 2020-485, Departamento de Economía - Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Powell, J. (2019). Transcript of Chair Powell's Press Conference. December 11.
- Rodríguez, D. (2009). Efecto de las decisiones de política monetaria sobre las tasas de los bancos comerciales. *Revista Moneda*, (141):25–29.
- Rodríguez, D. y Winkelried, D. (2011). ¿Qué explica la evolución del tipo de cambio real de equilibrio en el Perú? 1992–2009. *Revista Moneda*, (147):9–14.
- Rogoff, K., Froot, K., y Kim, M. (2001). The Law of One Price Over 700 Years. IMF Working Papers 2001/174, International Monetary Fund.
- Rojas, Y. (2019). Una exploración de la estabilidad de la curva de phillips en el peru. *Revista Estudios Económicos*, (38):9–42.
- Rossini, R., Quispe, Z., y Rodríguez, D. (2013). Flujo de capitales, política monetaria e intervención cambiaria en el Perú. *Revista Estudios Económicos*, (25):39–50.
- Rossini, R. y Vega, M. (2007). El mecanismo de transmisión de la política monetaria en un entorno de dolarización financiera: El caso del Perú entre 1996 y 2006. *Revista Estudios Económicos*, (14):11–32.
- Salas, J. (2011). Estimación bayesiana de un modelo de pequeña economía abierta con dolarización parcial. *Revista Estudios Económicos*, (22):41–62.

- Smets, F. y Wouters, R. (2003). An Estimated Dynamic Stochastic General Equilibrium Model of the Euro Area. *Journal of the European Economic Association*, 1(5):1123–1175.
- Smets, F. y Wouters, R. (2007). Shocks and Frictions in US Business Cycles: A Bayesian DSGE Approach. *American Economic Review*, 97(3):586–606.
- Vega, M., Bigio, S., Florián, D., Llosa, G., Miller, S., Ramírez-Rondán, N., Rodríguez, D., Salas, J., y Winkelried, D. (2009). Un modelo semiestructural de proyección para la economía peruana. *Revista Estudios Económicos*, (17).
- Vega, M. y Winkelried, D. (2006). ¿Cambia la Inflación Cuando los Países Adoptan Metas Explícitas de Inflación? Working Papers 2006-001, Banco Central de Reserva del Perú.
- Warne, A., Coenen, G., y Christoffel, K. (2008). The new area-wide model of the euro area: a micro-founded open-economy model for forecasting and policy analysis. Working Paper Series 944, European Central Bank.
- Winkelried, D. (2005). Tendencias comunes y análisis de la política monetaria en el Perú. *Monetaria*, XXVIII(3):279–317.
- Winkelried, D. (2012). Predicting quarterly aggregates with monthly indicators. Working Papers 2012-023, Banco Central de Reserva del Perú.
- Winkelried, D. (2013). Modelo de Proyección Trimestral del BCRP: Actualización y novedades. *Revista Estudios Económicos*, (26):9–60.
- Winkelried, D. (2014). Exchange rate pass-through and inflation targeting in Peru. *Empirical Economics*, 46(4):1181–1196.
- Winkelried, D. y Ledesma, A. (2010). Tasa neutral de interés. *Revista Moneda*, (146):13–17.
- Yellen, J. L. (2013). A Painfully Slow Recovery for America's Workers: Causes, Implications, and the Federal Reserve's Response, February 11, 2013. Speech 630, Board of Governors of the Federal Reserve System (U.S.).

ANEXOS

A. DISTRIBUCIONES *a priori* Y *a posteriori* DE PARÁMETROS DEL MPT

Las líneas grises representan distribuciones *a priori* y las líneas negras representan distribuciones *a posteriori*, mientras que la línea punteada muestra la moda *a posteriori*.

La escala de los gráficos es la misma para parámetros que comparten la misma distribución *a priori*: (1) Los parámetros b , c , ρ , a_y con distribución $\mathcal{B}(0,5,0,2^2)$; (2) El resto de coeficientes de la ecuación de demanda agregada a con distribución $\mathcal{B}(0,14,0,2^2)$; (3) Los parámetros M^{mn} y M^{me} con distribución $\mathcal{N}(1,0,5^2)$; (4) Las desviaciones estándares de los choques (parámetros σ) con distribución \mathcal{IG} .

Los resultados indican que la muestra es altamente informativa de las desviaciones estándar de los choques σ , al haber una diferencia marcada en los gráficos entre la distribución *a priori* y *a posteriori*, ver Gráficos 14, 15 y 16. Por su parte, los parámetros de persistencia b , c , ρ , a_y también han sido identificados mediante las estimaciones bayesianas, como se observa en los Gráficos 17, 18 y 19. Ello se comprueba al observar que las distribuciones *a posteriori* se encuentran más concentradas que las *a priori* y que las razones de varianzas son pequeñas, al ser todas menores al valor límite de 0.35 (Smets y Wouters, 2003; Adolfson y otros, 2008; Salas, 2011; Winkelried, 2013).

Por otro lado, se encuentran cuatro coeficientes que poseen una razón de varianzas mayor a 0.35, por lo que la introducción de nueva información muestral no es informativa y se decidió seguir una calibración, dado que no se obtuvo una actualización bayesiana.

Dos parámetros que exhiben esta característica son los referidos a la relación la tasa bancaria en moneda nacional c_b^{mn-e} y extranjera c_b^{me-e} con el desvío del nivel actual de encaje respecto a su nivel de estado estacionario. La versión previa del modelo también tiene problemas al identificar el efecto de los encajes de largo plazo, puesto que esta variable ha actuado como un instrumento de política monetaria adicional a los movimientos de la tasa de política monetaria, específicamente en el programa de Desdolarización financiera, la crisis financiera del 2008, entre otros (Castillo y otros, 2016). Es así que se observa un problema de colinealidad, lo cual no actualiza la distribución *a priori* y genera un ratio de varianzas elevado.

Por su parte, se encuentran problemas al identificar la persistencia del tipo de cambio real de equilibrio y a la brecha producto de socios comerciales. Para el caso del tipo de cambio real de equilibrio, se están desarrollando modelos satélite para poder estimar esta variable y su impacto en la brecha producto en base al modelo de Holston y otros (2017); Laubach y Williams (2003), dada la incertidumbre inherente a una variable no observable. Por su parte, la brecha de socios comerciales muestra el mismo comportamiento, en línea con ser una variable no observable y a una posible colinealidad con los términos de intercambio.

Los modelos satélite pueden brindar un soporte a estos parámetros. En general, se puede afirmar que la estimación bayesiana fue satisfactoria al solo tener problemas con 4 de 52 parámetros.

GRÁFICO 14. *Choques 1/3*

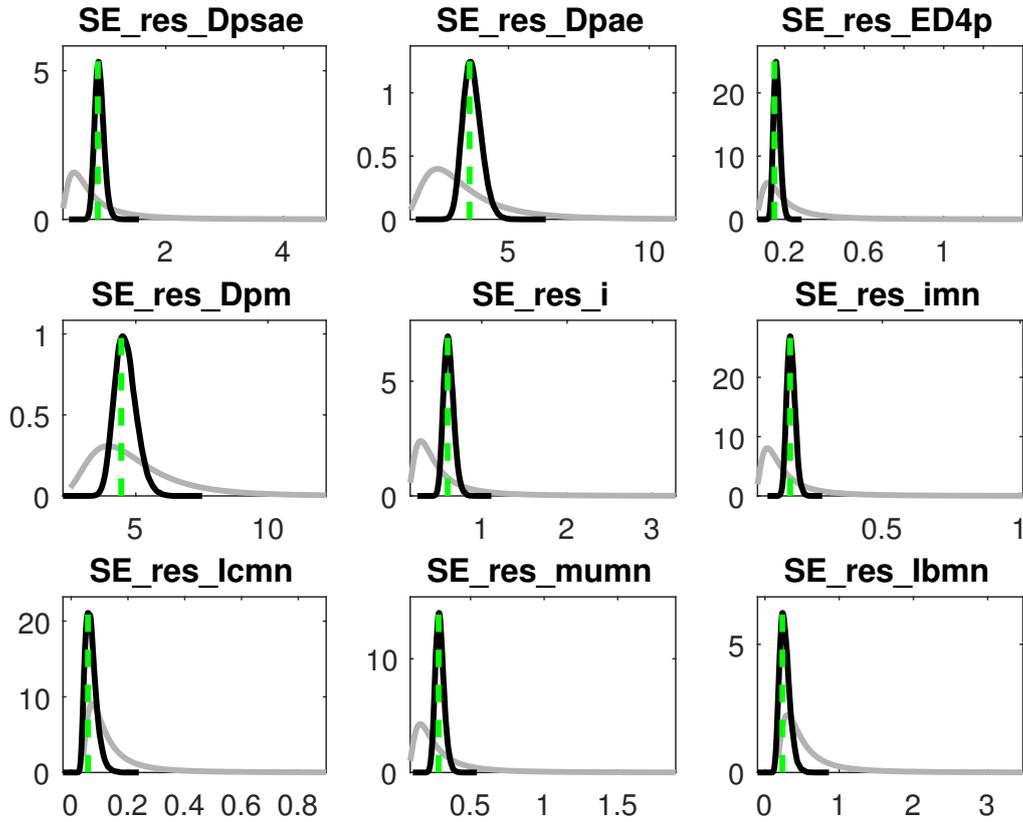


GRÁFICO 15. *Choques 2/3*

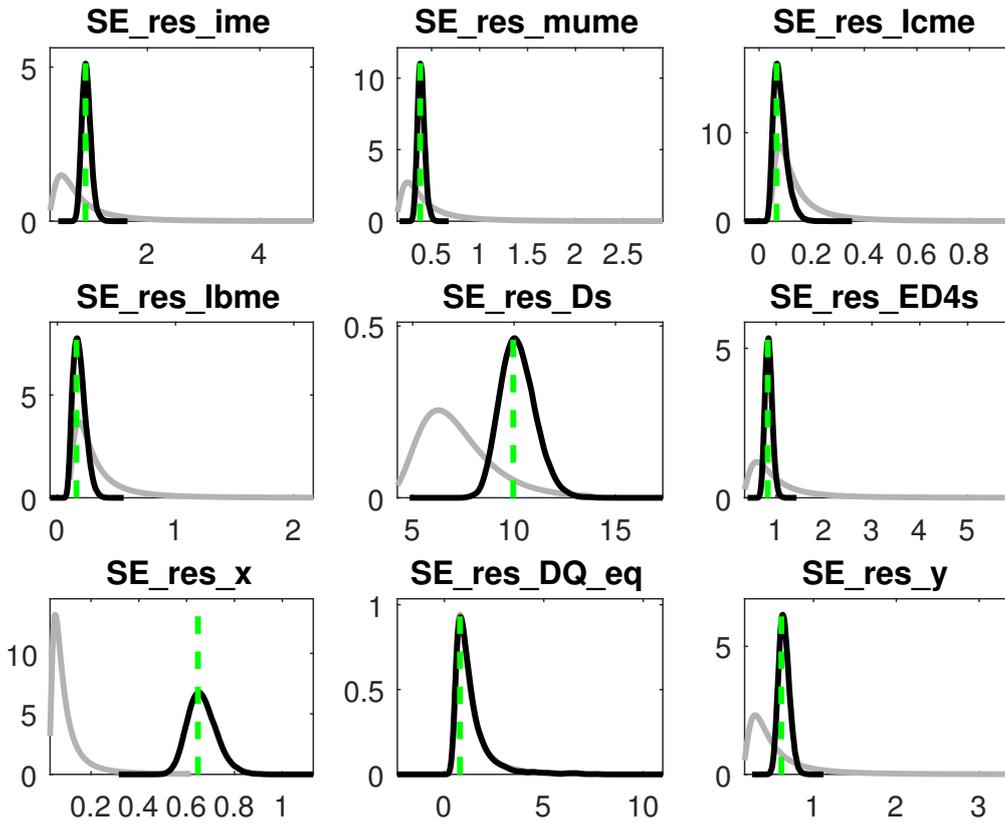


GRÁFICO 16. Choques 3/3 e importada

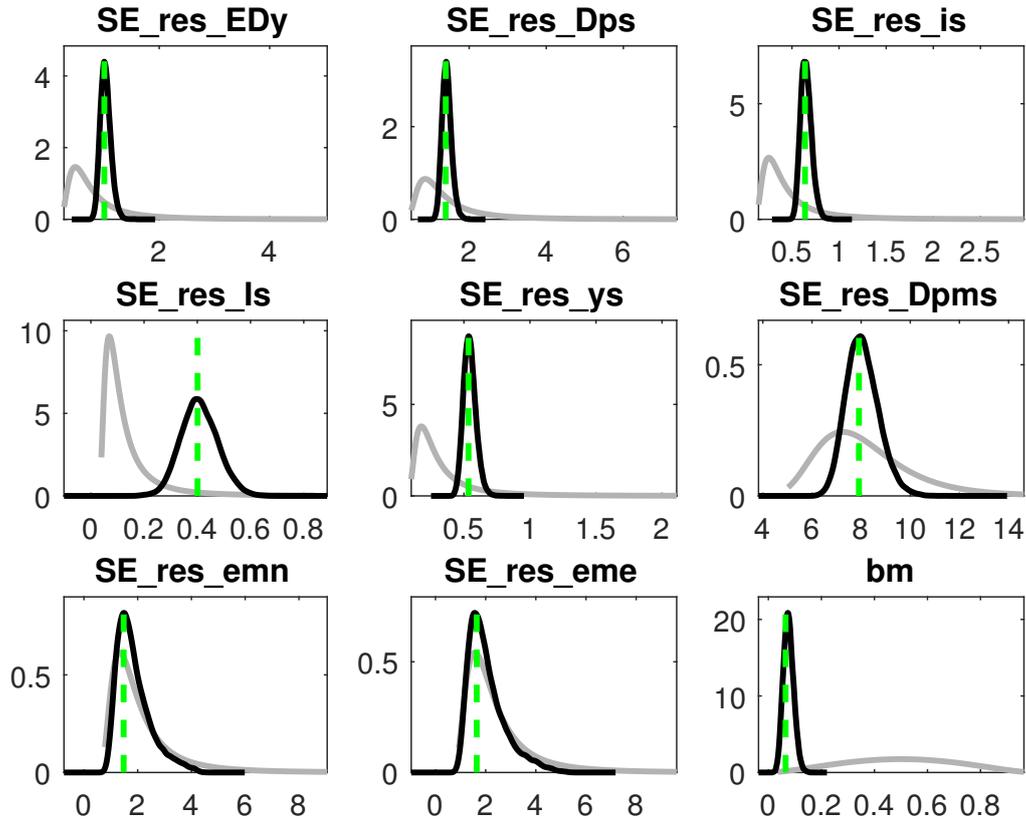


GRÁFICO 17. Inflaciones y tasas en moneda nacional

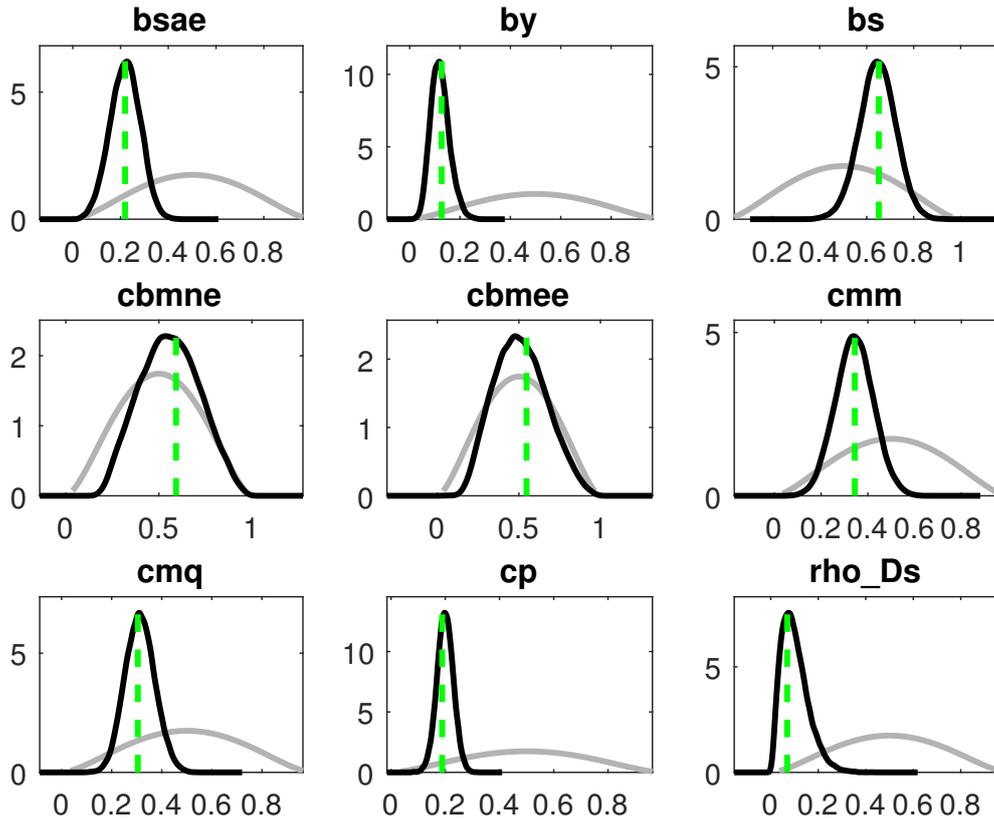


GRÁFICO 18. Paridad descubierta de tasas de interés, expectativas, impulso fiscal

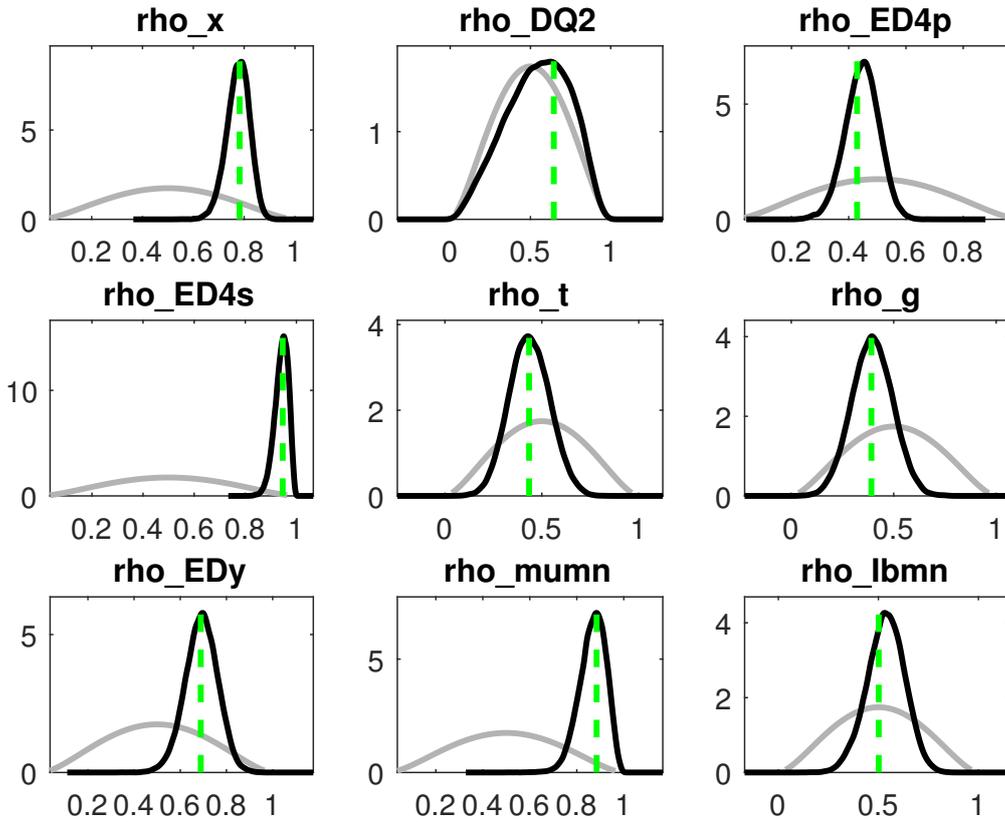


GRÁFICO 19. Tasas en moneda extranjera y componentes de la brecha producto

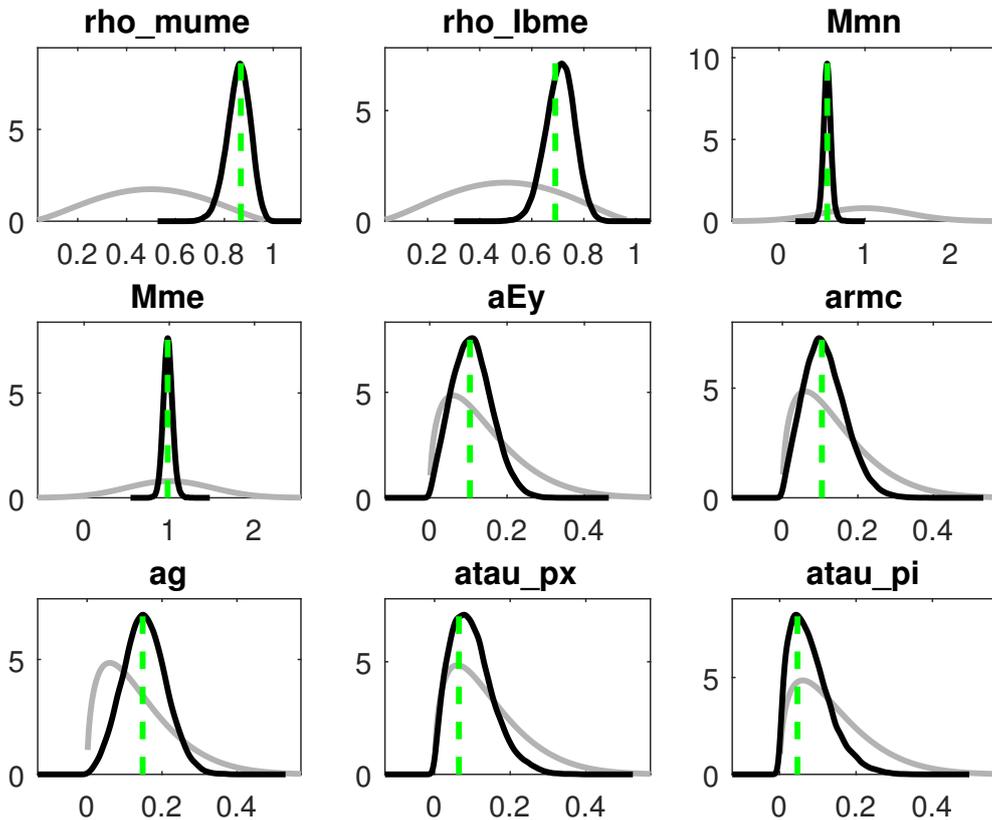
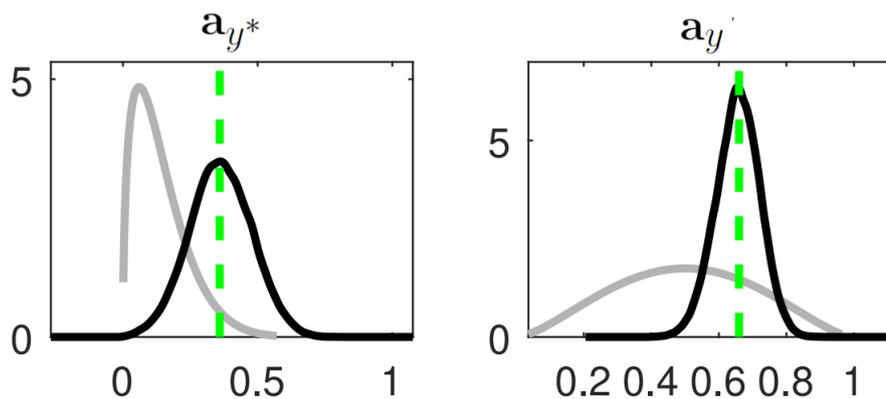


GRÁFICO 20. Brecha producto



B. ECUACIONES DEL MODELO

Inflación

$$\pi_t^{sae} = b_m \Pi_t^m + (1 - b_m) [b_{sae} \pi_{t-1}^{sae} + (1 - b_{sae}) \Pi_t^e] + b_y [c_y y_t + (1 - c_y) y_{t-1}] + \varepsilon_t \quad (B25)$$

$$\Pi_t^{sae} = (\pi_t^{sae} + \pi_{t-1}^{sae} + \pi_{t-2}^{sae} + \pi_{t-3}^{sae})/4 \quad (B26)$$

$$\pi_t^{ae} = (1 - \rho_{\pi^{ae}}) [b_s \pi_t^{sae} + (1 - b_s) \pi_t^m] + \rho_{\pi^{ae}} \pi_{t-1}^{ae} + \varepsilon_t \quad (B27)$$

$$\pi_t = c_{sae} \pi_t^{sae} + (1 - c_{sae}) \pi_t^{ae} \quad (B28)$$

$$\Pi_t = (\pi_t + \pi_{t-1} + \pi_{t-2} + \pi_{t-3})/4 \quad (B29)$$

$$\Pi_t^e = \rho_{\pi^e} \Pi_{t-1}^e + (1 - \rho_{\pi^e}) [(1 - c_p) E_t \Pi_{t+4}^{sae} + c_p \Pi_{t-1}] + \varepsilon_t \quad (B30)$$

$$\pi_t^s = (1 - \rho_{\pi^s}) [c_{\pi^{sae}} \pi_t^{sae} + (1 - c_{\pi^{sae}}) \pi_t^{ae}] + \rho_{\pi^s} \pi_{t-1}^s + \varepsilon_t \quad (B31)$$

$$\Pi_t^s = (\pi_t^s + \pi_{t-1}^s + \pi_{t-2}^s + \pi_{t-3}^s)/4 \quad (B32)$$

$$\widehat{\Pi}_t = E_t \Pi_{t+4}^{sae} - Meta \quad (B33)$$

$$\pi_t^m = c_{mm} \pi_{t-1}^m + (1 - c_{mm}) E_t \Pi_{t+4}^m + c_{mq} [\pi_{t-1}^{m\$} + \lambda_{t-1} - \pi_{t-1}^m] + \varepsilon_t \quad (B34)$$

$$\Pi_t^m = (\pi_t^m + \pi_{t-1}^m + \pi_{t-2}^m + \pi_{t-3}^m)/4 \quad (B35)$$

Tasas de interés en moneda nacional

$$i_t = \rho_i i_{t-1} + (1 - \rho_i) [i_t^n + f_\pi \widehat{\Pi}_t + f_y [c_{fy} y_t + (1 - c_{fy}) y_{t-1}]] + \varepsilon_t \quad (B36)$$

$$i_t^n = (1 - \rho_{i^n}) i + \rho_{i^n} i_{t-1}^n + \varepsilon_t \quad (B37)$$

$$i_t^{mn} = i_t + \varepsilon_t \quad (B38)$$

$$\mu_t^{mn} = (1 - \rho_{\mu^{mn}}) \mu^{mn} + \rho_{\mu^{mn}} \mu_{t-1}^{mn} + \varepsilon_t \quad (B39)$$

$$I_t^{c,mn} = \frac{i_t^{mn} + E_t i_{t+1}^{mn} + E_t i_{t+2}^{mn} + E_t i_{t+3}^{mn}}{4} + \mu_t^{mn} + \varepsilon_t \quad (B40)$$

$$e_t^{mn} = (1 - \rho_{e^{mn}}) e^{mn} + \rho_{e^{mn}} e_{t-1}^{mn} + \varepsilon_t \quad (B41)$$

$$I_t^{b,mn} = M_0^{mn} + \rho_b^{mn} I_{t-1}^{b,mn} + (1 - \rho_b^{mn}) M^{mn} I_t^{c,mn} + c_{b,e}^{mn} (e_t^{mn} - e^{mn}) + \varepsilon_t \quad (B42)$$

$$R_t^{mn} = c_b^{mn} I_t^{b,mn} + (1 - c_b^{mn}) I_t^{c,mn} - \Pi_t^e \quad (B43)$$

$$R_t^{mn-eq} = (1 - \rho_{r^{mn-eq}}) (i_t^n - i + R^{mn}) + \rho_{r^{mn-eq}} R_{t-1}^{mn-eq} + \varepsilon_t \quad (B44)$$

$$r_t^{mn} = R_t^{mn} - R_t^{mn-eq} \quad (B45)$$

Tasas de interés en moneda extranjera

$$i_t^{me} = i_t^* + \varepsilon_t \quad (B46)$$

$$\mu_t^{me} = (1 - \rho_{\mu^{me}})\mu^{me} + \rho_{\mu^{me}}\mu_{t-1}^{me} + \varepsilon_t \quad (B47)$$

$$I_t^{c,me} = \frac{i_t^{me} + E_t i_{t+1}^{me} + E_t i_{t+2}^{me} + E_t i_{t+3}^{me}}{4} + \mu_t^{me} + \varepsilon_t \quad (B48)$$

$$e_t^{me} = (1 - \rho_{e^{me}})e^{me} + \rho_{e^{me}}e_{t-1}^{me} + \varepsilon_t \quad (B49)$$

$$I_t^{b,me} = M_0^{me} + \rho_b^{me} I_{t-1}^{b,me} + (1 - \rho_b^{me})M^{me} I_t^{c,me} + c_{b,e}^{me}(e_t^{me} - e^{me}) + \varepsilon_t \quad (B50)$$

$$R_t^{me} = c_b^{me} I_t^{b,me} + (1 - c_b^{me})I_t^{c,me} - \Pi_t^e + \Lambda_t^e \quad (B51)$$

$$R_t^{me-eq} = (1 - \rho_{r^{me-eq}})(i_t^n - i + R^{me}) + \rho_{r^{me-eq}}R_{t-1}^{me-eq} + \varepsilon_t \quad (B52)$$

$$r_t^{me} = R_t^{me} - R_t^{me-eq} \quad (B53)$$

Tipo de cambio

$$\lambda_t = \rho_{\lambda} E_t \lambda_{t+1} + (1 + \rho_{\lambda}) [i_t^{me} + \xi_t - i_t^{mn} + \varepsilon_t] \quad (B54)$$

$$\Lambda_t = (\lambda_t + \lambda_{t-1} + \lambda_{t-2} + \lambda_{t-3})/4 \quad (B55)$$

$$\Lambda_t^e = \rho_{\lambda^e} \Lambda_{t-1}^e + (1 - \rho_{\lambda^e})\Lambda_{t+4} + \varepsilon_t \quad (B56)$$

$$\xi_t = \xi_t^{eq} - \rho_{\tau} \tau_t^{px} + \varepsilon_t \quad (B57)$$

$$\xi_t^{eq} = (1 - \rho_{\xi})\xi + \rho_{\xi} \xi_{t-1}^{eq} + \varepsilon_t \quad (B58)$$

$$\kappa_t = \pi_t^{*\$} + \lambda_t - \pi_t + \varepsilon_t \quad (B59)$$

$$q_t = q_{t-1} + \frac{\kappa_t - \kappa_t^{eq}}{4} \quad (B60)$$

$$\kappa_t^{eq} = \rho_{\kappa} q_t + \varepsilon_t \quad (B61)$$

Crecimiento Potencial

$$\gamma_t = 4(y_t - y_{t-1}) + \bar{\gamma}_t \quad (B62)$$

$$\bar{\gamma}_t = (1 - \rho_{\bar{\gamma}})\bar{\gamma} + \rho_{\bar{\gamma}}\bar{\gamma}_{t-1} + \varepsilon_t \quad (B63)$$

Brecha del producto y sus determinantes

$$y_t = a_{y^e} [x_t^e + y_{t-1}] + a_y y_{t-1} - a_{\psi} \psi_{t-1} + a_{\tau^{px}} \tau_t^{px} - a_{\tau^{pi}} \tau_t^{pi} + a_q q_t + a_{y^*} y_t^* - a_t t_t + a_g g_t + \varepsilon_t \quad (B64)$$

$$x_t^e = \rho_{x^e} x_{t-1}^e + (1 - \rho_{x^e}) [E_t y_{t+1} - y_{t-1}] + \varepsilon_t \quad (B65)$$

$$\psi_t = c_r^{mn} r_t^{mn} + c_r^{me} r_t^{me} + c_{hb} (\xi_t - \xi_t^{eq}) \quad (B66)$$

$$t_t = \rho_t t_{t-1} + \varepsilon_t \quad (B67)$$

$$g_t = \rho_g g_{t-1} + \varepsilon_t \quad (B68)$$

$$\pi_t^{x\$} = \rho_{\pi^{x\$}} \pi_{t-1}^{x\$} + \varepsilon_t \quad (B69)$$

$$\tau_t^{px} = (a_{\tau_{largo}} + a_{\tau_{corto}}) \tau_{t-1}^{px} - a_{\tau_{largo}} a_{\tau_{corto}} \tau_{t-2}^{px} + (a_{\tau_{largo}} - a_{\tau_{corto}}) \frac{\pi_t^{x\$} - \pi^*}{4} + \varepsilon_t \quad (B70)$$

$$\tau_t^{pi} = (a_{\tau_{largo}} + a_{\tau_{corto}}) \tau_{t-1}^{pi} - a_{\tau_{largo}} a_{\tau_{corto}} \tau_{t-2}^{pi} + (a_{\tau_{largo}} - a_{\tau_{corto}}) \frac{\pi_t^{m\$} - \pi^*}{4} + \varepsilon_t \quad (B71)$$

Economía externa

$$\pi_t^* = b_\pi^* \pi_{t-1}^* + (1 - b_\pi^*) E_t \Pi_{t+4}^* + b_y^* y_{t-1}^* + \varepsilon_t \quad (\text{B72})$$

$$\Pi_t^* = (\pi_t^* + \pi_{t-1}^* + \pi_{t-2}^* + \pi_{t-3}^*)/4 \quad (\text{B73})$$

$$u_t = \rho_u u_{t-1} + \varepsilon_t \quad (\text{B74})$$

$$\pi_t^{*\$} = \pi_t^* + u_t + \varepsilon_t \quad (\text{B75})$$

$$i_t^* = \rho_i^* i_{t-1}^* + (1 - \rho_i^*) [i_t^* + f_\pi^* (E_t \Pi_{t+4}^* - \pi^*) + f_y^* y_t^*] + \varepsilon_t \quad (\text{B76})$$

$$\mu_t^* = (1 - \rho_\mu^*) \mu^* + \rho_\mu^* \mu_{t-1}^* + \varepsilon_t \quad (\text{B77})$$

$$I_t^* = \frac{i_t^* + E_t i_{t+1}^* + E_t i_{t+2}^* + E_t i_{t+3}^*}{4} + \mu_t^* + \varepsilon_t \quad (\text{B78})$$

$$r_t^* = I_t^* - E_t \Pi_{t+4}^* - (i_t^* + \mu_t^* - \pi^*) + \varepsilon_t \quad (\text{B79})$$

$$y_t^* = a_{Ey}^* y_{t+1}^* + a_y^* y_{t-1}^* - a_r^* r_{t-1}^* + \varepsilon_t \quad (\text{B80})$$

$$\pi_t^{m\$} = (1 - c_{\pi m\$}) \pi_t^{*\$} + c_{\pi m\$} \pi_{t-1}^{*\$} + \varepsilon_t \quad (\text{B81})$$

C. DERIVACIONES ADICIONALES**C.1. LA PARIDAD DESCUBIERTA DE TASAS DE INTERÉS**

Se asume que los agentes forman sus expectativas sobre el nivel de tipo de cambio (y no sobre la tasa de depreciación). Luego, la expectativa híbrida de s_t para τ periodos en adelante ($\hat{s}_{t,t+\tau}^e$) es:

$$\hat{s}_{t,t+\tau}^e = \frac{\rho\lambda}{1 + \rho\lambda} E_t s_{t+\tau} + \frac{1}{1 + \rho\lambda} (s_{t-1} + (\tau + 1)\lambda) + \varepsilon_t^{\lambda,\tau}, \quad (\text{C82})$$

Donde s_t es 4 veces el tipo de cambio en logaritmos ²⁸

Una interpretación de la ecuación (C82), es que con peso $\rho\lambda/(1 + \rho\lambda)$ se incluye un componente racional de la expectativa a τ trimestres ($E_t s_{t+\tau}$) mientras que con peso $1/(1 + \rho\lambda)$ se incluye un componente adaptativo de la expectativa a τ trimestres ($s_{t-1} + (\tau + 1)\lambda$) y un choque especulativo $\varepsilon_t^{\lambda,\tau}$. Sobre el componente adaptativo, los agentes (se podría entender como la una proporción de agentes poco informados) esperan que el tipo de cambio del periodo anterior se mantenga y solo se vea modificado en cada periodo por la depreciación de estado estacionario; así, en $\tau + 1$ periodos (desde $t - 1$ hasta $t + \tau$) el tipo de cambio se incrementa en $(\tau + 1)\lambda$.

Substraemos s_t en ambos lados de la igualdad en (C82):

$$\hat{s}_{t,t+\tau}^e - s_t = \frac{\rho\lambda}{1 + \rho\lambda} (E_t s_{t+\tau} - s_t) - \frac{1}{1 + \rho\lambda} (s_t - s_{t-1} - (\tau + 1)\lambda) + \varepsilon_t^{\lambda,\tau}. \quad (\text{C83})$$

Haciendo $\tau = 1$ y reemplazando $s_t - s_{t-1}$ y $E_t s_{t+1} - s_t$ por λ_t y $E_t \lambda_{t+1}$, se obtiene:

$$\hat{s}_{t,t+1}^e - s_t = \frac{\rho\lambda}{1 + \rho\lambda} E_t \lambda_{t+1} - \frac{1}{1 + \rho\lambda} (\lambda_t - 2\lambda) + \varepsilon_t^{\lambda,1}. \quad (\text{C84})$$

Por su parte, la paridad descubierta de tasas de interés (en niveles) está dada por:

$$i_t^{mn} = i_t^{me} + \hat{s}_{t,t+1}^e - s_t + \xi_t \quad (\text{C85})$$

²⁸ Así, $\Delta s_t = s_t - s_{t-1} = 4 \ln(TC_t) - 4 \ln(TC_{t-1}) = 4 \ln(TC_t/TC_{t-1}) = 4 \ln(1 + (TC_t - TC_{t-1})/TC_{t-1}) \approx 4(TC_t - TC_{t-1})/TC_{t-1} = 4$ (Tasa de crecimiento trimestral del tipo de cambio) = Tasa de crecimiento trimestral anualizada del tipo de cambio.

Así, la depreciación esperada es función del diferencial de tasas y la prima por riesgo como se presenta a continuación:

$$\hat{s}_{t,t+1}^e - s_t = -(i_t^{me} + \xi_t - i_t^{mn}). \quad (\text{C86})$$

Luego, al reemplazar (C86) en (C84) y resolver por λ_t se obtiene:

$$\lambda_t = 2\lambda + \rho\lambda E_t \lambda_{t+1} + (1 + \rho\lambda)(i_t^{me} + \xi_t - i_t^{mn} + \varepsilon_t), \quad (\text{C87})$$

donde $\varepsilon_t = \varepsilon_t^{\lambda,1}$. Así, la ecuación (C87) corresponde a la ecuación (22) en el texto principal luego de hacer $\lambda = 0$ que es la calibración de estado estacionario de la depreciación nominal.