



BCU

Un modelo semi estructural de proyecciones macroeconómicas para el Uruguay

Patricia Carballo

José Ignacio González

Margarita Güenaga

José Mourelle

Gabriela Romaniello

Nº 012 - 2015

Documento de trabajo

ISSN 1688-7565



Un modelo semi estructural de proyecciones macroeconómicas para el Uruguay[☆]

Patricia Carballo^{a1}, José Ignacio González^{a2}, Margarita Güenaga^{b3}, José Mourelle^{b4}, Gabriela Romaniello^{b5}

a Banco Central del Uruguay (Área de Política Monetaria y Programación Macroeconómica, Departamento de Análisis Monetario), 777 Diagonal J.P. Fabini 11100 Montevideo, Uruguay

b Banco Central del Uruguay (Área de Política Monetaria y Programación Macroeconómica, Departamento de Análisis Cuantitativo), 777 Diagonal J.P. Fabini 11100 Montevideo, Uruguay

Documento de trabajo del Banco Central del Uruguay 2015/012

Autorizado por: Gerardo Licandro

Resumen

Este trabajo documenta las características del Modelo de Proyecciones Macroeconómicas (MPM), que permite realizar tanto pronósticos como simulaciones de variables macroeconómicas. Se trata de un modelo de corte Nekeynesiano con rigideces en los precios. Por lo tanto, en el corto plazo, movimientos en el sector nominal, y en particular la política monetaria, pueden tener efectos sobre las variables reales de la economía. Asimismo, se investigan las relaciones entre las variables del modelo al incorporar el mercado monetario e investigando los efectos de imponer dos reglas alternativas de política monetaria. La primera se basa en una tasa de interés (Taylor), y la segunda en agregados monetarios (McCallum).

JEL: E23, O47

Palabras clave: Modelo semi estructural, agregados monetarios, regla de política, Uruguay

Abstract

This paper presents the characteristics of Modelo de Proyecciones Macroeconómicas (MPM), which allows both forecasts and simulations of macroeconomic variables. It is a New Keynesian model with price stickiness. Therefore, movements in the nominal sector, and especially in monetary policy, may have effects on real variables in the economy in the short term. We also analyze the relationships among the model variables when a money market is included and the effects of imposing two alternative rules of monetary policy. The first rule is based on an interest rate (Taylor), and the second in monetary aggregates (McCallum).

JEL: E23, O47

Keywords: Semi structural model, monetary aggregates, policy rule, Uruguay

[☆] Durante el año 2013 se elaboró una primera versión de este modelo para lo cual se contó con el apoyo de técnicos del Banco Central del Paraguay, en especial de Bernardo Rojas, Gustavo Biedermann y Sebastián Diz, a quienes se les agradece su decisivo aporte. Las rutinas utilizadas en aquel momento eran una adaptación de las correspondientes al modelo documentado en Rojas et al. (2011). Posteriormente el desarrollo del MPM se benefició de valiosos comentarios y sugerencias de parte de Javier García-Cicco. En las etapas iniciales de trabajo, Fernanda Cuitiño y Verónica Rodríguez realizaron aportes muy relevantes. El proyecto contó con el permanente respaldo de Adriana Induni quien realizó estimulantes sugerencias a lo largo del proyecto que contribuyeron a la concreción del mismo. Los errores remanentes son exclusiva responsabilidad de los autores. Las opiniones vertidas en este documento no comprometen la opinión institucional del Banco Central del Uruguay. El presente documento se elaboró en el marco del Plan Estratégico del Banco Central del Uruguay y en cumplimiento de la Meta de mejora IE3 del año 2014.

¹pcarballo@bcu.gub.uy; ²jsgonzalez@bcu.gub.uy; ³lguenaga@bcu.gub.uy; ⁴josem@bcu.gub.uy; ⁵gromaniello@bcu.gub.uy

Índice

1. Introducción	4
2. Antecedentes	5
2.1. Antecedentes locales	5
2.2. Antecedentes regionales e internacionales recientes	6
3. El MPM	8
3.1. Mecanismos de transmisión	8
3.2. Principales bloques	9
3.2.1. Curva IS	9
3.2.2. Curva de Phillips	11
3.2.3. Tipo de cambio	12
3.2.4. Bloque externo	14
3.2.5. Regla de McCallum y mercado monetario	15
3.2.6. Regla de Taylor y Transmisión vía la tasa de interés	17
4. Resultados	19
4.1. Respuesta al Impulso según Regla	19
4.1.1. Shock de demanda agregada	20
4.1.2. Shock de costos en los precios no transables	21
4.1.3. Shock de política monetaria	22
5. Conclusiones	23
A. Calibración	26
B. Datos	28

1. Introducción

El control de la inflación es el principal cometido de un Banco Central y por ende el diseño de la política monetaria ocupa un rol primordial, especialmente en instituciones que, como el Banco Central del Uruguay, adoptan en forma progresiva un esquema de metas de inflación.¹

En Uruguay se implementó a partir de junio de 2013 un esquema de metas de inflación donde se anuncia el crecimiento de la cantidad de dinero, que busca llevar la inflación dentro del rango $3\% - 7\%$.

El presente trabajo busca aportar en la generación del instrumental cuantitativo requerido para un diseño adecuado de la política monetaria. Para el referido diseño es vital contar con modelos que generen proyecciones de inflación condicionales a la política monetaria. En estos modelos la proyección de inflación está asociada a un determinado sesgo de la política monetaria y a un consecuente uso de los instrumentos de esta política. De esta forma simulando diferentes opciones de política monetaria se pueden obtener proyecciones alternativas de inflación.

En este sentido el Modelo de Proyecciones Macroeconómicas (MPM) que aquí se presenta modela la economía uruguaya utilizando un modelo semi estructural con fundamento nekeynesiano. En este tipo de modelos los mecanismos de transmisión de la política monetaria están representados de manera clara y simple.

A este desafío más general que enfrenta cualquier modelo macroeconómico pensado para apoyar el diseño de la política monetaria en un marco de metas de inflación se agrega en el caso uruguayo la necesidad de incorporar una regla de política con agregados monetarios dada la forma en que el BCU está instrumentando su política. Esta incorporación constituye el primer intento en la literatura, hasta donde llega nuestro conocimiento, de generar un modelo nekeynesiano pequeño incluyendo una regla de política monetaria con cantidad de dinero.

Adicionalmente esto requiere introducir un mercado monetario y en particular incluir una demanda de dinero, lo cual no es habitual en estos modelos, dado que la gran mayoría de los trabajos precedentes son modelos *cashless* (no incluyen mercado monetario), donde el dinero es irrelevante. En el MPM se agrega una demanda de dinero que depende de la tasa de interés nominal de corto plazo y del ingreso. La oferta de dinero estará representada por la regla de política que se utilice, por lo que, con regla de agregados, la tasa de interés de corto plazo pasa a ser endógena. El modelo también admite el uso de una regla de política basada en la tasa de interés, como la regla de Taylor. En este caso la tasa de interés es exógena, pasando a ser endógena la cantidad de dinero.

Un régimen de metas de inflación intenta anclar las expectativas de inflación en torno a la meta inflacionaria. La comprensión del rol central que juegan estas expectativas en el proceso inflacionario es otro de los objetivos de este tipo de modelización y en particular del MPM.

Además se comparan y evalúan los resultados obtenidos al aplicar dos reglas, permaneciendo el resto de los parámetros del modelo sin cambios. En primer lugar se incorpora la regla de McCallum, en la que la cantidad de dinero depende de los desvíos con respecto al

¹El artículo 3º de la Carta Orgánica establece entre las finalidades primordiales del Banco Central del Uruguay "la estabilidad de precios que contribuya con los objetivos de crecimiento y empleo".

producto nominal potencial. En segundo lugar la regla de Taylor, donde la tasa de interés de corto plazo depende de los desvíos de la inflación respecto a su meta y de los desvíos del producto real en relación a su nivel potencial.

2. Antecedentes

El desarrollo de este modelo es parte de una agenda más amplia de trabajo en modelos macroeconómicos desarrollada en el BCU. En la sección 2.1 se analizan dos antecedentes locales directos, el Modelo Macroeconómico de estimación trimestral (MMET) y el Modelo Estructural Pequeño (MEP).

Por su parte en la sección 2.2 se comentan una serie de documentos más generales que describen la lógica y el uso de estos modelos. También se mencionan un conjunto de antecedentes de construcción de este tipo de modelos por parte de bancos centrales de la región. También se comenta un modelo desarrollado para Kenya donde se incorpora un mercado monetario y una regla de política monetaria basada, parcialmente, en la cantidad de dinero.

2.1. Antecedentes locales

Un primer antecedente de modelos estructurales para la economía uruguaya se encuentra en Gianelli et al. (2011), donde se documenta el Modelo Macroeconómico de estimación trimestral (MMET). Se trata de un modelo semi-estructural con fines de análisis, proyección y simulación de las principales variables implicadas en el seguimiento de la Política Monetaria. El modelo cuenta con un bloque real y otro nominal interconectado. El bloque real se compone de un módulo de oferta y otro de demanda y dos bloques satélites para el sector fiscal y el sector externo. En el bloque nominal se determina la inflación, el tipo de cambio nominal, los salarios y la tasa de interés. El modelo está formado por un conjunto coherente de ecuaciones de comportamiento cuyo mecanismo central de transmisión de la política monetaria podría asimilarse al correspondiente a un modelo neokeynesiano. El modelo en su versión *benchmark* es consistente con el equilibrio de largo plazo de la economía uruguaya. En su uso cotidiano a los efectos de proyección y simulación algunas ecuaciones son sustituidas por relaciones de corto plazo no necesariamente consistentes con el equilibrio de largo plazo.

El MMET es un instrumento flexible que genera una descripción cuantitativa y cualitativa de las variables macroeconómicas relevantes para la política monetaria y sus canales de transmisión. El modelo incorpora una cantidad muy grande de variables y relaciones y ha jugado un rol central dentro del proceso de proyecciones del BCU. El MPM se focaliza en las relaciones más relevantes a los efectos del mecanismo de transmisión de la política monetaria, con lo cual podría jugar un rol complementario al MMET. Al incorporar una representación simple y clara de los mecanismos de transmisión de la política monetaria el MPM resulta especialmente idóneo para simular distintas opciones de política y su incidencia en el proceso inflacionario.

Asimismo Gianelli (2009), calibra un modelo estructural pequeño de economía abierta (MEP) semi-dolarizada, de corte Neokeynesiano, cuyo objetivo es brindar un marco analítico simple, para comprender el proceso de determinación de las variables que afec-

tan tanto el comportamiento como los resultados de la política monetaria en un régimen de metas de inflación cuyo instrumento es la tasa de interés. La estructura básica del modelo se compone de 3 ecuaciones: la curva de Phillips, una IS de economía abierta y semi-dolarizada y una regla de política monetaria basada en la tasa de interés. A ellas se le añaden otras ecuaciones donde se incorpora la curva de rendimientos de las tasas de interés, una ecuación para el tipo de cambio real de fundamentos y varias relaciones de arbitraje entre activos financieros.

En este modelo se presentan tres mecanismos de transmisión de la política monetaria. En primer lugar, un canal financiero dominado por el efecto tipo de cambio. Además el canal de expectativas que incorpora las expectativas de inflación y de devaluación. Por último, el canal real que opera a través de las tasas de interés real, tanto en moneda nacional como en moneda extranjera y del tipo de cambio real sobre la brecha de producto. El autor simula los efectos de distintos shocks sobre las variables relevantes del modelo en el horizonte de la política monetaria, encontrando que el modelo que propone resulta apropiado para interpretar la intuición de los mecanismos de transmisión de la política monetaria y que los resultados obtenidos son robustos a los cambios en los parámetros.

Con relación al MEP el MPM incorpora una regla monetaria basada en agregados monetarios y una modelización del mercado monetario. A su vez el MPM está codificado en un software de base que permite un mejor tratamiento de la dinámica del modelo y lo hace más apropiado para ser usado con fines de proyección.

2.2. Antecedentes regionales e internacionales recientes

En Berg et al. (2006) se hace una descripción genérica sobre los principales componentes de este tipo de modelos. El documento tiene por objetivo constituirse en una guía para la elaboración de un modelo para analizar y predecir la política monetaria. El documento describe un modelo semi-estructural simple, usado comúnmente por los bancos centrales. Se compone de una curva de demanda agregada (o IS), una curva de Phillips, la paridad de intereses descubierta, y por último una función de reacción de la política monetaria. En el documento se discute como parametrizar el modelo y usarlo para predecir y para el análisis de política monetaria, ilustrando la aplicación para el caso de Canadá.

Otro documento relacionado al anterior es Boz et al. (2010), donde se desarrolla una versión en forma reducida, de un modelo neokeyniano. El documento es resuelto numéricamente usando IRIS, el software en que está codificado el MPM, por lo que este antecedente es particularmente útil. El trabajo de Boz et al. (2010) se centra en la calibración, el análisis de las propiedades del modelo y la generación de la proyección de inflación. El trabajo también se centra en como esta clase de modelos puede ayudar a decidir sobre el nivel apropiado de la tasa de interés de política, dada la meta de inflación y el estado de la economía.

En el caso paraguayo, Rojas et al. (2011) documenta el Modelo de Consistencia Macroeconómica (MCM) que es usado por el BCP. El MCM es un modelo semi estructural, de equilibrio general estocástico que incorpora expectativas racionales, de naturaleza neokenesiana en donde se asume que la política monetaria y las metas de inflación proveen un ancla nominal a la economía sin afectar a las variables reales en el largo plazo.

La demanda de bienes se representa por una curva IS expresada en términos de brecha de producto y la oferta se la modela como una curva de Phillips de corto plazo, que vincula

la brecha de producto con la inflación pasada y esperada y la brecha del tipo de cambio real. El tipo de cambio nominal se determina con la condición de paridad descubierta de la tasa de interés.

El modelo se completa con la formulación de una regla de Taylor para la tasa de interés en la que los parámetros son mayores a los propuestos por Taylor en su versión original Taylor (1993). A partir de la evolución de la tasa de interés de corto plazo se generan las demás tasas de interés. No se modela la demanda de dinero porque se asume que en Paraguay esta no es significativamente sensible a la tasa de interés, lo que refuerza la relación directa entre la tasa de interés de corto y de largo plazo.

Finalmente, se asume que el país es lo suficientemente pequeño por lo que se consideran exógenas las variables externas tales como: tasa de interés internacional, brecha de producto mundial, inflación internacional. El modelo es de proyección trimestral y contempla tres mecanismos principales de transmisión de la política monetaria de acuerdo a la literatura neokeynesiana: un canal de la tasa de interés, un canal de tipo de cambio y un canal de expectativas. Con este modelo, el BCP realiza simulaciones y proyecta las variables macroeconómicas más importantes para la toma de decisiones de política monetaria en el mediano plazo. Finalmente, con el objetivo de ilustrar empíricamente el funcionamiento del modelo se simulan los efectos de dos shocks sobre las variables relevantes del mismo.

En Modeling a small open economy, Corbo and Tessada (2003) presentan un modelo para la economía chilena que busca analizar la dependencia de la evolución del nivel de actividad del entorno externo. El modelo presenta 4 ecuaciones: la demanda representada por una curva IS de economía abierta, que explica la evolución de la brecha de producto; una ecuación que modela la inflación subyacente dependiendo de la persistencia inflacionaria, un componente *forward looking*, y los precios internacionales y finalmente la regla de política monetaria junto con una ecuación para el tipo de cambio real. Las cuatro ecuaciones se estiman independientemente. El modelo se utiliza para simular las respuestas dinámicas a diferentes shocks que son de interés a los efectos de la política monetaria y que no alteran la trayectoria de largo plazo de la economía.

El Modelo de Proyección Trimestral (MPT) del Banco Central de Reserva de Perú (BCRP (2009)) es un modelo dinámico, neokeynesiano, semiestructural que cuenta con la estructura mínima necesaria para explicar el funcionamiento de una economía pequeña y abierta semidolarizada y tiene por objetivo proyectar las variables macroeconómicas relevantes y simular los efectos de distintos shocks y/o cambios de política. Este modelo cuenta con cuatro ecuaciones de comportamiento básicas: 1) la oferta agregada 2) la demanda agregada 3) la paridad descubierta de la tasa de interés y 4) la regla de política monetaria.

La estructura reconoce que las variables reales pueden discrepar de su tendencia de largo plazo debido a la presencia de imperfecciones (rigideces de precios) que permiten un rol explícito a la política monetaria en el mediano plazo y recogen, en el largo plazo, la neutralidad del dinero sobre las variables reales. Con este modelo realizan ejercicios de proyección condicionales a los posibles cursos de acción de la política monetaria. Una diferencia a destacar respecto al modelo más estándar es que se reconoce la relevancia de la tasa de interés real en dólares, sobre el comportamiento de la demanda agregada, en el sector no transable de la economía.

En consecuencia, el traspaso de las variaciones esperadas en el tipo de cambio sobre di-

cha tasa constituye un canal adicional por la cual la política monetaria afecta la actividad económica. Así se distingue el canal tradicional del tipo de cambio real sobre la competitividad, del efecto hoja de balance sobre los pasivos altamente dolarizados. En efecto, el contar con el canal de préstamos en dólares a sectores no transables, les permite analizar el costo relevante del crédito para los agentes domésticos que poseen ingresos en pesos y pasivos en dólares, y de este modo incorporar al modelo la posibilidad de contar con depreciaciones contractivas. El MPT, como es tradicional en estos modelos, está dividido en dos sistemas: corto y largo plazo.

El sistema de corto plazo es endógeno y consiste en un sistema de ecuaciones de comportamiento representadas como desviaciones o brechas respecto a la tendencia de largo plazo. Por su parte, el sistema de largo plazo, es exógeno al modelo, y consta de relaciones autorregresivas suaves que gobiernan la dinámica de las variables abstrayéndose de la presencia de perturbaciones reales o monetarias de corto plazo. En ese sentido, las variables de largo plazo son tratadas como tendencias que se ajustan dinámicamente al estado estacionario. Se realizan ejercicios de simulación de la evolución de las variables macroeconómicas frente a distintos shocks.

En Kenya, Andrle et al. (2013b) técnicos del FMI construyeron un modelo semiestructural, neokeyniano de economía abierta que separa la dinámica inflacionaria de los alimentos del resto de los bienes con el objetivo de predecir y efectuar análisis de política monetaria en países de bajos ingresos y aplicado a Kenya. En este modelo se incorporan dos tipos de curva de Phillips, una para incluir explícitamente el rol del precio de los alimentos y otra para el resto de los bienes y servicios. Asimismo se incluye la ecuación de la paridad de tasas descubierta, una regla de política monetaria y un bloque externo. El modelo se usó para realizar varios ejercicios analizando el desempeño del mismo como las funciones de respuesta al impulso y la predicción dentro y fuera de la muestra.

Asimismo, Andrle et al. (2013a) extendió el trabajo realizado anteriormente incorporando especialmente el rol de las metas monetarias en el análisis de la política monetaria en países de bajos ingresos. Ellos encuentran en este caso que: i) metas monetarias estables son consistentes con una predicción de la demanda de dinero, ii) las metas no juegan un rol sistemático en la política monetaria y iii) las desviaciones de la cantidad de dinero respecto a la meta reflejan shocks en la demanda de dinero.

3. El MPM

3.1. Mecanismos de transmisión

En el MPM se incluyen tres canales por los cuales se transmite la política monetaria: la tasa de interés en moneda nacional, el tipo de cambio y las expectativas de inflación. La tasa de interés de corto plazo en moneda nacional se determina a partir de la demanda de dinero y de la oferta de dinero, que se modela respondiendo a una regla de McCallum. Cuando el Banco Central modifica la oferta de dinero, afecta la tasa de interés interbancaria y con ella, a la estructura de tasas de interés de mayor plazo y, considerando que los precios son rígidos y las expectativas no se ajustan instantáneamente, se ven afectadas las tasas reales de largo plazo que impactan en la brecha de producto y en la inflación. Es así que, si se mantienen las expectativas de inflación constantes, un aumento

en la tasa nominal contrae la demanda agregada, mientras que la presencia de presiones inflacionarias que hagan aumentar las expectativas de inflación, expanden la demanda agregada y en consecuencia también a la inflación. La diferencia entre la tasa real de largo plazo y su nivel de equilibrio es la brecha de la tasa de interés real, que puede ser positiva o negativa y que define si hay o no impulso monetario.

A su vez, la condición de paridad de intereses de Fisher garantiza que un aumento de la tasa de corto plazo contribuya a un descenso del tipo de cambio nominal, lo que se traspa vía la inflación importada a una disminución de la inflación de bienes transables. Por lo tanto, una política monetaria más restrictiva impactaría en un tipo de cambio menor, moderando los precios de los bienes y servicios transables. A su vez, el modelo presenta el canal tradicional de tipo de cambio real por el cual una apreciación real encarece los bienes domésticos, lo que desalienta a las exportaciones netas disminuyendo la demanda agregada, y afecta a la brecha de producto y alentando a una menor inflación.

Por otro lado, en el caso de los no transables, una política monetaria más restrictiva, impactaría en una reducción de las expectativas de inflación y en una tasa de corto plazo mayor, lo que también afecta a la tasa de largo plazo. Esta tasa impacta, vía brecha de tasa de interés, en la curva de demanda, es decir, en la brecha del producto. Entonces esta suba de la tasa de interés, generaría una disminución de la brecha de producto, moderando las presiones sobre los precios de los bienes y servicios no transables.

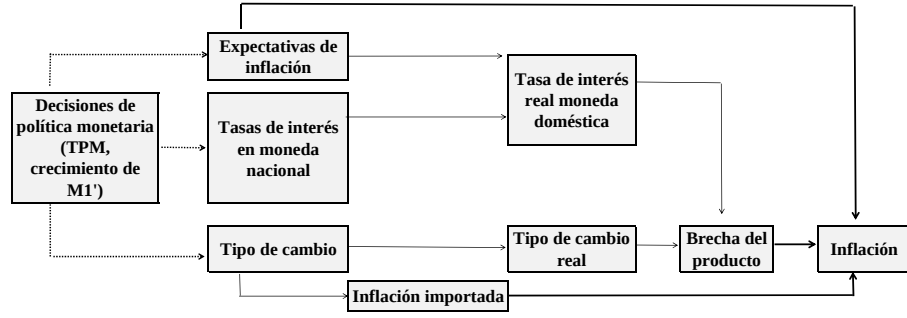


Figura 1: Mecanismos de transmisión de la política monetaria en el MPM

3.2. Principales bloques

El MPM es un modelo calibrado para representar los hechos estilizados de la economía uruguaya. Las variables del modelo están formuladas en logaritmos y las brechas en desvíos con respecto a su valor de tendencia. El modelo se resuelve numéricamente usando el software Matlab con IRIS Toolbox, Boz et al. (2010).

3.2.1. Curva IS

$$y^{bre} = a_1 y_{-1}^{bre} + a_2 E y^{bre} - a_3 i r^{bre} + a_4 e^{bre} + a_5 y x_{-1}^{bre} + res_{y^{bre}} \quad (1)$$

y^{bre} : brecha de producto; $i r^{bre}$: brecha de tasa de int. real; e^{bre} : brecha de tipo de cambio real; $y x^{bre}$: brecha de producto externo; $res_{y^{bre}}$: shock de demanda.

La producción se toma en términos de desvíos del producto con respecto a su valor de tendencia. A modo de reflejar las rigideces que existen en la producción se incluye dentro de la ecuación un componente *backward looking* que es la producción rezagada un período con un coeficiente igual a 0,6, así se intenta mostrar que la producción no reacciona totalmente a los cambios en las condiciones macroeconómicas, sino que la producción presenta inercia. Además se incluye un componente *forward looking*, con un coeficiente igual a 0,1 que expresa a las expectativas que tienen los agentes de las condiciones futuras de la economía, sin embargo este efecto es bastante menor en comparación a la parte inercial. Asimismo se incorpora los desvíos con respecto a la brecha de tasa de interés, como una aproximación a la instancia de la política monetaria (contractiva o expansiva) y con respecto a los desvíos del tipo de cambio en relación a su nivel de equilibrio.

Para cerrar el bloque producto se adicionan dos ecuaciones: una para la dinámica del producto potencial y otra que asegure la consistencia entre el producto, el producto potencial y la brecha de producto. Entonces, se impone una ecuación al producto potencial que sigue un proceso que responde a un promedio ponderado entre el valor del periodo anterior y un valor exógeno de estado estacionario del producto potencial.

$$Dy^{eq} = c_{12}Dy^{eq}_{-1} + (1 - c_{12})Dy^{ss} + res_{Dy^{eq}} \quad (2)$$

Dy^{eq} : crecimiento del producto; Dy^{ss} : crecimiento del producto en estado estacionario; $res_{Dy^{eq}}$: shock al crecimiento de producto de equilibrio.

Por último, para cerrar el bloque se exige como condición que la suma del desvío del producto más el producto potencial se iguale al producto observado.

$$y = y^{eq} + y^{bre} \quad (3)$$

y : producto; y^{eq} producto de equilibrio; y^{bre} : brecha de producto.

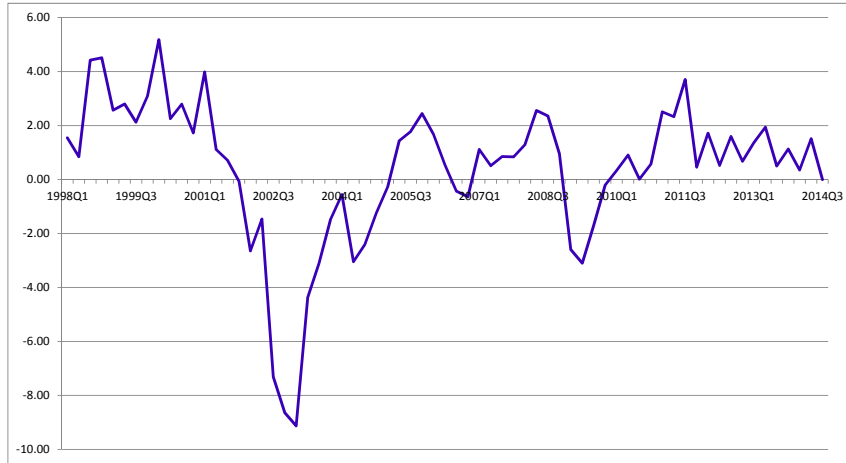


Figura 2: Brecha de producto implícita en el modelo

Para los datos observados el modelo calcula una medida de brecha de producto utilizando el filtro Hodrick Prescott. Como puede observarse en el gráfico 2, esta medida de desvíos del pib potencial reproduce razonablemente bien los hechos estilizados de la

economía. Presentando valles en la crisis de 2002 y otro menor, como reflejo de la crisis *subprime* en 2008.

3.2.2. Curva de Phillips

$$Dp^{ntxsa} = a_6 E Dp^{ntxsa} + (1 - a_6) Dp_{-1}^{ntxsa} + a_7 (a_8 y^{bre} + (1 - a_8) e^{bre}) + res_{Dp^{ntxsa}} \quad (4)$$

Dp^{ntxsa} : variación de los precios no transables de exclusión; y^{bre} : brecha de producto; e^{bre} brecha de tipo de cambio real; $res_{Dp^{ntxsa}}$ shock al crecimiento de los precios no transables de exclusión.

Los precios de los no transables de exclusión dependen de sí mismos rezagados un período, lo que da cuenta de su elevada persistencia. En el caso uruguayo estos precios están asociados a salarios, que presentan rigideces a la baja y una gran inercia. Por otro lado, agregan una parte *forward looking* que refleja las expectativas de los agentes sobre los valores futuros de estos precios, de esta manera se incluyen a la ecuación vía expectativas de los agentes los efectos futuros de la política monetaria. En la ecuación se reflejan las presiones de demanda mediante desvíos respecto al producto potencial y, la brecha del tipo de cambio real como una proxy de los costos transables de los no transables.

$$Dp^{txsv} = a_{14} (Dp_{-1}^{txsv}) + (1 - a_{14}) (Ds + Dpx) + res_{Dp^{txsv}} \quad (5)$$

Dp^{txsv} : variación de los precios transables de exclusión; Ds : variación del tipo de cambio; Dpx : variación de los precios internacionales; $res_{Dp^{txsv}}$ shock al crecimiento de los precios transables de exclusión.

En cuanto a los transables de exclusión, se modelan como un promedio ponderado entre la inercia de los precios, el valor rezagado de la variable, más una parte de la formación del precio, que responde a variaciones en los precios internacionales y a las variaciones en el tipo de cambio. Así, se pueden incorporar a la formación de precios, shocks provenientes del resto del mundo, ya sea vía precios o tipo de cambio.

Frutas y Verduras:

$$Dp^v = c_{21} (c_{22} Dp_{-1}^v + (1 - c_{22} Dp^{sub})) + (1 - c_{21}) Dp^{target} + res_{Dp^v} \quad (6)$$

Dp^v : variación de los precios de Frutas y Verduras; Dp^{sub} : variación del nivel de precios excluyendo Frutas y Verduras y Administrados; Dp^{target} : target de inflación; res_{Dp^v} shock al crecimiento de los precios de Frutas y Verduras.

Administrados:

$$Dp^{adm} = c_{23} (c_{24} Dp_{-1}^{adm} + (1 - c_{24} Dp^{sub})) + (1 - c_{23}) Dp^{target} + res_{Dp^{adm}} \quad (7)$$

Dp^{adm} : variación de los precios Administrados; Dp^{sub} : variación del nivel de precios excluyendo Frutas y Verduras y Administrados; Dp^{target} : target de inflación; $res_{Dp^{adm}}$ shock al crecimiento de los precios Administrados.

Tanto para los componentes Frutas y Verduras como para Administrados, se modelaron como un promedio ponderado entre el target de inflación y un promedio del valor rezagado de la variable y de la inflación subyacente. De esta manera, se incorpora por una lado cierto nivel de inercia a la vez que se asegura la convergencia de los mismos al objetivo de inflación.

$$Dp = v_1 Dp^{ntxsa} + v_2 Dp^{txsv} + v_3 Dp^{adm} + (1 - v_1 - v_2 - v_3) Dp^v \quad (8)$$

Dp : variación del nivel de general precios; Dp^{ntxsa} : variación precios no transables de exclusión; Dp^{txsv} : variación de precios transables de exclusión; Dp^{adm} variación de precios Administrados; Dp^v variación de precios de Frutas y Verduras.

$$Dp^{sub} = (v_1 Dp^{ntxsa} + v_2 Dp^{txsv}) / (v_1 + v_2) \quad (9)$$

Dp^{sub} : variación de precios exclusión ; Dp^{ntxsa} : variación precios no transables de exclusión; Dp^{txsv} : variación de precios transables de exclusión.

Las últimas ecuaciones reconstruyen tanto el nivel de precios general como el nivel de precios de exclusión Dp^{sub} , utilizando como insumos los resultados de las ecuaciones precedentes.

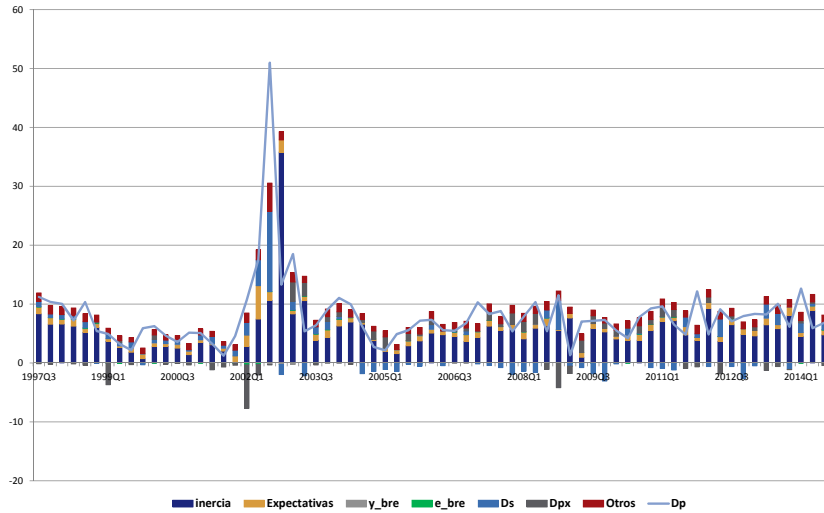


Figura 3: Descomposición histórica de la variación trimestral anualizada de los precios, según componentes

Como forma de evaluar el poder explicativo del modelo, se realizó una descomposición de la variación de los precios de acuerdo a las ecuaciones impuestas. Como puede observarse, si bien existen diferencias entre los valores efectivos en la variación trimestral anualizada del nivel de precios y la estimada, se puede concluir, que el ajuste es bastante bueno, destacándose el componente inercial por su incidencia en la variación. En segundo lugar, el tipo de cambio también presenta una incidencia importante, en particular en la crisis de 2002 donde existió una gran devaluación del peso que se trasladó a los precios internos de la economía.

3.2.3. Tipo de cambio

$$s = a_{12}(s_{+1} - 0,25(ticp - ix - riskpre)) + (1 - a_{12})(s_{-1} + (D4p - D4px)/4) + res_s \quad (10)$$

s : tipo de cambio ; $ticp$: tasa de interés de corto plazo; ix : tasa de interés internacional, $riskpre$: prima por riesgo; $D4p$: variación interanual de precios; res_s : shock al tipo de cambio; .

El tipo de cambio se modela como un promedio ponderado entre la paridad descubierta de Fischer, y la paridad de poderes de compra.

De acuerdo a Benes et al. (2008) la paridad descubierta pura genera poca persistencia en el tipo de cambio en comparación con la evidencia empírica. La ecuación 10 puede verse como una versión simple de la propuesta de modelización del tipo de cambio contenida en Boz et al. (2010), siempre que $a_{12} < 1$. Con $a_{12} = 1$ tendríamos la versión pura de la paridad descubierta, con lo que el componente *forward looking* de esa paridad promueve que el tipo de cambio se ajuste a la suma de los diferenciales de tasas de interés futuros. La paridad descubierta incorpora al proceso de formación del tipo de cambio, el arbitraje entre la tasa de interés de corto plazo de la economía, la tasa de interés internacional y el riesgo asociado a la economía doméstica. Por lo tanto, si la tasa de interés es mayor que la tasa de interés internacional más la prima por riesgo país, se produciría una entrada de capitales, lo que generaría una abundancia de moneda extranjera en la economía que presionaría al tipo de cambio a la baja. Por otro lado el componente paridad de poderes de compra genera que si los precios internacionales son mayores a los de la economía, el tipo de cambio baja para compensar el *gap* entre ambos.

$$e = s + px - p \quad (11)$$

e : tipo de cambio real; s : tipo de cambio; px : nivel de precios internacionales, p : nivel de precios doméstico.

El tipo de cambio real se utiliza como un insumo para calcular su brecha que se incorpora como uno de los determinantes tanto de la demanda agregada (curva IS) como de la curva de Phillips.

$$e^{eq} = c_{14}e_{-1}^{eq} + res_{e^{eq}} \quad (12)$$

e^{eq} : tipo de cambio real de equilibrio; $res_{e^{eq}}$: shock al tipo de cambio real de equilibrio.

Entonces, en los datos efectivos se utiliza el filtro Hodrick-Prescott obteniendo una medida del tipo de cambio real de equilibrio y de los desvíos con respecto a ese valor. En el caso de las proyecciones, se supone que el tipo de cambio real de equilibrio se comporta como un *Random Walk*.

$$e^{bre} = e - e^{eq} \quad (13)$$

e^{bre} : brecha de tipo de cambio real; e : tipo de cambio real; e^{eq} : tipo de cambio real.

Para mantener la consistencia con los datos observados se impone la ecuación, que asegura la igualdad entre el dato efectivo y la suma del valor de equilibrio y su desvío.

En el gráfico 4, se muestra una comparación de las medidas de brecha de tipo de cambio real obtenidas por dos modelos distintos. Debido a que el tipo de cambio real de equilibrio y la brecha son variables no observables, se optó por comparar la estimación del MPM con la obtenida con el MMET, Gianelli et al. (2011). Cabe destacar que ambas estimaciones son muy parecidas, arribándose a las mismas conclusiones en cuanto a instancia en prácticamente cada momento del intervalo planteado.

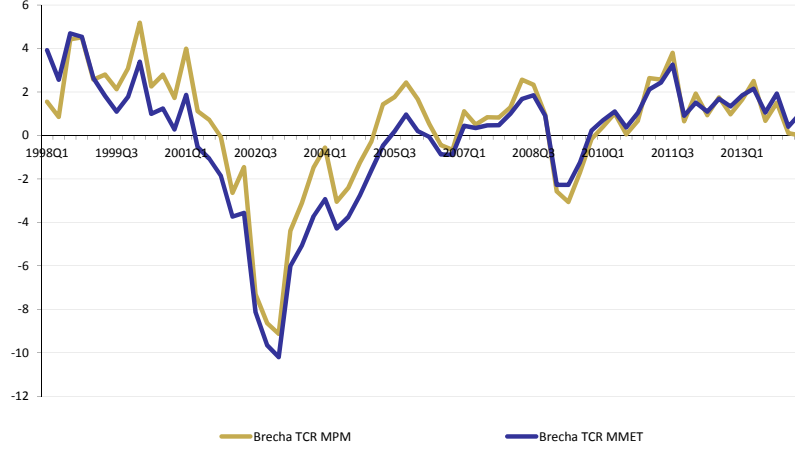


Figura 4: Brecha tipo de cambio real obtenida por el MPM comparada con MMET

3.2.4. Bloque externo

Estas ecuaciones responden a procesos exógenos al modelo. Esto se explica por el supuesto de que la economía es pequeña y tomadora de precios, por lo tanto los movimientos internos no tienen efectos sobre el resto del mundo. En consecuencia, la brecha de producto externo se modela como un proceso autorregresivo.

$$yx^{bre} = c_7 yx_{-1}^{bre} + res_{yx^{bre}} \quad (14)$$

yx^{bre} : brecha de tipo producto del resto del mundo; $res_{yx^{bre}}$: shock al producto del resto del mundo.

El resto de las variables externas, obedece a un promedio ponderado entre el valor rezagado de la variable y el valor en el estado estacionario.

$$ix = c_8 ix_{-1} + (1 - c_8) ix^{ss} + res_{ix} \quad (15)$$

ix : tasa de interés internacional; ix_{ss} : tasa de interés internacional en el estado estacionario; res_{ix} : shock a la tasa de interés internacional.

$$Dpx = c_9 Dpx_{-1} + (1 - c_9) Dpx^{ss} + res_{Dpx} \quad (16)$$

Dpx : variación de los precios internacionales; Dpx_{ss} : variación de los precios internacionales en el estado estacionario; res_{Dpx} : shock al producto del resto del mundo.

$$riskpre = c_{10} riskpre_{-1} + (1 - c_{10}) riskpre^{ss} + res_{riskpre} \quad (17)$$

$riskpre$: prima por riesgo; $riskpre_{ss}$: prima por riesgo en estado estacionario; $res_{riskpre}$: shock a la prima por riesgo.

Sin embargo, como ya fue explicado, estas variables externas tienen efectos sobre la economía tanto en la formación del tipo de cambio como en los precios transables. Asimismo, influyen en la tasa de interés real de equilibrio, pues esta es un promedio ponderado entre el valor de la misma en el período anterior y la tasa de interés real de equilibrio externa, la depreciación esperada del tipo de cambio real y la prima por riesgo.

$$ir^{eq} = c_{32}(ir_{-1}^{eq}) + (1 - c_{32})(irx^{eq} + 4(e_1^{eq} - e^{eq}) + riskpre); \quad (18)$$

ir^{eq} : tasa de interés real de equilibrio; irx^{eq} : tasa de interés real de equilibrio internacional; e^{eq} tipo de cambio de equilibrio; $riskpre$: prima por riesgo.

3.2.5. Regla de McCallum y mercado monetario

Uno de los aportes de este trabajo se basa en contar con dos reglas de política monetaria, de manera tal que se puede usar la cantidad de dinero o la tasa de interés indistintamente como instrumento de política monetaria. Siendo así, las dos reglas pueden usarse alternativamente por lo que los resultados pueden diferir dependiendo de qué regla esté activa.

En este sentido, es importante anotar las condiciones que aseguran la convergencia dinámica del modelo. Si el instrumento es la tasa de interés, el principio de Taylor es relevante para asegurar la convergencia. Si, en cambio, el instrumento es el crecimiento de la cantidad de dinero, la neutralidad del mismo implica que la inflación está determinada por esa tasa de crecimiento en el largo plazo. Galí (2008).

Esto tiene particular relevancia para la economía uruguaya dado que, posteriormente a la crisis de 2002, se utilizó el control de agregados monetarios (primero de la base monetaria y luego del M1). A partir de 2007 y hasta 2013 se utilizó la tasa de política monetaria como referencia de la política, y finalmente desde mediados de 2013 se retomó el control de agregados monetarios, con anuncios de crecimiento indicativo del agregado M1' para el siguiente trimestre y para el horizonte de política.²³

La propuesta original de McCallum (1984), proviene de la escuela monetarista y utiliza una regla en la cual la base monetaria es el instrumento y el objetivo es un crecimiento del PIB compatible con una cierta tasa de inflación. Posteriormente, el autor realiza algunas mejoras a la especificación que no cambian la esencia de la propuesta original, destacándose en particular la aplicación realizada a la economía japonesa en McCallum (1993). De esta manera, la regla de McCallum propone un crecimiento de la cantidad de dinero compatible con el crecimiento del producto potencial y la meta de inflación adoptada, haciendo correcciones cuando el PIB se aparta del potencial o se registran cambios en la velocidad de circulación del dinero.

En este trabajo, teniendo en cuenta que actualmente el Comité de Coordinación Macroeconómica (CCM) fija un rango objetivo de inflación y el BCU utiliza como instrumento de referencia la variación promedio interanual acumulada en el trimestre del agregado M1', la regla adopta la siguiente forma:

$$Dm1 = Dx^{eq} + 0,5(Dx^{eq} - Dx_{-1}) - Dv + res_{mc} \quad (19)$$

$Dm1$: crecimiento de la cantidad nominal de dinero; Dx^{eq} : crecimiento del producto nominal potencial; Dx crecimiento del producto potencial; Dv : crecimiento de la velocidad de circulación; res_{mc} : shock a la regla de crecimiento de la cantidad de dinero.

²³Se debe señalar que, como es práctica habitual en los bancos centrales, en ningún caso el BCU hizo explícito que estuviera siguiendo una regla en particular

³El agregado monetario M1 se compone por el circulante en poder del público, los depósitos a la vista del público en los bancos comerciales y los depósitos vista y *overnight* en moneda nacional de instituciones no bancarias en el BCU. Por su parte, el agregado M1', además de los elementos antes mencionados, incluye los depósitos en caja de ahorro del público en los bancos comerciales.

$$Dx^{eq} = Dy^{eq} + Dp^{target} \quad (20)$$

Dx^{eq} : crecimiento del producto potencial nominal; Dy^{eq} : crecimiento del producto potencial; Dp^{target} objetivo de inflación.

$$Dx = Dy + Dp \quad (21)$$

Dx : crecimiento del producto nominal; Dy : crecimiento del producto; Dp crecimiento del nivel general de precios.

La especificación utilizada se compone de tres términos, además del residuo de la ecuación. El primero corresponde al nivel objetivo de crecimiento del PIB nominal. El segundo término, corresponde al ajuste determinado por la regla en respuesta a la discrepancia entre el crecimiento del producto nominal objetivo y el efectivo. En la calibración se utilizó un parámetro de ajuste de 0.5, es decir que si la tasa de inflación se encuentra por encima de su meta y/o si el producto se encuentra por encima de su nivel potencial en un punto porcentual, la regla determina una contracción monetaria de medio punto porcentual. Como tercer término, la regla incorpora el cambio en la velocidad de circulación del dinero como uno de los determinantes de la senda monetaria. De acuerdo a lo que se muestra en la ecuación siguiente, dicha variable es aproximada mediante la discrepancia promedio de los últimos ocho trimestres del crecimiento del PIB real respecto al correspondiente a la cantidad real de dinero.

$$Dv = 1/8 \sum_i (Dy_i - (Dm1_i - Dp_i)) \quad (22)$$

donde $i=t-7, \dots, t$

Dv : crecimiento de la velocidad de circulación; iDy : crecimiento del producto; e^{eq} crecimiento de la cantidad nominal de dinero; Dp : crecimiento del nivel general de precios.

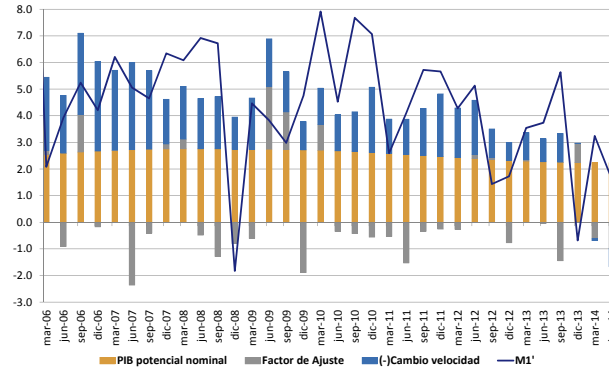


Figura 5: Trayectoria M1' versus Regla de Mc Callum

El gráfico 5 muestra la evolución de la tasa de crecimiento de la cantidad de dinero vis à vis el comportamiento de los distintos componentes de la regla de McCallum. Como puede observarse, la trayectoria monetaria calculada ex-post utilizando la regla de McCallum se explica en mayor medida por el crecimiento del PIB potencial nominal y por el cambio en la velocidad de circulación del dinero. Específicamente, el período luego de la salida de la crisis de 2002 se caracterizó por fuertes incrementos del grado de monetización los cuales, por definición, no resultan inflacionarios en la medida que sean absorbidos por el

comportamiento de la demanda de dinero. Por tanto, la regla de McCallum determina que estos movimientos deban ser abastecidos desde el lado de la oferta monetaria.

La demanda real de dinero considerada responde positivamente al producto con una elasticidad unitaria, y negativamente a la tasa de interés de acuerdo a los fundamentos tradicionales.

$$Dm1r = Dy - c_{26}Dticp + res_{Dm1r} \quad (23)$$

$Dm1r$: crecimiento de la cantidad real de dinero; iDy : crecimiento del producto; $Dticp$ variación de la tasa de interés nominal de corto plazo; res_{Dm1r} : shock a la demanda real de dinero.

El gráfico 6 muestra el ajuste de la forma funcional calibrada en el período 2006-2014. El principal motor del crecimiento de la demanda real de dinero fue el nivel de actividad. Asimismo, como ya fuera mencionado, el período analizado se caracterizó por un fuerte incremento del grado de monetización, lo que se reflejó en la existencia de shocks positivos sobre la demanda de dinero.

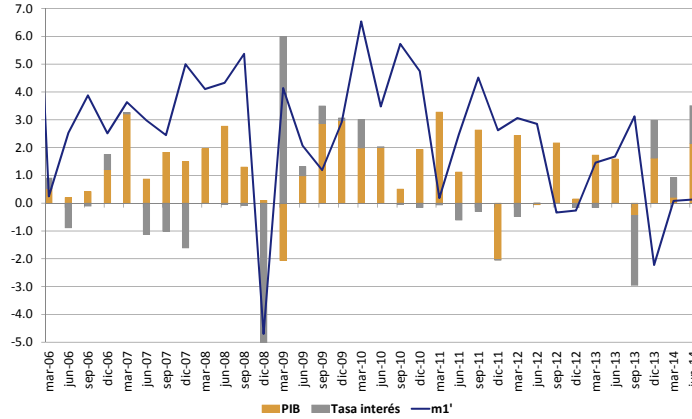


Figura 6: Demanda de dinero y fundamentos

El cierre del mercado monetario se completa con la oferta de dinero definida en 24.

$$Dm1 = Dm1r + Dp \quad (24)$$

$Dm1$: crecimiento de la cantidad nominal de dinero; $Dm1r$: crecimiento de la cantidad real de dinero; Dp crecimiento del nivel general de precios; res_{Dm1r} : shock a la demanda real de dinero.

En base al equilibrio del mercado monetario se determina endógenamente la tasa de interés de corto plazo.

3.2.6. Regla de Taylor y Transmisión vía la tasa de interés

En el MPM es posible desactivar la Regla de McCallum y activar la Regla de Taylor. En este caso, la tasa de interés de corto plazo ($ticp$) pasa a ser exógena, siendo determinada por la autoridad monetaria, por lo que resulta conveniente referirse a la misma como tasa de política monetaria (tpm).

En este trabajo, se optó por una regla que sigue muy de cerca la propuesta original de Taylor (1993) por su simpleza y fácil monitoreo. En esta regla, la tpm es el principal

instrumento de la política monetaria y los cambios en la misma se llevan a cabo buscando alcanzar la meta de inflación predeterminada Dp^{target} .

$$tpm = tpm^{eq} + a_{10}(D4p_{+2} - Dp^{target}) + a_{11}y^{bre} + res_{tpm} \quad (25)$$

tpm : tasa de política monetaria; tpm^{eq} : tasa de política monetaria de equilibrio; Dp^{target} target de inflación; y^{bre} brecha de producto; res_{tpm} : shock de política monetaria.

La regla responde a desvíos de la inflación esperada con respecto a su objetivo y a desvíos del producto en relación a su nivel potencial. La tasa de interés es la que rige la trayectoria que toma el modelo para converger, por lo que la cantidad de dinero es endógena. De esta manera, cuando la inflación está por encima de su objetivo o cuando la producción está por encima de su nivel potencial, la regla determina un aumento de la tasa de interés, o sea una contracción monetaria, con el fin de reducir las presiones inflacionarias. Dado el rezago en la transmisión de la política monetaria, el banco central debe actuar con antelación buscando corregir los desvíos que se generen entre la inflación esperada y su meta. Este elemento se encuentra contemplado en la regla mediante la introducción, en el segundo término de la ecuación, de un componente *forward looking* $D4p_{+2}$ (tasa de inflación interanual en $t + 2$). El mismo implica realizar ajustes en la tpm en función de la discrepancia futura (proyectada) de la tasa de inflación respecto a la meta.

Los parámetros utilizados en el modelo son mayores que los originales⁴, respetando el llamado principio de Taylor que, en esencia, requiere que un desvío de la inflación respecto a su objetivo debe conducir a un movimiento de la tpm superior al monto del desvío, o sea debe afectar la tasa de interés real. En el MPM a_{10} toma el valor 4 y a_{11} toma el valor 1, indicando que los desvíos de la inflación resultan proporcionalmente más castigados que los desvíos del producto. Esto se justifica por la gran diferencia entre la inflación objetivo y la efectiva en los últimos años, junto a una menor capacidad de transmisión de la política monetaria en Uruguay comparado con Estados Unidos, lo que hace necesario una fuerte reacción del banco central para lograr que la inflación converja a la meta.

Corresponde enfatizar que, independientemente de qué regla esté activa en el modelo, los mecanismos de transmisión son los mismos, lo que cambia es la regla y el instrumento. Siendo así tenemos que, siguiendo el canal tradicional, la transmisión a través de las tasas de interés se da de la siguiente manera:

$$tpm^{eq} = ir^{eq} + Dp^{target} \quad (26)$$

tpm^{eq} : tasa de política monetaria de equilibrio; ir^{eq} : tasa real de interés de equilibrio; Dp^{target} target de inflación.

La tasa de interés nominal de corto plazo de equilibrio tpm^{eq} se define como la suma de la tasa real de equilibrio y la meta de inflación. Consecuentemente esta sería la tasa que fijaría la autoridad monetaria en el caso particular que no existieran desvíos, ni de inflación ni de producto.

La tasa que afecta las decisiones de invertir o consumir de los agentes económicos es la tasa real de largo plazo, por lo que resulta necesario definir cómo se conforma la misma

⁴Taylor (1993) encuentra que fijando ambos parámetros en 0.5 la regla describe adecuadamente el comportamiento de la FED entre 1987 y 1992

en este modelo a partir de la tasa de corto plazo. La tasa nominal de largo plazo se define como:

$$tilp = c_{13}tilp_{-1} + (1 - c_{13})0,25(tpm + tpm_{+1} + tpm_{+2} + tpm_{+3} + 4spread) \quad (27)$$

tilp : tasa de interés nominal de largo plazo; *tpm* : tasa de política monetaria; *spread* spread de tasas de interés.

La tasa de largo plazo se explica por su propia inercia, el promedio de la tasa de corto plazo actual junto a la esperada para los próximos 3 trimestres, y un *spread* que capta la diferencia de niveles entre las tasas. El componente inercial indica que la transmisión de la tasa de corto plazo a la tasa de largo plazo no se realiza de manera inmediata. Además, se asume como es habitual que la curva de rendimientos tiene pendiente positiva, por lo que resulta natural que exista un *spread* entre las mismas. Dicho *spread* se modela como un proceso con alta persistencia que tiende a cero en el estado estacionario.

Dependiendo de qué regla de política monetaria esté activa, la tasa de interés de corto plazo que transmite a la de largo plazo será la *tpm* exógena fijada de acuerdo a la regla de Taylor o la *ticp* endógena resultante de aplicar la regla de McCallum.

Al incorporar las expectativas de inflación, de acuerdo a la ecuación de Fisher se define la tasa real de largo plazo.

$$ir = tilp - D4p_4 \quad (28)$$

ir : tasa real de interés ; *tilp* : tasa de interés nominal de largo plazo; *D4p* : variación interanual de precios esperada.

En este marco, la brecha de la tasa real se obtiene al hacer la diferencia entre la tasa real y la de equilibrio.

$$ir^{bre} = ir - ir^{eq} \quad (29)$$

ir^{bre} : brecha de tasa real de interés; *ir* : tasa real de interés; *ir^{eq}* : tasa real de interés de equilibrio.

La tasa nominal de corto plazo, *ticp* o *tpm* según qué regla esté activa, es la tasa de interés a un día del mercado interbancario. La misma es una muy buena aproximación a la tasa de política monetaria en el período en que el BCU fijó la tasa de referencia. La tasa de interés de largo plazo *tilp* se aproxima en los datos por el promedio de las tasas de las letras de regulación monetaria entre 30 días y 180 días. Esta última presenta una muy alta correlación con la tasa de interés a un día del mercado interbancario (superior a 0.9) indicando una adecuada transmisión de la política monetaria. A su vez, se considera que esta tasa afecta las decisiones de consumo e inversión de los agentes, y de esta forma el producto, ya sea por el costo de oportunidad de los fondos, costo de emisión en el mercado de capitales o por su impacto en las tasas del sistema bancario.⁵

4. Resultados

4.1. Respuesta al Impulso según Regla

En esta sección se analizan las respuestas de las principales variables macroeconómicas a tres tipos de perturbaciones: shock de demanda agregada, shock de inflación y shock de

⁵Una posible extensión de este trabajo sería modelizar la transmisión de tasas al sector bancario.

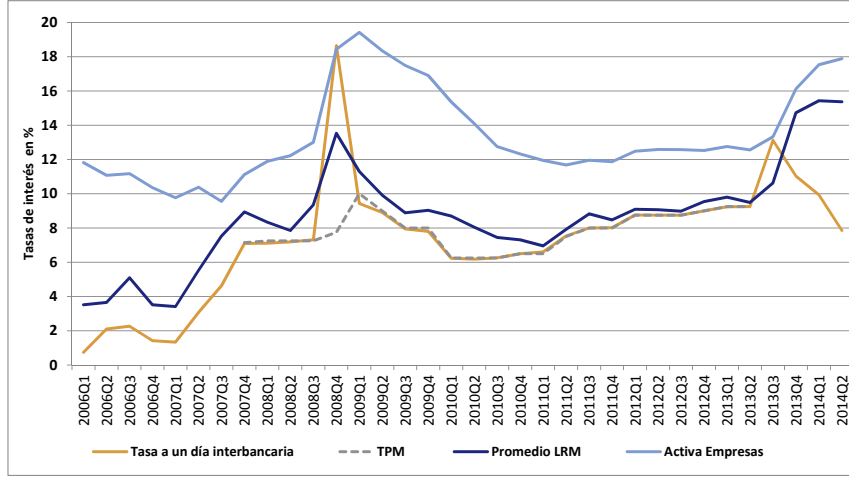


Figura 7: Tasa a un día interbancaria, TPM, promedio de LRM, y activa a empresas

política monetaria. En todos los casos, se computaron las respuestas a los correspondientes impulsos ante una perturbación en $t = 1$ que implican una desviación respecto del estado estacionario. A efectos de la realización de este ejercicio se consideró una regla de política monetaria con agregados híbrida, que a la formulación original de McCallum adiciona un término ad hoc. El mismo está dado por el crecimiento del producto nominal observado Dx con una ponderación de 0,5 y busca suavizar la reacción de las tasas de interés ante una perturbación que afecta el sistema.

$$Dm1 = 0,5Dx_{eq} + 0,5(Dx_{eq} - Dx_{-1}) - Dv + 0,5Dx + res_{mc} \quad (30)$$

$Dm1$: crecimiento nominal del agregado monetario; Dx_{eq} : crecimiento del producto nominal potencial ; Dx : crecimiento del producto nominal; Dv : crecimiento de la velocidad de circulación; res_{mc} : shock de política monetaria.

4.1.1. Shock de demanda agregada

Ante un shock positivo de 1 % en la demanda (curva IS), el producto crece impactando en la demanda real de dinero. La oferta de dinero, que responde a la regla de McCallum, aumenta en forma leve en el primer paso (principalmente por el efecto del producto nominal) sin convalidar todo el incremento de la demanda de dinero. En consecuencia, el equilibrio del mercado monetario requiere un considerable crecimiento de la tasa corto plazo que se ubica en el entorno de los 400 puntos básicos.

Como efecto del aumento en la tasa de interés de corto plazo se produce un incremento en la tasa de interés de largo plazo, lo que redundará en la ampliación de la brecha de tasa de interés real. Esto afecta directamente a la brecha de producto contrarrestando al shock inicial. Por otro lado, vía paridad de Fisher, el aumento en la tasa de corto plazo conduce a una fuerte apreciación de la moneda nacional, es decir cae el tipo de cambio. Esto afecta directamente a los precios transables de exclusión, lo que termina repercutiendo en una

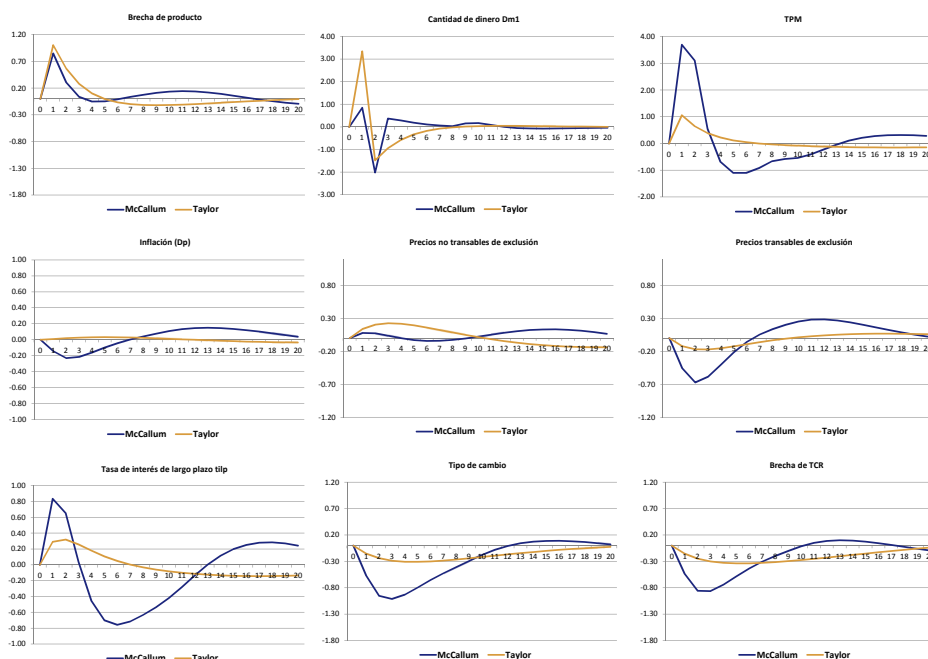


Figura 8: Respuesta a un shock de 1 % en la demanda agregada

deflación de estos precios. A su vez, esta fuerte apreciación afecta a la brecha de tipo de cambio real, pues la caída en el tipo de cambio es más pronunciada que el descenso en el diferencial entre los precios externos e internos. Por lo tanto, la brecha de tipo de cambio real se vuelve negativa, lo que afecta a la brecha de producto más que compensando el shock inicial.

El efecto del shock de demanda en los precios no transables es débil. Por lo tanto, existen efectos contrapuestos en los transables y los no transables, donde priman los de los transables. El efecto agregado es una deflación en el nivel general de precios.

4.1.2. Shock de costos en los precios no transables

Un aumento inesperado de 1 % de los precios no transables de exclusión, este tiene un efecto aún mayor en estos, pues los agentes prevén que la inflación en no transables no va a descender en el período siguiente. Por lo tanto, el efecto contemporáneo en ellos es mayor al shock. Esto impacta en un aumento en el nivel general de precios, que lleva a la política monetaria a reaccionar de formar contractiva.

Para el caso de McCallum, la reacción es lenta y parsimoniosa, pues en esta regla se incluye un componente que es una proxy de la demanda de dinero que es el producto nominal. Por lo tanto en una primera instancia, la cantidad de dinero sube, sin convalidar totalmente el aumento en el producto nominal, lo que termina provocando un aumento en la tasa de política monetaria. El incremento es lento y parsimonioso, manteniendo una instancia contractiva, es decir la brecha de tasa de interés real es positiva, por más de diez períodos.

La brecha positiva, afecta a la brecha de producto en forma negativa, lo que contribuye a un efecto estabilizador sobre los precios de los no transables de exclusión.

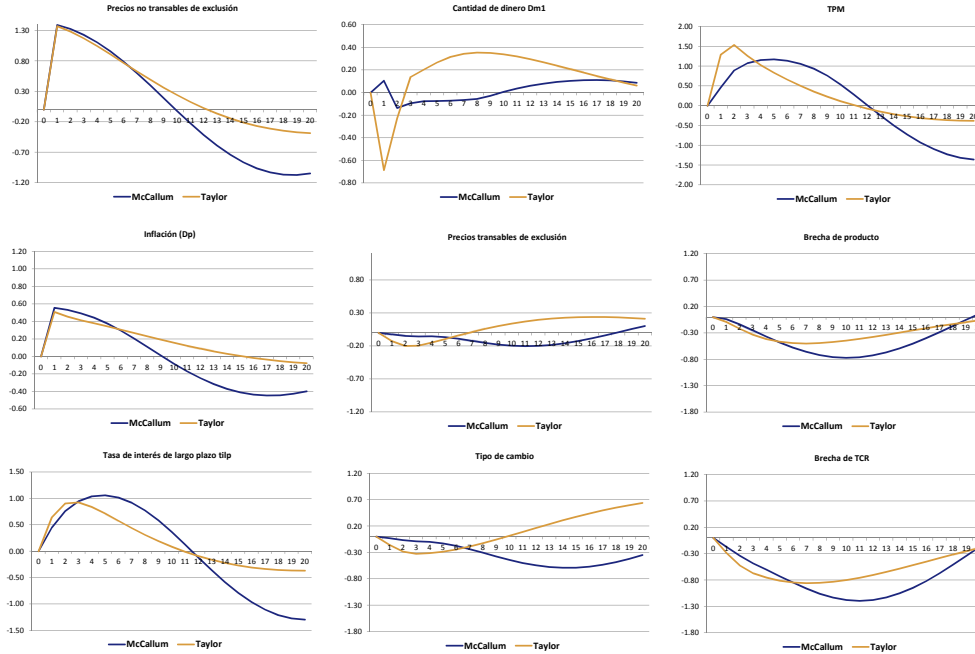


Figura 9: Respuesta a un shock de 1% en los precios no transables

Por otro lado, la tasa de interés de corto plazo afecta al tipo cambio nominal, haciéndolo caer levemente. Por el diferencial de precios internos versus externos, el tipo de cambio real presenta una gran caída, lo que conduce a que la brecha de tipo de cambio real se vuelva negativa, impactando en el mismo sentido en la brecha de producto y por lo tanto a los precios no transables de exclusión.

Si bien los mecanismos por los que operan cada una de las reglas son similares, la reacción de Taylor es más fuerte y por una cantidad de tiempo menor, mientras que dada la forma impuesta a la regla de McCallum la reacción es lenta y por un plazo mayor.

4.1.3. Shock de política monetaria

Ante un shock de política monetaria que contrae 1% la cantidad de dinero, la tasa de interés de corto plazo *ticp* se incrementa, manteniéndose por encima de su valor de equilibrio durante algunos trimestres, con el consiguiente incremento de la tasa de interés de largo plazo *tilp*. Esto implica un efecto negativo sobre la demanda agregada, reflejándose en una brecha producto negativa durante algunos trimestres. Este impacto contractivo en términos de actividad se ve reforzado vía el canal de *TCR*. En este sentido, el impulso monetario contractivo genera una apreciación tanto en términos nominales como reales, con el consecuente efecto sobre las exportaciones netas. Ambos mecanismos descritos implican un efecto contractivo sobre la brecha producto, incidiendo de esta forma sobre la tasa de inflación.

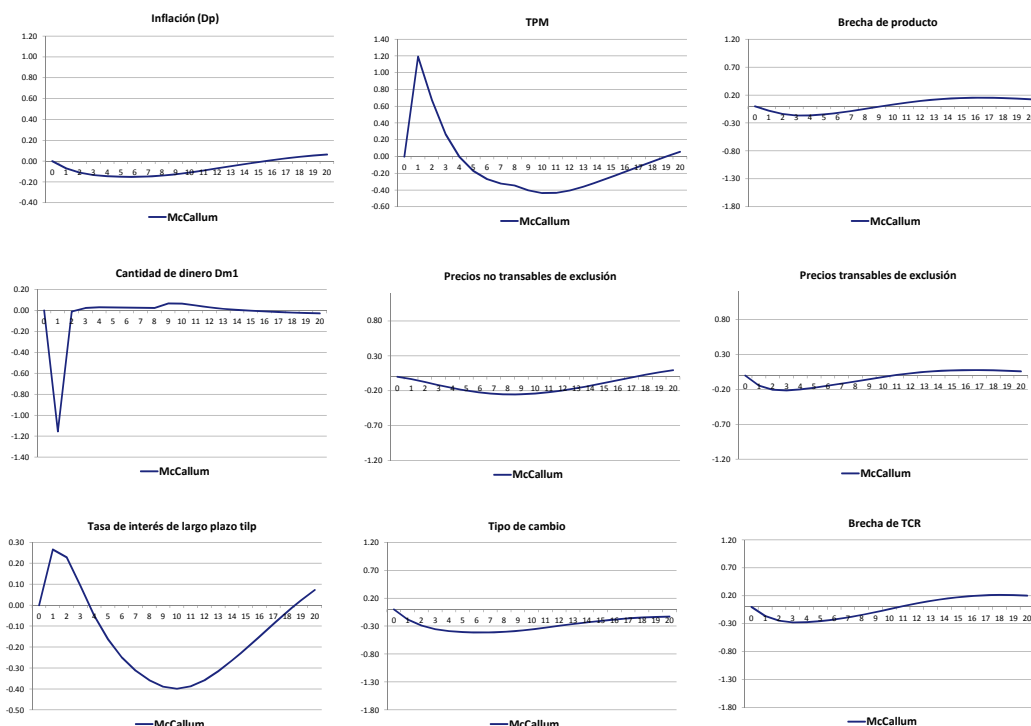


Figura 10: Respuestas a un shock contractivo de política monetaria

5. Conclusiones

El presente documento desarrolla las principales características del MPM. Es un modelo semi-estructural de corte nekeynesiano, pensado para contribuir al proceso de proyección de variables macroeconómicas y de simulación de políticas que se desarrolla habitualmente en el Banco Central del Uruguay. Por sus características el modelo permite apreciar con claridad el funcionamiento de los mecanismos de transmisión de la política monetaria, mejorando en este sentido respecto a otras opciones actualmente disponibles.

Como principal innovación respecto a otros modelos de similares características, el MPM incorpora un mercado monetario y una regla de política monetaria basada en agregados monetarios. Esta particularidad lo hace especialmente adecuado para ser usado en los procesos de diseño de la política monetaria, dada la forma en que el BCU ha optado por instrumentar su política desde mediados de 2013. Por otra parte, al incorporar la posibilidad de utilizar alternativamente una regla de tasa de interés, permite comparar la respuesta dinámica del sistema ante shocks en ambos esquemas de política monetaria.

La elaboración del MPM es parte de una agenda más amplia de trabajo desarrollada por los equipos dedicados a la proyección macroeconómica en el BCU. En este sentido, el MPM podría beneficiarse de interactuar con otros modelos generados previamente, aprovechando sus fortalezas relativas. Por ejemplo, en el MPM se representan de manera muy simple algunos aspectos de la economía (producto potencial, tipo de cambio real de equilibrio, etc) buscando focalizar el análisis en las relaciones más relevantes para el mecanismo de transmisión de la política monetaria. Para estas variables se podrían utilizar como proyecciones exógenas las provenientes de otros modelos más centrados en las mismas. Un criterio similar se podría seguir para la proyección en el corto plazo de variables centrales del modelo (como por ejemplo inflación), dado los rezagos con que operan los mecanismos

de transmisión de la política monetaria.

Finalmente, quedan pendientes varias posibles extensiones del MPM, como por ejemplo incorporar dolarización, fricciones financieras y generar una curva de rendimientos. También sería deseable proceder a la estimación del modelo usando técnicas bayesianas, de manera de aumentar la relevancia empírica del mismo.

Referencias

- Andrle, M., Berg, A., Berkes, E., Portillo, R. A., Vlcek, J., and Morales, R. A. (2013a). Money Targeting in a Modern Forecasting and Policy Analysis System: an Application to Kenya. IMF Working Papers 13/239, International Monetary Fund.
- Andrle, M., Berg, A., Morales, R. A., Portillo, R., and Vlcek, J. (2013b). Forecasting and Monetary Policy Analysis in Low-Income Countries: Food and non-Food Inflation in Kenya. *International Monetary Fund working paper*, WP/13/61.
- BCRP (2009). Modelo de Proyección Trimestral del BCRP. Working Papers 2009-006, Banco Central de Reserva del Perú.
- Benes, J., Hurnik, J., and Vavra, D. (2008). Exchange rate management and inflation targeting: Modeling the exchange rate in reduced-form new keynesian models. *Czech Journal of Economics and Finance*, 58(03-04):166–194.
- Berg, A., Laxton, D., and Karam, P. D. (2006). A Practical Model-Based Approach to Monetary Policy Analysis: Overview. IMF Working Papers 06/80, International Monetary Fund.
- Boz, E., Bulir, A., and Hurnik, J. (2010). Handout for the monetary model and its use for forecasting and policy analysis. *IMF courses*.
- Corbo, V. and Tessada, J. (2003). Modeling a Small Open Economy: The Case of Chile. Working Papers Central Bank of Chile 243, Central Bank of Chile.
- Galí, J. (2008). *Monetary Policy, Inflation, and the Business Cycle. An introduction to the New Keynesian Framework*. Princeton, Princeton University Press.
- Gianelli, D. (2009). Un modelo estructural pequeño para la economía uruguaya. *Documentos de Trabajo, Banco Central del Uruguay*.
- Gianelli, D., Vicente, L., Basal, J., and Mourelle, J. (2011). Un modelo macroeconómico de estimación trimestral para la economía uruguaya. *Documento de Trabajo, Banco Central del Uruguay*, N°11-2010.
- McCallum, B. T. (1984). Monetarist Rules in the Light of Recent Experience. *American Economic Review*, 74(1277).
- McCallum, B. T. (1993). Specification and Analysis of a Monetary Policy Rule for Japan. *Monetary and Economic Studies*, 11(2):1–45.
- Rojas, B., Biedermann, G., and Barrail, V. R. D. Z. (2011). Modelo de consistencia macroeconómica de la economía paraguaya. *Banco Central del Paraguay, Departamento de Síntesis Macroeconómica e Investigación*.
- Taylor, J. B. (1993). Discretion versus policy rules in practice. In *Carnegie-Rochester conference series on public policy*, volume 39, pages 195–214. Elsevier.

A. Calibración

Para este tipo de modelos se buscan parámetros que reproduzcan los hechos estilizados de la economía y la persistencia en algunas variables. En este sentido se pueden estimar los parámetros. Sin embargo, bajo esta estrategia el modelo es susceptible a la crítica de Lucas, que si bien permite replicar el pasado pierde validez al cambiar las reglas de política.

Asimismo, estos modelos deben converger a un estado estacionario en el cual las variables alcancen sus valores de equilibrio y aquellas que estén en términos de brechas deben cerrarse. Entonces, para este modelo se recurre a la calibración, utilizando una mezcla entre parámetros estimados, juicio de experto y consistencia entre los parámetros, para asegurar la convergencia.

En el caso de la demanda de dinero, en un principio se optó por utilizar una ecuación que incluía un mecanismo de corrección de error, sin embargo bajo esa especificación el modelo convergía a un estado estacionario con valores poco verosímiles para la inflación. El modelo tenía un mejor comportamiento, si la demanda de dinero no incluía el mecanismo de corrección de error por lo que se optó por esa alternativa.

Una vez propuestos los coeficientes 2, se analiza el estado estacionario al que se llegó. En el cuadro 1, se muestra el estado estacionario que alcanza el modelo de acuerdo a la regla de política monetaria utilizada. Donde las brechas se cierran en todos los casos y las variables en niveles evolucionan de acuerdo a su tasa de crecimiento de equilibrio.

	Taylor	McCallum		Taylor	McCallum
y_bre	0	0	Dy_eq	3	3
y_eq	$0 + 0.7500i$	$0 + 0.7500i$	spread	0	0
y	$0 + 0.7500i$	$0 + 0.7500i$	D4y	3	3
tpm	8	8	m1r	$0 + 0.7500i$	$0 + 0.7500i$
ir_bre	0	0	m1	$0 + 2.0000i$	$0 + 2.0000i$
ir	3	3	Dm1r	3	3
tilp	8	8	Dm1	8	8
e_bre	0	0	Dtpm	0	0
De	0	0	D4m1	8	8
e	0.0566	0.0322	x	$0 + 2.0000i$	$0 + 2.0000i$
irx	1	1	Dx	8	8
p	$0.1698 + 1.2500i$	$0.0967 + 1.2500i$	Dx_eq	8	8
px	$-0.1698 + 0.7500i$	$-0.0967 + 0.7500i$	Dy	3	3
Ds	2	2	Dv	0	0
s	$0.3962 + 0.5000i$	$0.2256 + 0.5000i$	Ey_bre	0	0
tpm_eq	8	8	EDpntxsa	5	5
Dpntxsa	5	5	e_eq	0.0566	0.0322
Dptxsv	5	5	ir_eq	3	3
Dpv	5	5	irx_eq	1	1
Dpadm	5	5	yx_bre	0	0
Dp	5	5	ix	4	4
Dpsub	5	5	riskpre	2	2
D4p	5	5	Dptarget_ss	5	5
D4pntxsa	5	5	irx_ss	1	1
D4ptxsv	5	5	ix_ss	4	4
D4psub	5	5	Dpx_ss	3	3
Dpx	3	3	riskpre_ss	2	2
D4px	3	3	Dy_ss	3	3
Dptarget	5	5	spread_ss	0	0

Cuadro 1: Valores de estado estacionario de las variables según regla

a_1 =0.6	a_8 =0.80	c_7 =0.9	c_14 =1	c_27 =0.02	Dptarget_ss =5
a_2 =0.1	a_10 =4	c_8 =0.92	c_21 =0.5	c_30 =0.99	riskpre_ss =2
a_3 =0.1	a_11 =1	c_9 =0.8	c_22 =0.5	c_31 =0.4	irx_ss =1
a_4 =0.15	a_12 =0.3	c_10 =0.7	c_23 =0.5	c_32 =0.7	ix_ss =4
a_5 =0.25	a_13 =0.7	c_11 =0	c_24 =0.5	v1 =0.37	Dpx_ss =3
a_6 =0.3	a_14 =0.8	c_12 =0.1	c_25 =1	v2 =0.35	Dy_ss =3
a_7 =0.1	c_6 =0.55	c_13 =0.5	c_26 =-0.65	v3 =0.24	spread_ss =0

Cuadro 2: Coeficientes utilizados para las ecuaciones del modelo

B. Datos

En esta sección se muestran las series de datos utilizadas para las variables del modelo, todas las series utilizadas tienen frecuencia trimestral. En la mayoría de los casos se utilizaron promedios trimestrales a excepción de los precios, donde se tomó el valor del fin del trimestre.

- y : producto interno neto a precios constantes de 2005
- $m1$: cantidad de dinero, que es la suma de la emisión de dinero en poder del público, los depósitos a la vista y las cajas de ahorro del público en el sistema bancario. Se mide como promedio trimestral.
- $tpm/ticp$: tasa de interés de política monetaria o tasa de interés de corto plazo, tasa interbancaria a 1 día.
- $tilp$: tasa de interés de largo plazo, promedio de letras de regulación monetaria entre 30 y 180 días.
- yx : producto internacional. Se utiliza como variable proxy el índice de volumen físico de las importaciones mundiales.
- ix : tasa de interés internacional, se utiliza la libor promedio a tres meses.
- p = nivel de precios general.
- p_v : precios volátiles, se utilizan los precios de frutas y verduras.
- $ptxsv$: precios transables sin volátiles, precios transables de exclusión (sin frutas y verduras).
- pt : precios transables incluyendo a los volátiles.
- $pntxsa$: precios no transables de exclusión (no incluyen precios de administrados).
- pnt : precios no transables incluyendo a los precios de administrados.
- $padm$: precios administrados.
- s : tipo de cambio *spot* promedio del trimestre.