

Política monetaria óptima con múltiples instrumentos: el caso de la República Dominicana

Ariadne M. Checo

Francisco A. Ramírez

Julio, 2020

Resumen

Esta investigación contribuye a la literatura de política monetaria óptima, cuantificando las ganancias macroeconómicas que se obtienen al utilizar múltiples instrumentos no convencionales, tales como la tasa de encaje legal y las reservas internacionales en conjunto con la tasa de política monetaria. Primero, se especifica y estima un modelo dinámico y estocástico de equilibrio general (DSGE) para una economía pequeña y abierta, que incluye fricciones de precios, costos de ajuste y fricciones financieras. Luego, con el fin de contrastar el desempeño de distintas combinaciones de instrumentos no convencionales sobre variables claves para un banco central, se realizan ejercicios de simulación que caracterizan a la economía dominicana como si estuviese siendo impactada por distintos choques. Los resultados sugieren que para la gran mayoría de choques de oferta y de demanda, la política monetaria óptima es una donde se utilizan múltiples instrumentos. En efecto, tras un choque como el del Covid-19, la política monetaria óptima es aquella que combina a la regla de Taylor, la tasa de encaje y a las reservas, ya que permite alcanzar una menor volatilidad macroeconómica, con mejorías en torno a 60 % respecto a un escenario donde se implementase una política convencional. Por tanto, estos resultados permiten racionalizar el uso combinado de instrumentos convencionales y no convencionales en economías pequeñas y abiertas con múltiples objetivos e instrumentos.

Palabras Claves: Política Monetaria Optima; Modelo DSGE; Bienestar

Clasificación JEL: E52; F37; E44; E51.

Índice

1	Introducción	5
2	Contacto con la literatura	9
3	Descripción del modelo	11
3.1	Hogares	13
3.2	Productores del bien final	16
3.3	Productores de bienes domésticos	18
3.4	Productores de bienes de capital	21
3.5	Bancos comerciales	23
3.6	Banco Central	25
3.7	Gobierno	27
3.8	Resto del Mundo	27
3.9	Agregación y equilibrio de mercados	28
4	Estimación	30
4.1	Parámetros calibrados	30
4.2	Parámetros estimados	31
5	Propiedades del modelo	34
5.1	Choque de productividad	34
5.2	Choque de política monetaria	35
5.3	Choque de tasa de interés externa	36
5.4	Descomposición Histórica	37
6	Política monetaria óptima con múltiples instrumentos y choques	38
7	Conclusiones	47

8	Apéndice	51
8.1	Datos	51
8.1.1	Ecuaciones de observación	51
8.1.2	Series de tiempo	52
8.2	Propiedades del Modelo: Funciones Impulso - Respuesta	54
8.3	Propiedades del Modelo: Descomposición Histórica de Choques	57
8.4	Gráficos de Impulso-Respuesta ante diversos choques e instrumentos de política óptimos (Desviaciones del SS)	63
8.5	Tablas Resumen de Volatilidades Ejercicio de PM óptima ante distintos cho- ques	72

Índice de figuras

1	Estructura del modelo	13
2	Series de tiempo empleadas en la estimación	53
3	Shock de productividad	54
4	Shock de Política Monetaria	55
5	Shock de Tasa de Interés Externa	56
6	Descomposición Histórica del PIB (variación trimestral, en %)	57
7	Descomposición Histórica del Consumo Privado (variación trimestral, en %)	58
8	Descomposición Histórica de la Inversión (variación trimestral, en %)	59
9	Descomposición Histórica del IPC (variación trimestral, en %)	60
10	Descomposición Histórica del Tipo de Cambio Nominal (variación trimes- tral, en %)	61
11	Descomposición Histórica de la Tasa Interbancaria (en %)	62
12	Reglas de PM ante Choque de Productividad	63
13	Reglas de PM ante Choque de la Banca	64
14	Reglas de PM ante Choque de Costos	65

15	Reglas de PM ante Choque de Empleo	66
16	Reglas de PM ante Choque de Inflación Externa	67
17	Reglas de PM ante Choque de PIB Externo	68
18	Reglas de PM ante Choque de Preferencias	69
19	Reglas de PM ante Choque de Gasto Gobierno	70
20	Reglas de PM ante Choque de Tasa Externa	71
21	Reglas de PM ante Choque de Riesgo	72

Índice de cuadros

1	Resultados de la Estimación Posterior (I)	32
2	Resultados de la Estimación Posterior (II)	33
3	Resultados de Política Monetaria óptima ante choques de oferta	42
4	Resultados Política Monetaria óptima bajo choques de demanda	44
5	Ejercicio de Política Monetaria óptima bajo Escenario Covid-19	45
6	Series de tiempo consideradas en la estimación	52
7	Ejercicio de Política Monetaria óptima bajo Choque Productividad	72
8	Ejercicio de Política Monetaria óptima bajo Choque de Inflación Externa	73
9	Ejercicio de Política Monetaria óptima bajo Choque Riesgo	73

1. Introducción

En enero de 2012, las autoridades monetarias dominicanas anunciaron la adopción explícita del régimen de metas de inflación. Bajo este esquema, el banco central se concentra en estabilizar las expectativas de inflación alrededor de la meta anunciada, en un horizonte de alrededor de dos años. Para estos fines, los hacedores de política implementan las decisiones de política monetaria usando como instrumento de señalización la postura reflejada en la tasa de interés de política monetaria (TPM).

En la práctica, el régimen de metas de inflación es un esquema flexible, no solo debido al reconocimiento de que algunos choques desvían a la inflación en el corto plazo, sino también debido al mandato legal de objetivos múltiples: estabilidad de precios, crecimiento sostenible de la economía y estabilidad del sistema de pagos. Para cumplir con este mandato, el banco central complementa las decisiones de cambios en la TPM con medidas no convencionales, tales como ajustes en la tasa de encaje, con el objetivo de amortiguar los choques negativos al sector real, a través de afectar las condiciones de la oferta de crédito. Asimismo, la condición de economía pequeña y abierta de la República Dominicana, expuesta a choques de oferta y demanda externos, justifican que el esquema de metas de inflación coexista con políticas de intervención cambiaria para fines de disminuir la volatilidad del tipo de cambio nominal o real y cumplir con los objetivos de reservas internacionales para fines de cobertura de riesgos (por ejemplo, reservas suficientes para tres meses de importaciones).

Este es un tipo de comportamiento observado en muchos bancos centrales de economías pequeñas y abiertas, donde las diferencias en el uso de los instrumentos son debido a características de cada país (tales como la importancia de los flujos capitales y la profundidad de los sistemas financieros). En ese sentido, la literatura sobre política mone-

taria en este tipo de economías estudia la optimalidad de estas (Lama y Medina (2020) y Agenor, Alper, y Pereira da Silva (2015)), destacando varios elementos: (1) la presencia de fricciones financieras, lo cual complejiza el manejo de choques externos y financieros solo con el instrumento convencional (la TPM); (2) La optimalidad de políticas monetarias que utilizan múltiples instrumentos. Esta investigación contribuye así a esta literatura, a través del análisis comparativo de la respuesta de la política monetaria basada en distintas combinaciones de instrumentos bajo su control: tasa de política monetaria, encaje legal y reservas internacionales, ante la presencia de distintos choques macroeconómicos.

La relevancia de este estudio se basa en la coyuntura macroeconómica planteada por la pandemia del coronavirus. En efecto, tras el choque de Covid-19, el cual representó una combinación de choques de oferta y demanda, muchos bancos centrales han estado utilizando diversos instrumentos no convencionales, con el fin de apaciguar sus efectos económicos. Particularmente, la República Dominicana, ha ampliado sus medidas de disminución de tasas de interés, reduciendo también las tasas de encaje, provisionando liquidez, así como utilizando las reservas internacionales para acomodar las fluctuaciones extremas cambiarias, principalmente por sus efectos sobre la inflación. Sin embargo, no existe a la fecha un trabajo que provea un fundamento cuantitativo sobre la importancia del uso de distintos instrumentos no convencionales ante la presencia de múltiples choques. En este sentido, este trabajo intenta responder dos preguntas: ¿Cuáles instrumentos (o combinación de ellos) son los más apropiados ante diversos choques de oferta y demanda? ¿Cuál es la política óptima en un escenario de alta incertidumbre como el del Covid-19?

Para ello, se especifica un modelo dinámico y estocástico de equilibrio general (DS-GE, por sus siglas en inglés) para una economía pequeña y abierta, que incluye: distintas fricciones de precios, costos de ajuste y fricciones financieras. Generalmente, los modelos

DSGE se abstraen de introducir fricciones financieras, sin embargo, debido al objetivo de este trabajo de analizar medidas no convencionales de encaje, el modelo incorpora un sector de la banca, con fricciones como: asimetría de información (lo cual se traduce en costos para los bancos en recolectar depósitos y otorgar préstamos); se introduce la capacidad de *default* en los préstamos (de forma que en un escenario como el Covid-19, en donde se contrae la actividad, algunos de estos préstamos caen en *default*, lo cual aumenta la tasa de préstamos y amplifica el mecanismo contractivo del choque); se introduce la necesidad de que las firmas tomen prestado para pagar la nómina o para adquirir capital (lo cual implica que los costos marginales de la economía se verán afectados por aumentos en la tasa de financiamiento). Además, el modelo permite analizar múltiples instrumentos de política, siendo así el primer modelo DSGE con estos elementos estimado para la República Dominicana.

En el trabajo, se realizan ejercicios de simulación que caractericen a la economía dominicana como si estuviese siendo impactada por distintos choques y se contrasta el desempeño de las variables claves del banco central ante distintas combinaciones de medidas no convencionales. De esta manera, la principal contribución del trabajo consiste en primero, cuantificar las ganancias del uso de combinaciones de medidas monetarias no convencionales (tales como, Regla de Taylor + Encaje + Reservas, Regla de Taylor + Reservas y Regla Taylor + Encaje) y adicional una medida convencional, racionalizando así la razón por la cual los bancos centrales con múltiples objetivos deben utilizar varios instrumentos, adicional a la regla convencional de Taylor. Segundo, otra contribución es la de responder cuál es la política monetaria óptima en un escenario como el del Covid, que combina tanto choques de oferta como de demanda.

Los resultados sugieren que tanto para choques de oferta como de demanda, la política monetaria óptima es una donde se utiliza una combinación de la regla de Taylor +

Encaje + Reservas. Ante choques de oferta, tales como los de productividad, del sistema financiero (Banca) y choques del PIB externo, esta combinación de instrumentos alcanza una volatilidad macroeconómica de hasta 83 % menor que la alternativa de utilizar solo una regla monetaria convencional (Taylor). Mientras que ante choques de demanda, como choques de preferencias, choques de tasa externa o choques de gasto del gobierno, esta combinación de instrumentos no convencionales obtiene mejoras en torno al 30 % respecto a una política monetaria convencional.

En lo que respecta a la medida no convencional de Taylor+Reservas, esta corresponde a la política óptima tras choques de inflación externa, los cuales están asociados a una mayor volatilidad cambiaria y comercial; y tras choques sobre la prima por riesgo, que generan una depreciación y son a la vez inflacionarios. Mientras, que la regla de Taylor + Encaje es la que minimiza la volatilidad de la inflación y del tipo de cambio ante choques de productividad, sin embargo, implica una mayor volatilidad del producto. Solo en el caso de choques asociados a cambios en los márgenes de costos de las firmas y choques de política monetaria, la política monetaria convencional resulta ser la óptima.

Respondiendo a la pregunta sobre cuál es la política óptima ante un escenario de múltiples choques como el Covid, los resultados sugieren que una regla de Taylor+Reservas + Encaje es la que permite alcanzar una menor volatilidad macroeconómica, con mejoras en torno al 60 % respecto a un escenario donde se implementase solo una política convencional. En segundo lugar, se ubica la regla de Taylor + Reservas, seguido de la regla de Taylor +Encaje. Es importante notar que al observar de forma individual las varianzas de las variables objetivos en un escenario como el del Covid, la regla de Taylor+Encaje es la que minimiza la varianza de la inflación y el tipo de cambio, a costo de mayor volatilidad en el producto.

Por tanto, este trabajo permite racionalizar la supremacía de utilizar un conjunto de instrumentos no convencionales junto a la regla monetaria convencional, en una economía como la dominicana, pequeña y abierta, pues se logra alcanzar los objetivos del banco central con menos movimientos bruscos de la tasa de política, al auxiliarse de otros instrumentos no convencionales.

El resto del documento está organizado de la siguiente manera: en la sección 2 se contextualiza el tema de investigación en la literatura sobre política monetaria óptima y de múltiples instrumentos. La sección 3 describe el modelo, mientras que en la sección 4 se presenta la estrategia de estimación. En la sección 5 son analizadas las propiedades del modelo. La sección 6 evalúa las políticas óptimas cuando hay múltiples instrumentos. La sección 7 concluye.

2. Contacto con la literatura

La literatura sobre el uso de varios instrumentos de política monetaria es de larga data. Una de las referencias más importantes es la discusión planteada por Poole (1970) sobre la necesidad de discriminar ante el conjunto de instrumentos disponibles. Poole argumentaba que, si bien los bancos centrales podrían utilizar tanto las tasas de interés como el stock de dinero como instrumentos, estos no podrían utilizarse de forma independiente, originándose así una disyuntiva entre estos. Más aun, la selección del instrumento adecuado dependería de los shocks subyacentes que afecten a la economía bajo interés.

En la práctica los bancos centrales hacen uso de varios instrumentos, dependiendo de la coyuntura que estén enfrentando en cada momento. Vanhoose (1994) aborda este tema, y amplía la problemática de Poole (1970) subrayando la importancia de los costes de ajustes y cambios en los instrumentos de política, los cuales generan decisiones subóptimas

desde el punto de vista social.

Otro aspecto dentro de la literatura de política monetaria óptima es el estudio de la inconsistencia temporal, donde se analiza cómo, con el paso del tiempo, las políticas que se determinaron como óptimas ayer, podrían no considerarse así en otro período, y, por ende, no se implementan. Por un lado, entre los autores que abordan dicho tema se encuentran Calvo (1978) y Yun (1996), mientras que Adam y Billi (2004) estudian la optimalidad de la política monetaria bajo discreción. Por otro lado, diversos trabajos analizan el desempeño de reglas monetarias, comparando el valor de largo plazo que debe tener la inflación para maximizar la función objetivo de la sociedad (Fuhrer y Madigan (1997), Wolman (2003)). Mientras que, algunos estudios se enfocan en la interacción de variables macroeconómicas y distintas reglas, destacándose Auerbach y Obstfeld (2003), quienes analiza el rol del tipo de cambio y reglas monetarias en eliminar los efectos distorsionadores del límite inferior de tasa cero.

Con el advenimiento de la crisis financiera global y el despliegue de instrumentos no convencionales por parte de los principales bancos centrales, el interés sobre el análisis de la política monetaria óptima con múltiples instrumentos ha despertado el interés de varios autores, contrastando así con la visión convencional de que un banco central controla un solo instrumento: la tasa de política monetaria, principalmente si el banco central se enfrenta a la posibilidad de que la TPM alcance el límite inferior de cero (Morris (2019)).

En el caso de las economías pequeñas y abiertas, así como economías emergentes, la discusión entre políticas convencionales y no convencionales ha sido más prolífica, debido a la importancia de los choques externos que afectan a estas economías, principalmente choques que repercuten en cambios sobre los flujos de capitales y otras variables, obligando a los bancos centrales a enfrentar disyuntivas. Garcia-Cicco y Kawamura

(2014) estudian políticas no convencionales en países con metas de inflación, y muestran la efectividad de estas políticas en respuesta de shocks externos. Lama y Medina (2020) extienden el análisis de múltiples instrumentos a la discusión de política monetaria óptima. Encuentran que, en economías pequeñas y abiertas, los choques externos que alteran los flujos de capitales son mejor gestionados mediante una combinación de instrumentos, respecto al uso de un solo instrumento convencional como la tasa de interés. En ese sentido, esta investigación contribuye a la literatura sobre el análisis comparativo de la respuesta de la política monetaria basada en distintas combinaciones de instrumentos bajo su control.

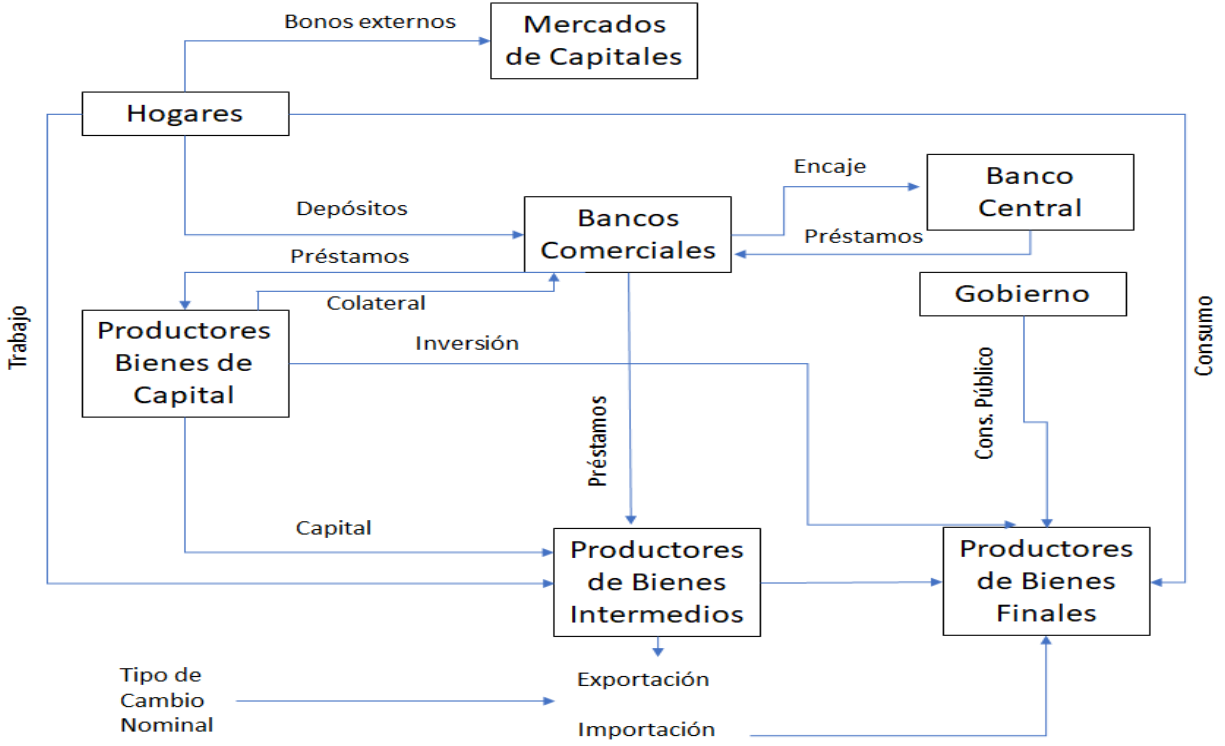
3. Descripción del modelo

En esta sección se presenta el modelo utilizado para el análisis de la implementación de la política monetaria óptima con múltiples instrumentos. El objetivo de la modelística es representar los mecanismos de transmisión de los instrumentos de política considerados (tasa de política monetaria, requerimientos de reservas e intervenciones en el mercado cambiario), así como de los choques que caracterizan las fluctuaciones económicas en una economía pequeña y abierta como la dominicana.

En ese sentido, es un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico (DSGE, por sus siglas en inglés), de una economía pequeña y abierta. Si bien generalmente, los modelos DSGE se abstraen de incorporar un sector bancario, en este trabajo, con el fin de analizar la política monetaria no convencional, se introduce un sector que representa la banca, y, el banco central que, además de ajustar la tasa de interés de política monetaria, utiliza dos instrumentos adicionales: la tasa de encaje y las reservas internacionales (Véase la Figura 1) .

En lo que respecta a las demás características del modelo, se destaca lo siguiente: en primer lugar, la estructura de economía abierta se incorpora siguiendo a los trabajos Justiniano y Preston (2010), Schmitt-Grohé y Uribe (2003), Garcia-Cicco, Kirchner, y Bustel (2015) donde los hogares tienen acceso a un instrumento financiero internacional y son afectados por la prima de riesgo. Es importante señalar que esta prima por riesgo es endógena al nivel de endeudamiento de la economía en cada periodo. En segundo lugar, la banca es introducida como en Garcia-Cicco y cols. (2015) y Agenor y cols. (2015), donde estas instituciones toman depósitos de los hogares y crédito del banco central, para otorgar préstamos que son demandados por las firmas de la economía (los productores de bienes intermedios y los productores de bienes de capital). Por último, se consideran una serie de fricciones en esta economía, con el fin de capturar así los mecanismos de transmisión de las políticas bajo análisis. Por un lado, se introducen fricciones en la formación de precios, tal que se genera una Curva de Phillips con persistencia; se añaden fricciones en la acumulación de capital, a través de costos de ajustes del acervo de capital; y, fricciones en el sistema financiero. Por otro lado, las fricciones financieras que se incorporan son: (1) una probabilidad de *default* de los productores de bienes de capital, la cual varía con el ciclo económico, de forma que en una recesión es más probable que las firmas hagan *default* en sus préstamos. Además, esta probabilidad es incorporada por la banca, la cual define a la tasa de financiamiento de forma proporcional a la misma; (2) asimetrías de información, que añaden costos al proceso de recolectar depósitos y otorgar crédito por la banca; y, (3) se introduce la necesidad de las firmas de adquirir préstamos, tanto para poder pagar su nómina como para adquirir capital, de forma que la tasa de financiamiento entra en los costos marginales de las firmas. La Figura 1 presenta la estructura del modelo.

Figura 1: Estructura del modelo



Fuente: Elaboración propia de los autores.

3.1. Hogares

La economía doméstica está poblada por un continuo de hogares que viven infinitamente y que tienen acceso a activos contingentes para fines de consumo. Derivan utilidad del consumo de bienes finales, ocio, así como de saldos reales y depósitos. La función de utilidad del hogar típico es:

$$V_t = E_0 \left\{ \sum_0^{\infty} \beta^s U(C_{t+s}, N_{t+s}, m_{t+s}, d_{t+s}) \right\} \quad (1)$$

donde C_t es el consumo del hogar, N_t son las horas trabajadas, m_t es la demanda por saldos reales y d_t es el balance de depósitos deseado por el hogar. La forma funcional es escogida tal que no haya efecto riqueza de los cambios en la oferta de trabajo, la sustitución de consumo inter-

temporal sea independiente de las horas trabajadas y los activos, el dinero y los depósitos tengan elasticidad unitaria respecto al consumo y un parámetro que afecte la elasticidad para las tasas relevantes. Se incorpora persistencia en el consumo y los activos seleccionados. La forma funcional elegida es:

$$U_t(C_t, N_t, m_t, d_t) = \left[\varepsilon_t^c \frac{\tilde{C}_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \mu_t^N \frac{N_t^{1+\eta_N}}{1+\eta_N} + \eta_x \ln(\tilde{m}_t^\nu \tilde{d}_t^{1-\nu}) \right] \quad (2)$$

Siendo $\tilde{C}_t = C_t - h_c C_{t-1}$, $\tilde{m}_t = \varepsilon_t^m (m_t - h_m m_{t-1})$ y $\tilde{d}_t = \varepsilon_t^d (d_t - h_d d_{t-1})$, respectivamente. La función de utilidad contiene cuatro shocks de preferencias (de consumo, de oferta de trabajo, de demanda por saldos reales y depósitos): $\varepsilon_t^c, \varepsilon_t^N, \varepsilon_t^m, \varepsilon_t^d$.

Se asume que los hogares maximizan el valor esperado de la función de utilidad, sujeto a una secuencia de restricciones presupuestarias de la siguiente manera:

$$P_t C_t + M_t + D_t + B_t^P + S_t B_t^* = W_t N_t + M_{t-1} + R_{t-1}^D D_{t-1} + R_t B_{t-1}^P + R_t^F S_t B_{t-1}^* + J_t^D + J_t^B + J_t^K + T_t$$

donde P_t es el IPC y W_t es el salario nominal por hora. En cada periodo el hogar decide cuánto consumir (C_t), mantener en efectivo (M_t), en depósitos (D_t), bonos del gobierno (B_t^P) y bonos externos (B_t^*), usando los ingresos provenientes del trabajo ($W_t N_t$), el acervo de dinero del periodo pasado (M_{t-1}), los depósitos, bonos domésticos y externos y sus intereses, remunerados a tasas (brutas) $R_t^D, R_t^B, R_t^{F,P}$, respectivamente. Así como los beneficios de las empresas productoras de bienes intermedios J_t^I , productoras de bienes de capital J_t^K y los bancos J_t^B . Los beneficios del resto de las empresas competitivas son cero. Finalmente, las transferencias (de suma alzada), se representan por T_t . Los bonos externos en moneda extranjera son convertidos a moneda local usando el tipo de cambio nominal S_t , que representa el número de unidades de moneda doméstica

por unidad de moneda extranjera. Así, la tasa de retorno de los bonos externos es:

$$R_t^F = R_t^* \exp(b_t^* - b^* + \phi_t^F) \quad (3)$$

Siendo R_t^* la tasa de interés externa bruta, mientras que ϕ_t^F es el shock del premio por riesgo. Ambas variables son exógenas, esto es, se encuentran definidas como un proceso AR(1).

Dividiendo de ambos lados de la restricción presupuestaria del hogar por el índice de precios P_t y multiplicando y dividiendo variables nominales en $t - 1$ se obtiene:

$$C_t + m_t + d_t + b_t^P + tcr_t b_t^* = w_t N_t + \frac{m_{t-1}}{\Pi_t} + \frac{R_{t-1}^D}{\Pi_t} d_{t-1} + \frac{R_t}{\Pi_t} b_{t-1}^P + \frac{R_t^F}{\Pi_t^*} tcr_t b_{t-1}^* + j_t^D + j_t^B + j_t^K + \frac{T_t}{P_t} \quad (4)$$

donde $\Pi_t = \frac{P_t}{P_{t-1}}$ es la tasa de inflación bruta.

El lagrangeano asociado a este problema es:

$$\begin{aligned} L = E_t \sum_{s=0}^{\infty} \beta^s & \left\{ \left[\frac{\varepsilon_t^c \tilde{C}^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \mu_t^N \frac{N_t^{1+\eta_N}}{1+\eta_N} + \eta_x \ln(\tilde{m}_t^\nu \tilde{d}_t^{1-\nu}) \right] - \right. \\ & \left. \lambda_{t+s} \left[C_t + m_t + d_t + b_t^P + tcr_t b_t^* - w_t N_t - \frac{m_{t-1}}{\Pi_t} - \frac{R_{t-1}^D}{\Pi_t} d_{t-1} - \frac{R_t}{\Pi_t} b_{t-1}^P - \frac{R_t^F}{\Pi_t^*} tcr_t b_{t-1}^* - j_t^D - j_t^B - j_t^K - \frac{T_t}{P_t} \right] \right\} \end{aligned}$$

Por lo que el hogar elige C_t , N_t , m_t , d_t , b_t^P y b_t^* , y las condiciones de primer orden son:

$$\frac{\partial L_t}{\partial C_t} : \varepsilon_t^c (C_t - h_c C_{t-1})^{-\sigma} = \lambda_t \quad (5)$$

$$\frac{\partial L_t}{\partial N_t} : \mu_t^N N_t^{\eta_N} = \lambda_t w_t \quad (6)$$

$$\frac{\partial L_t}{\partial m_t} : \eta_X \nu \frac{1}{m_t - h_m m_{t-1}} = \lambda_t - \beta E_t \left\{ \frac{\lambda_{t+1}}{\Pi_{t+1}} \right\} \quad (7)$$

$$\frac{\partial L_t}{\partial d_t} : \eta_X(1 - \nu) \frac{1}{d_t - h_d d_{t-1}} = \lambda_t - \beta E_t \left\{ \lambda_{t+1} \frac{R_t^D}{\Pi_{t+1}} \right\} \quad (8)$$

$$\frac{\partial L_t}{\partial b_t^P} : \lambda_t = \beta E_t \left\{ \lambda_{t+1} \frac{R_t}{\Pi_{t+1}} \right\} \quad (9)$$

$$\frac{\partial L_t}{\partial b_t^*} : \lambda_t = \beta E_t \left\{ \lambda_{t+1} \frac{R_t^F}{\Pi_{t+1}^*} \frac{tcr_{t+1}}{tcr_t} \right\} \quad (10)$$

3.2. Productores del bien final

El producto consumido por los hogares, el gobierno y los productores de bienes de capital (en forma de bienes de inversión) es un bien compuesto (bien final) producido por empresas que contratan la producción de bienes domésticos e importados. Estos productores operan en un mercado competitivo y son tomadores de precios. La tecnología de agregación es una CES del bien doméstico y el bien importado:

$$Y_t^T = \left[\Lambda^{\frac{1}{\eta}} X_t^D^{\frac{\eta-1}{\eta}} + (1 - \Lambda)^{\frac{1}{\eta}} X_t^F^{\frac{\eta-1}{\eta}} \right]^{\frac{\eta}{\eta-1}} \quad (11)$$

donde $\Lambda \in (0, 1)$, X_t^D y X_t^F son las demandas del producto doméstico e importado, respectivamente. Mientras que η es la elasticidad de sustitución entre las canastas de bienes domésticos e importados. Las canastas están definidas por:

$$X_t^i = \left\{ \int_0^1 \left[X_{jt}^i \right]^{\frac{\epsilon^i - 1}{\epsilon^i}} dj \right\}^{\frac{\epsilon^i}{\epsilon^i - 1}} \quad (12)$$

donde $\epsilon^i > 1$ es la elasticidad de sustitución entre los diferentes bienes intermedios domésticos ($i = D$), o entre los bienes importados ($i = F$), según sea el caso. Mientras que X_{jt}^i es la cantidad del bien intermedio tipo j de la categoría i .

El problema de esta firma representativa para cada variedad de bienes intermedios es:

$$\max_{X_{jt}^i} P_t^i X_t^i - \int_0^1 P_{jt}^i X_{jt}^i dj, \quad i = D, F \quad (13)$$

sujeto a (12). La demanda por el bien Y_{jt}^i es:

$$X_{jt}^i = \left(\frac{P_{jt}^i}{P_t^i} \right)^{-\epsilon^i} X_t^i, \quad i = D, F \quad (14)$$

El índice de precios asociado es:

$$P_t^i = \left[\int_0^1 (P_{jt}^i)^{1-\epsilon^i} dj \right]^{\frac{1}{\epsilon^i-1}}, \quad i = D, F \quad (15)$$

Asimismo, el productor toma como datos los precios de los bienes domésticos y los bienes importados para maximizar la función de beneficios:

$$\max_{X_t^D, X_t^F} P_t^T Y_t^T - P_t^D X_t^D - P_t^F X_t^F \quad (16)$$

Así, de las condiciones de primer orden se obtienen las demandas de ambos tipos de bienes:

$$X_t^D = \Lambda \left(\frac{p_t^D}{p_t^T} \right)^{-\eta} Y_t^T \quad (17)$$

$$X_t^F = (1 - \Lambda) \left(\frac{p_t^F}{p_t^T} \right)^{-\eta} Y_t^T \quad (18)$$

donde $p_t^D = \frac{P_t^D}{P_t}$ y $p_t^F = \frac{P_t^F}{P_t}$ son precios relativos.

El índice de precios p_t^T es:

$$p_t^T = \left[\Lambda p_t^{D^{1-\eta}} + (1 - \Lambda) p_t^{F^{1-\eta}} \right]^{\frac{1}{1-\eta}} \quad (19)$$

El precio (relativo) de los bienes importados se determina con un mecanismo de ajuste parcial, para permitir el traspaso incompleto del tipo de cambio.

$$p_t^F = tcr_t^{\mu^F} (p_{t-1}^F)^{1-\mu^F} \quad (20)$$

donde $tcr_t = \frac{S_t P_t^*}{P_t}$, es el tipo de cambio real.

3.3. Productores de bienes domésticos

Estos productores combinan capital y trabajo en una función de producción Cobb-Douglas para producir una variedad perecible que es vendida a los productores de bienes finales en un mercado con competencia monopolística, o, es exportada.

Sea Y_{jt}^D la producción del bien doméstico proveniente de la empresa, esta se representa como:

$$Y_{jt}^D = A_t N_{jt}^{1-\alpha} K_{jt}^\alpha \quad (21)$$

donde j , A_t la productividad total de factores, N_{jt} el empleo contratado por esta firma y K_{jt} el acervo de capital utilizado en el proceso productivo, mientras que α es la participación del capital en la función de producción.

A inicios de cada periodo estos productores rentan capital de los productores de bienes de capital al precio r_t^K y contratan trabajo directamente de los hogares. Cada firma j toma prestado una cantidad $L_{j,t}^W$ del banco a inicios de periodo para pagar los salarios por adelantado:

$$L_{jt}^W = W_t N_{jt} \quad (22)$$

Los préstamos son contratados para el pago de capital de trabajo y no involucran ningún riesgo y son hechos a la tasa que refleja solamente el costo marginal de tomar prestado del banco R_t . Estos préstamos son pagados en su totalidad al final del periodo.

Por tanto, el problema de optimización de estos agentes lo resuelven en dos etapas:

- 1) Dados precios factores de producción, minimizan costo total, dada la función de producción y con esto obtienen cantidad óptima de factores a contratar.
- 2) Determinan el precio de venta del bien producido

Etapa 1: minimización de costos de producción

$$\min_{N_{jt}, K_{jt}} R_t W_t N_{jt} + R_t^K K_{jt} \quad (23)$$

sujeto a la tecnología

$$Y_{jt}^D = A_t N_{jt}^{1-\alpha} K_{jt}^\alpha \quad (24)$$

Así, el lagrangiano es:

$$L_t = -R_t W_t N_{jt} - R_t^K K_{jt} + \psi_{jt} \left(A_t N_{jt}^{1-\alpha} K_{jt}^\alpha - Y_{jt}^D \right) \quad (25)$$

Las condiciones de primer orden son:

$$\frac{\partial L_t}{\partial N_{jt}} : w_t = (1 - \alpha) mc_{jt} \frac{Y_{jt}^D}{R_t N_{jt}} \quad (26)$$

$$\frac{\partial L_t}{\partial K_{jt}} : r_t^K = \alpha mc_{jt} \frac{Y_{jt}^D}{K_{jt}} \quad (27)$$

donde $w_t = \frac{W_t}{P_t}$, $r_t^K = \frac{R_t^K}{P_t}$ y $mc_{jt} = \psi_{jt}/P_t$, son el salario real, la tasa de renta del capital (real) y los costos marginales reales, respectivamente.

Manipulando la condición de minimización de costos y usando la demanda de factores, se obtiene que el costo marginal es una función de la productividad, los precios de los factores y la tasa de financiamiento de la nómina laboral de la empresa.

$$mc_t = \frac{1}{A_t} \left(\frac{R_t w_t}{1 - \alpha} \right)^{1-\alpha} \left(\frac{r_t^K}{\alpha} \right)^\alpha \quad (28)$$

Note que el costo marginal (real) es el mismo para todas las empresas, debido a que solo depende de variables que están dadas para todas las firmas.

En cuanto al problema de fijación de precios, el mecanismo considerado es el de Calvo (1983)

y Yun (1996). En este marco se asume que en cada periodo, el total de empresas productoras de bienes domésticos se dividen en dos grupos: aquellas que pueden maximizar beneficios modificando de manera óptima el precio del bien que producen, mientras el otro grupo mantiene fijo el precio al nivel anterior o indexa al nivel de inflación agregada del periodo pasado.

Formalmente, se define $1 - \phi$ como la probabilidad que tiene una empresa de ajustar precios. Las empresas que ajustan precios, estiman el mismo maximizando el valor presente de los beneficios esperados a ese nivel de precios, dada la demanda por el bien producido y los costos marginales. El factor de descuento relevante es: $\phi\beta^s \frac{u'(C_{t+s})}{u'(C_t)}$; es decir, el que valora los beneficios futuros en términos de unidades de bienes de consumo de los hogares, quienes al final son los que reciben los beneficios generados por estas empresas. En ese sentido, el problema dinámico es:

$$\max_{P_{jt}^D} E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta\phi)^s \frac{u'(C_{t+s})}{u'(C_t)} \left[\frac{P_{jt}^D}{P_{t+s}^D} \left(\frac{P_{jt}^D}{P_{t+s}^D} \right)^{-\epsilon_D} Y_{t+s}^D - mc_{t+s} \left(\frac{P_{jt}^D}{P_{t+s}^D} \right)^{-\epsilon_D} Y_{t+s}^D \right] \quad (29)$$

Reescribiendo:

$$\max_{P_{jt}^D} E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta\phi)^s \frac{u'(C_{t+s})}{u'(C_t)} \left[P_{jt}^{D^{1-\epsilon_D}} P_{t+s}^{D^{\epsilon_D-1}} Y_{t+s}^D - mc_{t+s} P_{jt}^{D^{1-\epsilon_D}} P_{t+s}^{D^{\epsilon_D}} Y_{t+s}^D \right] \quad (30)$$

La condición de primer orden es:

$$(1 - \epsilon_D) P_{jt}^{D^{1-\epsilon_D}} E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta\phi)^s u'(C_{t+s}) P_{t+s}^{D^{\epsilon_D-1}} Y_{t+s}^D + \epsilon_D P_{jt}^{D^{1-\epsilon_D-1}} E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta\phi)^s u'(C_{t+s}) mc_{t+s} P_{t+s}^{D^{\epsilon_D}} Y_{t+s}^D = 0 \quad (31)$$

Simplificando

$$P_{jt}^D = \frac{\epsilon_D}{\epsilon_D - 1} \frac{E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta\phi)^s u'(C_{t+s}) mc_{t+s} P_{t+s}^{D^{\epsilon_D}} Y_{t+s}^D}{E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta\phi)^s u'(C_{t+s}) P_{t+s}^{D^{\epsilon_D-1}} Y_{t+s}^D} \quad (32)$$

Note que esta condición es la misma para todas las empresas optimizadoras. Por tanto, $P_t^{D*} = P_{jt}^D$.

Escribiendo de manera más compacta:

$$P_{jt}^{D*} = \frac{\epsilon_D}{\epsilon_D - 1} \frac{F_{1t}}{F_{2t}} \quad (33)$$

donde

$$\begin{aligned} F_{1t} &= u'(C_t) m c_t P_t^{D^{\epsilon_D}} Y_t^D + \phi \beta F_{1t+1} \\ F_{2t} &= u'(C_t) P_t^{D^{\epsilon_D-1}} Y_t^D + \phi \beta F_{2t+1} \end{aligned}$$

Combinando con la definición de índice de precios

$$P_t^D = \left[\int_0^1 (P_{jt}^D)^{1-\epsilon^D} dj \right]^{\frac{1}{\epsilon^D-1}} \quad (34)$$

y la ecuación de fijación óptima de precios de las $1 - \phi$ empresas que sí pueden fijar precios, se obtiene:

$$P_t^D = \left[\phi \left\{ (\Pi_{t-1})^{\mu_\pi} P_{t-1}^D \right\}^{1-\epsilon^D} + (1 - \phi) P_t^{D* 1-\epsilon^D} \right]^{\frac{\epsilon^D-1}{\epsilon^D}} \quad (35)$$

donde μ_π es el grado de indexación de las expresas que no optimizan en el periodo t , sino que ajustan el precio actual, al precio observado del periodo anterior, y actualizado con la inflación agregada de la economía en $t - 1$.

3.4. Productores de bienes de capital

La producción de bienes de capital es realizada por una empresa que adquiere el bien compuesto de la empresa productora de bienes finales, y los utiliza como bienes de inversión para producir un bien de capital que luego es vendido en el mercado de factores a los productores de bienes finales, en condiciones de competencia perfecta. La acumulación del acervo agregado

de capital sigue la siguiente regla:

$$K_{t+1} = \exp(\varepsilon_t^I) I_t + (1 - \delta) K_t - \frac{\Theta_K}{2} \frac{(K_{t+1} - K_t)^2}{K_t} \quad (36)$$

con $K_t = \int_0^1 K_{jt} dj$, y ε_t^I representa un choque de eficiencia *i.i.d* sobre el nivel de inversión. El tercer término de la derecha resalta el hecho de que existen costos de ajuste que debe incurrir el productor de capital para modificar el acervo de capital de un periodo a otro.

Asimismo, para financiar la producción de este bien intermedio, el productor de bienes de capital financia la adquisición de bienes de inversión a través de un préstamo adquirido en el sistema bancario, pues se asume que los bienes de inversión deben ser pagados por adelantado y la tasa bruta de interés es R_t^L . El monto a pedir prestado equivale al valor de los bienes de inversión:

$$L_t^I = P_t I_t \quad (37)$$

Al igual que Agenor y cols. (2015), se asume que el repago del préstamo es incierto y ocurre con una probabilidad $q_t \in (0, 1)$. Si el préstamo es pagado en su totalidad, el costo de comprar bienes finales para propósito de inversión es: $R_t^L P_t I_t$. Si hay *default*, este ocurre con probabilidad $(1 - q_t)$, definida como una situación donde el productor de bienes de capital pierde el colateral usado para endeudarse. El colateral es $\kappa P_t K_t$, donde $\kappa \in (0, 1)$ es la proporción del capital cedido como colateral al banco. Dado lo anterior, el pago esperado del préstamo es:

$$q_t R_t^L P_t I_t + (1 - q_t) \kappa P_t K_t \quad (38)$$

El problema de maximización es:

$$\max_{I_{t+s}} E_t \sum_{s=0}^{\infty} \beta^s \lambda_{t+s} \frac{J_{t+s}^K}{P_{t+s}} \quad (39)$$

sujeto a (37), donde:

$$J_{t+s}^K = P_{t+s} r_{t+s}^K K_{t+s} - (q_{t+s} R_{t+s}^L P_{t+s} I_{t+s} + (1 - q_{t+s}) \kappa P_{t+s} K_{t+s}) \quad (40)$$

La condición de primer orden produce la determinación de la tasa de renta del capital:

$$E_t r_{t+1}^K = q_t R_t^L E_t \left[1 + \Theta_K \left(\frac{K_{t+1} - K_t}{K_t} \right) \right] + \beta E_t \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \left\{ (1 - q_{t+1}) \kappa - q_{t+1} R_{t+1}^L \left[(1 - \delta) + \frac{\Theta_K}{2} \left(\left(\frac{K_{t+1}}{K_t} \right)^2 - 1 \right) \right] \right\} \quad (41)$$

Es decir, el retorno esperado del capital es una función de la tasa de interés de préstamos actual y futura, la tasa de probabilidad de repago del préstamo y la proporción del acervo de capital usado como colateral.

3.5. Bancos comerciales

En esta economía, el financiamiento que necesitan las empresas domésticas y los productores de bienes de capital es gestionado por el sistema bancario. La hoja de balance del sistema bancario está compuesta de depósitos, préstamos y reservas obligatorias (encaje legal). Al principio del periodo t , los bancos recolectan depósitos D_t de los hogares. Estos fondos son utilizados para prestar a las empresas que producen bienes de capital y a los productores de bienes intermedios domésticos, los cuales usan estos fondos para comprar bienes para propósitos de inversión y para pagar la nómina. El total de fondos prestados viene dado por:

$$L_t = \int_0^1 L_{jt}^W dj + L_t^I = P_t (w_t N_t + I_t) \quad (42)$$

con $N_t = \int_0^1 N_{jt} dj$ la demanda agregada de trabajo.

Los bancos operan en competencia perfecta, con una tecnología caracterizada por una función de costos $\xi_t^B \Psi(D_t, L_t^I)$, donde ξ_t^B es una variable exógena y Ψ es una función creciente, convexa,

lineal y homogénea tal que:

$$\Psi(D_t, L_t^I) = \phi_0 + \phi_d D_t + \phi_L L_t^I - 2\phi_{DL}(D_t L_t^I)^{1/2} \quad (43)$$

donde $\Psi > 0$; $\Psi_L > 0$; $\Psi_D > 0$; $\Psi_{LL} < 0$; $\Psi_{DD} > 0$; $\Psi_{DL} < 0$

El banco comercial mantiene reservas en el banco central por concepto de encaje legal (RR_t). Por simplicidad se asume que el capital del sistema bancario es cero, y hay inyecciones del banco central (L_t^B). El balance del sistema bancario es:

$$L_t + RR_t = D_t + L_t^B \quad (44)$$

Siendo $RR_t = \mu_t D_t$, donde μ_t es la tasa de encaje. El banco es neutral al riesgo y elige L_t y D_t para maximizar sus dividendos J_t^B :

$$\max_{\{L_{t+s}^I, D_{t+s}\}_{s=0}^{\infty}} E_t \sum_{s=0}^{\infty} \frac{\lambda_{t+s}}{\lambda_t} \beta^s J_{t+s+1}^B \quad (45)$$

donde $E_t \frac{\lambda_{t+s}}{\lambda_t} \beta^s J_{t+s+1}^B$ es el beneficio esperado al final del periodo $t + s$. Por tanto, estos beneficios se pueden expresar como:

$$E_t(J_{t+s}^B) = \left[R_t^L \left(\frac{L_t^I}{P_t} \right) q_t + (1 - q_t) \kappa K_t - \left(\frac{L_{t+1}^I}{P_{t+1}} \right) \right] + (1 + \mu_{t+1}) D_{t+1} - R_t^D D_t - R_t \left(\frac{L_t^B}{P_t} \right) - \xi_{t+1}^B \Psi(D_{t+1}, L_{t+1}^I) \quad (46)$$

Las condiciones de primer orden son:

$$[L_t^I] : -1 - \xi_t^B \Psi_L + E_t \frac{\lambda_{t+s}}{\lambda_t} \beta^s q_t R_t^I = 0 \quad (47)$$

Note que la probabilidad de pago, q_t afecta de forma inversa a la tasa de préstamos, de forma que un aumento en dicha probabilidad, disminuye la tasa.

$$[D_t] : (1 - \mu_t) - \xi_t^B \Psi_D - E_t \frac{\lambda_{t+s}}{\lambda_t} \beta^s R_t^D = 0 \quad (48)$$

donde Ψ_L y Ψ_D son las derivadas parciales de la función de costos del banco respecto a los préstamos y depósitos:

$$\Psi_L = \phi_L - \phi_{DL} \left(\frac{D_t}{L_t^I} \right)^{1/2} \quad (49)$$

$$\Psi_D = \phi_D - \phi_{DL} \left(\frac{D_t}{L_t^I} \right)^{1/2} \quad (50)$$

3.6. Banco Central

El balance del banco central consiste, por el lado de los activos, en: reservas internacionales ($S_t R_t^F$), bonos del gobierno (B_t^{BC}) y préstamos a los bancos comerciales (L_t^{BC}). Mientras que, por el lado de los pasivos, consiste en: efectivo (M_t) y los requerimientos de reservas (encaje legal) (RR_t). Es decir,

$$E_t R_t^F + B_t^{BC} + L_t^{BC} = M_t^s + RR_t \quad (51)$$

A pesar de que el tipo de cambio es flexible, el banco central tiene preferencias por estabilizar el tipo de cambio e interviene en el mercado cambiario ajustando el valor de la moneda extranjera de sus reservas:

$$R_t^{F,T} = \left(P_t^* Y_t^F \right)^{\phi_1^R} \left(\frac{S_t}{S_{t-1}} \right)^{-\phi_2^R} \quad (52)$$

donde $\phi_1^R, \phi_2^R > 0$. Las reservas observadas evolucionan como:

$$R_t^F = (R_t^{F,T})^{\psi^R} (R_{t-1}^F)^{1-\psi^R} \quad (53)$$

De esta manera, la regla de reservas posee dos canales: uno comercial y otro cambiario, donde el banco central aumentaría sus reservas ante un incremento del valor nominal de las importaciones y disminuye reservas ante una depreciación del tipo de cambio real.

Usando la definición de requerimiento de reservas se obtiene la evolución de la oferta de dinero:

$$M_t^s = S_t R_t^F + B_t^{BC} + L_t^{BC} - \mu_t D_t \quad (54)$$

Los ingresos generados por el banco central de sus reservas internacionales y los préstamos a los bancos son transferidos al gobierno al final de cada periodo. El efecto de las fluctuaciones del tipo de cambio, se registran fuera de la hoja de balance.

De esta manera, la implementación de la política monetaria se hace a través de tres instrumentos:

1. Regla de intervención cambiaria, usando la regla expuesta en la ecuación (52).
2. Regla de tasa de política monetaria. Es decir, fijando la tasa de financiamiento y provee una oferta infinita de préstamos a los bancos a través de una facilidad permanente:

$$R_t = R_{t-1}^{1-\rho_i} \left[R \left(\frac{\Pi_t}{\Pi} \right)^{\phi_\pi} \left(\frac{Y_t^T}{Y^T} \right)^{\phi_y} \left(\frac{S_{t+1}}{S_t} \right)^{\phi_s} \right]^{\rho_i} \exp(\varepsilon_t^R) \quad (55)$$

donde R es la tasa (bruta) nominal neutral de estado estacionario, Π es la meta de inflación.

3. Regla de encaje, que en su versión más sencilla es:

$$\mu_t = \rho_\mu \mu_{t-1} + (1 - \rho_\mu) \mu + \varepsilon_t^\mu \quad (56)$$

Luego, esta regla es ampliada de forma que considera la razón de préstamos sobre el PIB, en la sección de política óptima.

3.7. Gobierno

El gobierno compra el bien final y emite bonos, sin riesgo, de un periodo, para financiar el déficit. Se asume que no acumula deuda externa y su restricción presupuestaria viene dada por:

$$B_t = R_t B_{t-1}^P + B_{t-1}^{BC} + P_t(G_t - T_t) - (R_t^* - 1)S_t R_{t-1}^F \quad (57)$$

donde el volumen total de bonos del gobierno es:

$$B_t = B_t^P + B_t^{BC} \quad (58)$$

Se asume que el gasto público es exógeno y representa una proporción fija de la producción del bien final.

$$G_t = s_g Y_t^T \quad (59)$$

3.8. Resto del Mundo

La definición de tipo de cambio real es:

$$p_t^F = \frac{P_t^F}{P_t} = \frac{S_t P_t^*}{P_t} = tcr_t \quad (60)$$

Por su parte, la tasa de interés externa relevante depende de la tasa externa libre de riesgo y del premio por riesgo, donde esta última es una función de la desviación del nivel de activos externos netos de los hogares respecto de su nivel de estado estacionario:

$$R_t^F = R_t^* \exp(\phi_B(-b_t^* + \bar{b} + \varepsilon_t^b)) \quad (61)$$

Por último, las firmas domésticas exportan una parte de la producción:

$$X_t^{D*} = \left(\frac{P_t^D}{S_t P_t^*} \right)^{-\eta^*} Y_t^* = \left(\frac{p_t^D}{tcr_t} \right)^{-\eta^*} Y_t^* \quad (62)$$

3.9. Agregación y equilibrio de mercados

Para cerrar el modelo, se tiene que la productividad evoluciona como un proceso AR(1):

$$\ln A_t = \rho_A \ln A_{t-1} + (1 - \rho_A) \ln A_s + \varepsilon_A \quad (63)$$

El equilibrio en el mercado de factores de producción garantiza que $N_t = N_{jt}$ y que $K_t = K_{jt}$. Además, para cada firma productora del bien doméstico se tiene que la oferta de su producto es igual a la demanda:

$$Y_{jt}^D = \left(\frac{P_{jt}^D}{P_t} \right)^{-\epsilon^D} Y_t^D \quad (64)$$

Reemplazando el lado derecho por la función de

$$A_t N^{(1-\alpha)} K_t^\alpha = \left(\frac{P_{jt}^D}{P_t} \right)^{-\epsilon^D} Y_t^D \quad (65)$$

y agregando, se obtiene la producción total del bien doméstico:

$$Y_t^D = \frac{A_t N_t^{1-\alpha} K_t^\alpha}{\vartheta_t} \quad (66)$$

donde $\vartheta_t = \int_0^1 \left(\frac{P_{jt}^D}{P_t} \right)^{-\epsilon^D} dj$ es una medida de dispersión de precios. Debido a que $\vartheta_t > 1$, entonces la dispersión de precios se traduce en una pérdida de producto. A mayor inestabilidad de precios, mayor dispersión, y por tanto mayor la pérdida de producto. De ahí la importancia de la estabilidad de precios.

La producción doméstica se destina al mercado local o se exporta:

$$Y_t^D = X_t^D + X_t^{D*} \quad (67)$$

El equilibrio en el mercado de bienes garantiza que la producción total del bien final se destine al consumo de los hogares, al gasto del gobierno y al consumo de bienes de inversión:

$$Y_t^T = C_t + I_t + G_t + \xi_t \Psi_t \quad (68)$$

donde el último término surge de la pérdida generada por la fricción de los costos de la banca.

Combinando las restricciones presupuestarias de los hogares y el gobierno, así como las condiciones de beneficio de las firmas, se obtiene la restricción agregada o balanza de pagos de la economía, la cual es escrita en términos reales y de precios relativos:

$$tcr_t aen_t = \frac{tcr_t aen_{t-1}}{\Pi_t^*} + p_t^D X_t^D - p_t^F X_t^F \quad (69)$$

donde aen_t son los activos externos netos (en términos reales):

$$\begin{aligned} aen_t &= r_t^F + b_t^F \\ aen_t &= \frac{AEN_t}{P_t^*} \\ r_t^F &= \frac{R_t^F}{P_t^*} \\ b_t^F &= \frac{B_t^F}{P_t^*} \end{aligned}$$

La regla cambiaria en términos reales es:

$$\begin{aligned} r_t^{F,T} &= (\phi_1 p_t^{F*} X_t^F)^{\psi^F} (1 + tcr_t)^{-\psi^F} \\ r_t^F &= (r_t^{F,T})^{\phi_R} (r_{t-1}^F)^{1-\phi_R} \end{aligned}$$

Por su parte la balanza comercial es:

$$tb_t = p_t^D X_t^{D*} - tcr_t X_t^F \quad (70)$$

Finalmente, la probabilidad de repago es una función del colateral y volumen de préstamos (es decir, el apalancamiento) y la posición cíclica de la economía

$$q_t = \left(\frac{\kappa K_t}{L_t^I} \right)^{\varphi_1} \left(\frac{Y_t^T}{Y^T} \right)^{\varphi_2} \quad (71)$$

4. Estimación

En esta sección se presenta la estrategia de estimación del modelo especificado en la sección anterior. La estrategia consiste en la calibración de algunos parámetros de preferencias, usando información de la literatura de modelos DSGE para economías pequeñas y abiertas. Mientras que el resto de parámetros se estiman utilizando técnicas bayesianas, para inferir a través de los datos los parámetros relacionados a las desviaciones estándar de los choques y sus persistencias, así como de algunos parámetros estructurales relacionados al comportamiento persistente de las variables del modelo o asociados a variables de las cuales se dispone información muestral.

Existe una amplia literatura sobre estimación de modelos DSGE que explota las técnicas de econometría bayesiana en la estimación de los parámetros de modelos espacio estado usando el filtro de Kalman (Ruge-Murcia (2007), Fernández-Villaverde (2010), Ireland (2004), entre otros).

En este trabajo, se utilizan 17 series de tiempo macroeconómicas como variables observables: quince variables domésticas (la diferencia logarítmica del PIB, el consumo privado, las exportaciones, las importaciones, consumo público, formación bruta de capital, las reservas internacionales brutas, el M1 real, los depósitos de la banca en términos reales, el IPC y el tipo de cambio nominal RD\$/US\$, así como la tasa de interés interbancaria, la tasa de interés activa y la tasa pasiva, ambas promedio ponderado) y tres series foráneas (diferencia logarítmica del PIB externo y el IPC externo y la tasa de interés de fondos federales como proxy de la tasa externa libre de riesgos). Una descripción completa de las ecuaciones de medida correspondientes y de los datos se muestran en el Anexo 8.1.1 y 8.1.2 respectivamente.

4.1. Parámetros calibrados

Se calibra el factor de descuento $\beta = 0.984$, asociado una tasa interbancaria promedio de largo 6.6 %. La tasa de depreciación se calibra δ igual a 2.5 %, siguiendo a Fernández-Villaverde (2010), mientras que $\Lambda = 0.7$ siendo este el peso de los bienes domésticos en la producción del bien final.

Este último parámetro se estima viendo el peso promedio de las importaciones sobre la demanda doméstica de la muestra 2007-2019.

4.2. Parámetros estimados

La estimación se realiza por métodos bayesianos, el cual asume a los parámetros desconocidos como variables aleatorias. Se requiere de dos tipos de información para la estimación: una distribución a priori y la función de verosimilitud. La primera aporta información extramuestral sobre el valor probable del parámetro, mientras que la segunda condensa la información contenida en los datos de dicho parámetro.

La selección de las distribuciones prior de las desviaciones estándar de los shocks se seleccionaron de la manera más armonizada posible. Así, se asume que la distribución es una Gamma-Inversa con media igual a 0.1 y una varianza infinita. En el caso de las persistencias de los procesos AR(1), se especificaron distribución Beta con media 0.7 y desviación estándar 0.1. Las Tablas 1 y 2 resumen los resultados de la estimación.

Cuadro 1: Resultados de la Estimación Posterior (I)

Parámetros	Prior			Posterior	
	Tipo	Media	s.d.	Moda	s.d.
ρ_a	Beta	0.700	0.100	0.980	0.011
ρ_Y^*	Beta	0.700	0.100	0.914	0.033
ρ_π^*	Beta	0.700	0.100	0.522	0.092
ρ_R^*	Beta	0.700	0.100	0.600	0.809
ρ_R	Beta	0.700	0.100	0.492	0.023
ρ_μ	Beta	0.800	0.100	0.790	0.070
ϕ_D	Beta	0.650	0.100	0.979	0.002
ϕ_m	Normal	0.700	0.100	0.952	0.015
σ	Gamma	1.000	0.100	1.067	0.095
η_N	Gamma	1.000	0.100	1.008	0.097
η	Gamma	2.000	0.100	2.023	0.086
h	Beta	0.500	0.100	0.628	0.059
ϕ	Beta	0.750	0.100	0.621	0.030
ϕ_π	Gamma	2.000	0.100	2.063	0.106
ϕ_x	Gamma	0.500	0.100	0.465	0.075
ϕ_e	Gamma	0.500	0.100	0.473	0.064
α	Gamma	0.350	0.100	0.504	0.040
Θ_K	Gamma	14.00	0.100	13.93	0.198
ϕ_B	Gamma	0.050	0.100	0.048	0.011
ϕ^{rf}	Gamma	0.200	0.100	0.217	0.105
ψ_1^{rf}	Gamma	0.500	0.100	0.535	0.103

Fuente: Elaboración propia con los resultados de la estimación.

Cuadro 2: Resultados de la Estimación Posterior (II)

Parámetros	Prior			Posterior	
	Tipo	Media	s.d.	Moda	s.d.
σ_{ε^a}	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.026	0.005
σ_{ε^c}	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.038	0.010
σ_{ε^I}	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.037	0.007
σ_{ε^G}	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.014	0.001
$\sigma_{\varepsilon^{\epsilon D}}$	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.449	0.519
$\sigma_{\varepsilon^{\pi^*}}$	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.007	0.001
$\sigma_{\varepsilon^{Y^*}}$	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.008	0.001
σ_{ε^R}	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.055	0.001
σ_{R^*}	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.016	0.001
$\sigma_{\varepsilon^{\mu}}$	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.018	0.002
$\sigma_{\varepsilon^{xi_B}}$	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.023	0.003
$\sigma_{\varepsilon^{rft}}$	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.225	0.024
$\sigma_{\varepsilon^{md}}$	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.790	0.294
$\sigma_{\varepsilon^{dd}}$	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.058	0.034
$\sigma_{\varepsilon^{risk}}$	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.039	0.023
σ_{ε^N}	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.028	0.095
$\sigma_{m_{exp}}$	Inv. Gamma	0.010	Inf	5.068	0.473
$\sigma_{m_{imp}}$	Inv. Gamma	0.100	Inf	3.546	0.333
$\sigma_{m_{il}}$	Inv. Gamma	0.010	Inf	0.004	0.012
$\sigma_{m_{id}}$	Inv. Gamma	0.001	Inf	0.237	0.023
$\sigma_{m_{de}}$	Inv. Gamma	0.010	Inf	0.005	0.008

Log Densidad de los datos : -1724.00

Fuente: Elaboración propia con los resultados de la estimación.

5. Propiedades del modelo

Una vez estimado el modelo con los datos de la economía dominicana, el siguiente paso es analizar sus propiedades en términos de caracterización, a través de funciones impulso - respuesta (IRF). Estas toman en cuenta la reacción de las variables macroeconómicas más importantes a los choques que con mayor frecuencia están presentes en la discusión sobre el comportamiento de una economía pequeña y abierta como la dominicana. En particular, surge el interés de observar la propagación de choques provenientes de los instrumentos de política monetaria. El apéndice 8.2 contiene las IRF de las distintas variables del modelo, ante los choques de productividad, política monetaria, y tasa de interés externa.

5.1. Choque de productividad

Ante un choque positivo a la productividad total de factores, los costos marginales que enfrentan los productores domésticos caen, incrementando así las productividades marginales de los factores trabajo y capital; es decir, aumenta la eficiencia de los factores y así el producto de la economía. Asimismo, el incremento en la eficiencia de los factores aumenta el consumo e inicialmente reduce el esfuerzo laboral de los hogares, por el efecto ingreso de mayor productividad.

En una economía abierta con rigideces de precios, la inflación se contrae gradualmente y el banco central reacciona reduciendo la tasa de política monetaria, alimentando el ciclo expansivo y la depreciación del tipo de cambio real, es decir, se enfrenta a la disyuntiva clásica que plantea un choque de oferta.

Otros mecanismos de transmisión importantes en esta economía son los canales externo y financiero, que amplifican el impacto de este choque. La depreciación real gatilla las exportaciones y genera un comportamiento procíclico de la balanza comercial. Dada la regla de importaciones y cambiaria, el banco central se encuentra ante otra disyuntiva: por un lado, acumular reservas para mantener la relación reservas internacionales y meses de importaciones, y, por otro lado, frenar

la depreciación del tipo de cambio real reduciendo reservas. En términos netos, las estimaciones sugieren que las reservas aumentan incrementando los activos externos netos de la economía.

Un amplificador de choques importante opera a través de los bancos. La mejora en la perspectiva de la actividad económica, disminuye el riesgo de *default* de los agentes endeudados (i.e. productores de bienes domésticos y productores de bienes de capital). Junto con la reducción de la tasa de política monetaria, la reducción del riesgo reducen las tasas de mercado incentivando la acumulación de capital (i.e. incremento de la inversión) y expandiendo la demanda de empleo.

5.2. Choque de política monetaria

En el modelo especificado en la sección anterior, el banco central dispone de varios instrumentos para implementar la política monetaria y cambiaria: tasa de política monetaria, encaje legal (requerimiento de reservas) y reservas internacionales. Por lo tanto, en el modelo existen distintas fuentes de innovaciones monetarias. En esta sección se analiza lo que sería considerado un choque monetario convencional, un incremento no anticipado de la tasa de política monetaria.

Dadas las fricciones incorporadas en el modelo, los efectos de un choque monetario se manifiestan por diferentes canales. Debido a la rigidez de precios, la tasa de interés real aumenta reduciendo el consumo presente de los hogares, y por esa vía la demanda y el producto de la economía. La contracción del producto, reduce la demanda de factores y los costos marginales presentes y futuros. En consecuencia, la inflación se ajusta a la baja.

En una economía abierta, el mecanismo descrito es potenciado por la apreciación real debido al diferencial de tasas de interés reales. Esta apreciación reduce la inflación total, a través del impacto de los precios de bienes importados. En adición, la apreciación contrae las exportaciones y se verifica un comportamiento procíclico de la balanza comercial. Endógenamente, las preferencias por estabilidad en el tipo de cambio del banco central inducen una acumulación de reservas

internacionales.

Finalmente, las rigideces financieras amplifican los impactos descritos anteriormente. Por un lado, el incremento de la tasa de política se traspasa a las tasas de mercado, encareciendo el financiamiento del capital de trabajo de los productores de bienes domésticos y de capital. Por otro lado, la contracción de la actividad afecta el valor de las garantías incrementando el riesgo de default reduciendo la oferta de crédito y contrayendo aun más la economía.

5.3. Choque de tasa de interés externa

El choque de tasa de interés externa es uno de los más discutidos en el análisis de economías pequeñas y abiertas, debido a su frecuencia y sus implicancias en términos de manejo óptimo de los instrumentos de política monetaria y cambiaria. Es un choque que plantea una disyuntiva a un banco central: estabilizar la inflación y el tipo de cambio o estimular la actividad económica.

El incremento de la tasa de interés externa afecta de manera negativa las condiciones externas de la economía. El primer efecto es sobre el tipo de cambio, que se deprecia y dada la rigidez de precios, deprecia el tipo de cambio real. El banco central sube la tasa de política monetaria para contener la inflación lo que profundiza la contracción del producto, el consumo y la inversión. Sin embargo, la depreciación real estimula las exportaciones y hace que la balanza comercial sea contracíclica. Como las exportaciones son generadas por el sector que produce el bien doméstico, la demanda de factores incrementa y ejerce presión sobre el salario real, la tasa de renta del capital y en consecuencia sobre los costos marginales.

En respuesta a la depreciación real, el banco central interviene el mercado cambiario y las reservas disminuyen. A través de este instrumento, se logra contener el efecto sobre el tipo de cambio.

5.4. Descomposición Histórica

Otro de los ejercicios para probar la capacidad de ajuste del modelo a los datos, consiste en computar la descomposición histórica de las variables del modelo en términos de los choques considerados. De esta manera se valida la estimación de los parámetros del modelo y de la importancia relativa de los choques inferidos a través de los datos. Esta descomposición permite identificar la contribución de cada choque (o grupo de choques) a la evolución de las series macroeconómicas en cada periodo de la muestra considerada. El apéndice 8.3 contiene la descomposición histórica del crecimiento trimestral del PIB, el consumo privado, la inversión, así como de la inflación del IPC, la tasa de política monetaria y la variación relativa del tipo de cambio nominal. Los choques fueron agrupados en choques de oferta (productividad, márgenes, costos de ajuste capital, eficiencia del trabajo), choques de demanda (todos los choques de preferencias, de eficiencia de la inversión y de gasto público), choques monetarios (política monetaria, encaje y reservas internacionales), externos (demanda externa, tasas de interés externa, inflación importada, premio por riesgo) y errores de medición.

En el caso del crecimiento del PIB, los choques de oferta explican distintos episodios, seguido en importancia por los choques monetarios. Estos últimos son importantes en los periodos de recuperación del ritmo de crecimiento. Cuando se observa la descomposición del consumo privado y la inversión, destaca el impacto de los choques de demanda sobre la mayor proporción de las fluctuaciones.

Relativo a la inflación, la descomposición de choques muestra que las variaciones de esta son una combinación de choques monetarios y de oferta, sugiriendo el carácter doméstico del fenómeno inflacionario, al menos directamente.

6. Política monetaria óptima con múltiples instrumentos y choques

Los bancos centrales poseen varios objetivos: macroeconómicos, macroprudenciales, cambiarios y financieros; y utilizan un conjunto de instrumentos con el fin de alcanzarlos. Entre los objetivos macroeconómicos, se encuentran controlar la volatilidad de la inflación y el crecimiento económico. A su vez, los objetivos financieros consisten en mantener una senda estable de los préstamos de la economía, niveles de morosidad, u otras metas macroprudenciales que están asociadas a la estabilidad del sistema financiero. Mientras, los objetivos cambiarios buscan reducir la volatilidad del tipo de cambio. Dado estas metas, los bancos centrales definen un conjunto instrumentos de política que, a través del mecanismo de transmisión, logren alcanzar dichos objetivos de la forma más eficiente. Esto justifica que, ante múltiples metas, se combinen múltiples instrumentos, que es lo que hoy se le denomina como políticas no convencionales.

Tras el choque de Covid-19, el cual representó una combinación de choques de oferta y demanda, muchos bancos centrales han estado utilizando diversos instrumentos no convencionales, con el fin de apaciguar sus efectos económicos. Particularmente la República Dominicana, ha ampliado sus medidas de reducción de tasas de interés, reduciendo también las tasas de encaje, provisionando liquidez, así como utilizando las reservas internacionales para acomodar las fluctuaciones extremas cambiarias, principalmente por efectos sobre la inflación. Sin embargo, no existe a la fecha un trabajo que provea un fundamento cuantitativo sobre la importancia del uso de distintos instrumentos no convencionales ante la presencia de múltiples choques. En este sentido, esta sección intenta responder dos preguntas: cuáles instrumentos (o combinación de ellos) son los más apropiados ante diversos choques de oferta y demanda?Cuál es la política óptima en un escenario de alta incertidumbre como el del Covid-19?

Para responder estas interrogantes, este trabajo analiza un modelo DSGE con características de una economía pequeña y abierta como la dominicana, que incluye dos tipos de instrumentos

no convencionales: políticas de encaje y políticas cambiarias. Así, adicional a la regla de Taylor convencional, se introduce una regla cambiaria que tiene dos objetivos, uno comercial y otro cambiario. El objetivo comercial consiste en aumentar el nivel de reservas a medida que aumente el valor nominal de las importaciones; mientras que el objetivo financiero busca vender (comprar) reservas cuando se deprecia (aprecia) el tipo de cambio. Por último, introduce fricciones financieras que ayudan a amplificar el mecanismo de transmisión de choques comunes en la literatura de economías pequeñas y abiertas, y agrega un sector de la banca para incorporar la política de encaje. De esa manera, dado que se posee el mecanismo relevante para caracterizar una economía como la dominicana, este modelo permite responder cuáles instrumentos (o combinación de estos) puede utilizar un banco central para alcanzar sus múltiples objetivos ante la ocurrencia de distintos choques económicos, tanto domésticos como externos.

La estrategia utilizada para abordar la pregunta sobre política monetaria óptima se basa en Lama y Medina (2020) y Agenor y cols. (2015). En primer lugar, se define una función objetivo que resuma las variables de interés del banco central. Una forma sencilla de hacer esto consiste en especificar una función de pérdida, la cual suma las volatilidades de las variables macroeconómicas. En segundo lugar, se minimiza esta función de pérdida, sujeto a los instrumentos que dispone la autoridad monetaria. En tercer lugar, se realizan simulaciones estocásticas con los choques caracterizados en el modelo, de forma que se determine la trayectoria de las variables claves ante distintas combinaciones de instrumentos y ante diversas fluctuaciones económicas. Con estas simulaciones, se computan las varianzas de las variables objetivo y así la función de pérdida del banco central, considerando como política óptima aquella que minimice dicha función.

En el problema base, el objetivo del banco central es minimizar la siguiente función de pérdida (*Loss*), la cual se utilizaría como el indicador para discriminar entre políticas:

$$\begin{aligned} \text{mín } Loss = \\ var(Y_t^T) + var(\Pi_t) + var(S_t) + 0.2var(\Delta R_t) + 0.2var(\Delta R_t^F) + 0.2var(\Delta \mu_t) \end{aligned}$$

donde $var(Y_t^T)$ representa la varianza incondicional del producto, $var(\Pi_t)$ la de la inflación, $var(S_t)$ la del tipo de cambio real. Estas tres variables representan el conjunto de variables objetivos, para los cuales se desea minimizar su volatilidad (varianza). Además, se introducen los instrumentos de política en la función de pérdida, con el fin de capturar la idea de que el hacedor de política también desea minimizar los cambios bruscos en los instrumentos, no obstante, prioriza minimizar la volatilidad de sus variables objetivos claves (Juillard (2011)). Así, las variables $var(\Delta R_t)$, $var(\Delta R_t^F)$, $var(\Delta \mu_t)$ denotan la varianza en la tasa de política, las reservas y la tasa de encaje, respectivamente. Note que los instrumentos poseen pesos relativos (en este caso de 0.2) inferior a los de la inflación, crecimiento y tipo de cambio, reflejando así la prioridad del banco central en minimizar la volatilidad de sus variables macroeconómicas claves.¹

Para minimizar la función de pérdida, el banco central utiliza los siguientes instrumentos:

$$R_t = R_{t-1}^{1-\rho_i} \left[R \left(\frac{\Pi_t}{\Pi} \right)^{\phi_\pi} \left(\frac{Y_t^T}{Y^T} \right)^{\phi_y} \left(\frac{S_{t+1}}{S_t} \right)^{\phi_s} \right]^{\rho_i} \exp(\varepsilon_t^R)$$

$$r_t^{F,T} = (\phi_1 p_t^{F*} X_t^F)^{\psi^F} (1 + tcr_t)^{-\psi_1^F}$$

$$\mu_t = \mu_{t-1}^{\rho_\mu} \left(\frac{\frac{L_t}{Y_t^T}}{\frac{L}{Y^T}} \right)^{\chi_\mu(1-\rho_\mu)} \varepsilon_t^\mu$$

asignando valores óptimos a los parámetros que gobiernan las reacciones sistemáticas de los instrumentos a las variables objetivos. En otras palabras, para minimizar la función de pérdida, el banco central asignaría distintos valores a los siguientes parámetros:

- Los parámetros asociados a la regla de Taylor $\{\rho_i, \phi_\pi, \phi_y, \phi_s\}$
- Los de la regla de reservas $\{\phi_1, \psi^F, \psi_1^F, \psi^R\}$, y por último,
- Los asociados a la política macroprudencial de encaje $\{\rho_\mu, \chi_\mu\}$.²

¹Si bien una discusión interesante es la de incorporar los pesos en la minimización de la función objetivo, en este trabajo se introducen pesos relativos siguiendo a Juillard (2011), dado que se entiende que el hacedor de política manifiesta sus preferencias a través de estos pesos, y mas bien optimiza sus decisiones en base a los mismos. Note además que, para simplificar el problema, se asignan los mismos pesos a la inflación, tipo de cambio y crecimiento, sin embargo, se esperaría que en un régimen de esquemas de metas de inflación, el hacedor de política desee priorizar minimizar la volatilidad de la inflación sobre las demás variables.

²Note que para este ejercicio de política óptima se expande la ley de movimiento de la tasa de encaje (56) de forma que responda de forma sistemática a cambios en la razón de préstamos sobre PIB.

Luego, con el fin de analizar el desempeño de distintas combinaciones de instrumentos, se definen cuatro combinaciones de reglas monetarias:

1. Regla Taylor + Regla de Encaje + Regla de reservas, donde el banco central utilizaría la regla monetaria, macroprudencial y cambiaria, con el fin de minimizar su función de pérdida.
2. Regla Taylor + Reserva, esto es solo se utilizan la regla de política monetaria y cambiaria, sin política macroprudencial
3. Regla de Taylor, donde solo se usa la política monetaria, en ausencia de instrumentos adicionales, y por último,
4. Regla Taylor + Regla de Encaje.

Estas medidas de política parten de la idea de que en una economía pequeña y abierta como la dominicana, pero con esquema de metas de inflación, el banco central se enfrentaría a la disyuntiva de acomodar los distintos choques utilizando su tasa de política monetaria convencional en conjunto o no de otros instrumentos no convencionales, como encaje y reservas, que sirven así de señal, reforzando el mecanismo de transmisión.

Por último, dado que distintos choques pueden hacer más o menos deseable el uso de distintas combinaciones de instrumentos, en la medida en que el mecanismo de transmisión de estas fluctuaciones posea efectos distintos sobre las variables claves, se procede a simular la economía dominicana en base a estas cuatro combinaciones de política monetaria y ante la presencia de choques comunes. Por último, se añade un escenario llamado Covid que combina múltiples choques de oferta y de demanda, tanto locales como externos.

Es importante señalar que, para dilucidar la relativa optimalidad entre los instrumentos ante distintos choques, se computó la razón entre las funciones de pérdida de las medidas monetarias respecto a la regla de Taylor. En este sentido, sea $Loss^{Taylor}$ la función de pérdida asociada a un escenario donde el banco central solo utiliza la política convencional, y sea $Loss^{Taylor+Enc}$ la función de pérdida cuando el banco central utiliza la combinación de políticas convencional

y no convencional de encaje, se computa $\omega^{Taylor+Enc} = \frac{Loss^{Taylor+Enc}}{Loss^{Taylor}}$. De esta manera, si ω^i con $i = \{Taylor + Enc, Taylor + Enc + Res, Taylor + Res\}$ es menor a 1, se interpreta que la combinación de la política no convencional es mejor que la alternativa de solo utilizar la política convencional. Asimismo, con estos ratios de las funciones de pérdida respecto a la política de Taylor, es posible proveer una medida cuantitativa de optimalidad relativa de implementar políticas múltiples no convencionales.

A continuación se resume el resultado de las simulaciones de política monetaria no convencional, considerando choques que podemos catalogar como de oferta.

Cuadro 3: Resultados de Política Monetaria óptima ante choques de oferta

Reglas	Choques Domésticos				Choques Externos	
	Productividad	Costos	Banca	Empleo	Inflación Externa	PIB Externo
Taylor	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Taylor + Encaje	0.554	1.370	0.684	0.98 6	1.928	1.032
Taylor + Reserva	0.517	1.010	0.732	0.951	0.715	0.766
Taylor + Encaje + Reserva	0.164	1.494	0.601	0.951	0.758	0.735

Fuente: Resultado de las simulaciones.

En la Tabla 3 se observa el ratio de las funciones de pérdida de los múltiples instrumentos no convencionales respecto a la política convencional, ante seis choques de oferta, cuatro de ellos domésticos y dos externos. De este modo, aquella combinación de reglas monetarias no convencionales que refleje el menor ratio es el que se considera como óptimo.

Por ejemplo, ante choques de productividad, la política monetaria óptima es una donde se utiliza una combinación de la regla de Taylor + Encaje + Reservas. En efecto, esta combinación de instrumentos permite alcanzar una volatilidad macroeconómica 83 % menor que la alternativa de utilizar solo una regla monetaria convencional (Taylor). Adicionalmente, si se observa la volatilidad del PIB, inflación y el tipo de cambio, de forma individual, tras este choque (Ver Tabla 7 en

Anexos), se ve que la regla óptima es capaz de minimizar la varianza del PIB, no obstante, la regla de Taylor + Encaje es la que minimiza la volatilidad de la inflación y del tipo de cambio. En otras palabras, si el hacedor de políticas estuviera más interesado en minimizar la volatilidad cambiaria e inflacionaria, la regla de Taylor + Encaje sería la más apropiada, a costo de mayor volatilidad del PIB.

Del mismo modo, la política Taylor + Encaje + Reservas es la combinación óptima ante la realización de choques del sector financiero (Banca) y tras un choque del PIB externo. En efecto, se observan ganancias que superan el 20 % de la alternativa de solo utilizar una medida de política convencional. De igual modo, si el banco central se concentrara solo en minimizar la varianza de la inflación tras un choque de la Banca, la política monetaria óptima sería combinación de Taylor + Reservas (Ver la Figura 13 en Anexos). Mientras que tras un choque de PIB externo, la medida Taylor+Encaje+Reservas sigue siendo la política que minimiza la volatilidad tanto de la inflación como la del tipo de cambio (Ver la Figura 17 en Anexos).

En lo que respecta a la medida no convencional de Taylor+Reservas, esta corresponde a la política óptima tras choques de inflación externa, los cuales están más asociados a una volatilidad cambiaria y comercial, en la medida en que cambios en la inflación externa induzcan un aumento en el costo de las importaciones y a una depreciación del tipo de cambio. La regla de reservas, la cual posee ambos mecanismos (comerciales y cambiarios), y por ende refleja la disyuntiva de acumular reservas para mantener la relación reservas internaciones y meses de importaciones o frenar la depreciación del tipo de cambio real, responde finalmente aumentando las reservas para amortiguar el efecto neto sobre ambos canales. Esta combinación de instrumentos es capaz de reducir la varianza del PIB (Ver Tabla 8 en Anexos) y a la vez implica menos costos en términos de cambios en los instrumentos (ya que el banco central no tendría que incurrir en cambios de tasa de encaje, y aun así alcanzar una menor volatilidad del PIB). Sin embargo, si el banco central solo se enfocara en reducir la varianza de la inflación, la política óptima sería la de Taylor+Encaje+Reserva.

Por su parte, tras un choque de empleo, el banco central puede ser indiferente entre perse-

guir una política de Taylor+Encaje+Reserva y Taylor+Reserva, pues ambas sugieren las mismas ganancias respecto a una política monetaria convencional. Por último, solo en el caso de choques asociados a cambios en los márgenes de costos de las firmas, la política monetaria convencional resulta ser la óptima.

A continuación, se realiza el análisis, observando solo choques de demanda.

Cuadro 4: Resultados Política Monetaria óptima bajo choques de demanda

Reglas	Choques Domésticos				Choques Externos
	Preferencias	Gasto Gobierno	Riesgo	PM	Tasa Externa
Taylor	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Taylor + Encaje	0.790	0.793	1.188	1.036	0.974
Taylor + Reserva	0.877	0.886	0.997	1.001	0.792
Taylor + Encaje + Reserva	0.736	0.743	1.174	1.038	0.792

Fuente: Resultado de las simulaciones.

Tras simular los efectos en la economía con choques de demanda no simultáneos, la Tabla 4 muestra que de cinco choques analizados, tres de ellos son acomodados de forma óptima al utilizar la combinación de políticas no convencionales Taylor+Encaje+Reserva. En efecto, esta regla es capaz de minimizar la varianza macroeconómica obtenida en un escenario donde la economía se vea afectada por choques de preferencias, o por choques de tasa externa o por choques de gasto del gobierno, obteniéndose así mejoras en torno al 30 % respecto a una política monetaria convencional. Mientras, como es de esperarse, tras un choque de riesgo, que genera una depreciación y es a la vez inflacionario, la política que mejor acomoda al choque es una de Taylor+Reserva. Por último, solo tras un choque de política monetaria, la política óptima es la convencional.

Al analizar la varianza de la inflación tras la simulación de los choques de demanda, se ve que si el banco central se concentrase solo en minimizar la varianza de esta variable, se obtuvieran mejores resultados con una política de Taylor+Reserva. En particular, tras choques de preferen-

cias, gasto del gobierno y tasa externa (Ver Figura 18, 19 y 20, respectivamente, en Anexos). Sin embargo, esta política se encuentra asociada a una mayor volatilidad del crecimiento. Mientras, que tras un choque de riesgo, la política de Taylor+Encaje también logra minimizar la varianza de la inflación (Ver en Anexos la Figura 21 y Tabla 9).

A continuación, la Tabla 5 muestra el análisis de política monetaria óptima con múltiples instrumentos y múltiples choques simultáneos, con el fin de simular un escenario Covid. De esta manera, el ejercicio permite responder cuál es la política óptima que debe perseguir un banco central ante las implicancias macroeconómicas que se derivan de la crisis del Covid19, caracterizado por choques simultáneos de demanda y oferta.

Cuadro 5: Ejercicio de Política Monetaria óptima bajo Escenario Covid-19

Reglas	Variables Objetivos			Instrumentos			Ratio
	$Var(Y_t^T)$	$Var(\Pi_t)$	$Var(tcr_t)$	$Var(\Delta R_t)$	$Var(\Delta R_t^F)$	$Var(\Delta \mu_t)$	
Taylor	0.197	0.022	0.021	0.002			1.000
Taylor + Encaje	0.162	0.000	0.015	0.000		0.013	0.752
Taylor + Reserva	0.062	0.040	0.022	0.004	0.010		0.525
Taylor + Encaje + Reserva	0.063	0.001	0.013	0.000	0.035	0.085	0.355

Fuente: Resultado de las simulaciones escenario Covid-19.

El escenario Covid combina tanto choques de oferta como de demanda. Particularmente, se introducen choques de productividad, de PIB externo, de la banca, de empleo y de preferencias. Por un lado, el choque de productividad reflejaría el impacto sobre el producto por el lado del incremento en los costos marginales, que propician reducciones en las productividades marginales de los factores de producción, de capital y de trabajo, produciendo así una contracción del producto y un aumento en los costos de producción de las empresas. El choque de empleo, representa la menor oferta de trabajo, que se produce debido a la menor disposición por trabajar de los agentes (note que este efecto es distinto al choque de demanda por menores puestos de trabajo). El choque de PIB externo refleja la contracción global de la producción de los países socio comerciales y sus repercusiones sobre la balanza comercial. El choque de costos de la banca introduce la mayor

dificultad de los intermediarios financieros en otorgar préstamos y recolectar depósitos, debido a dificultades, como la asimetría de información (en otras palabras, a los bancos les cuesta otorgar préstamos pues se les dificulta discriminar los que pueden pagar o no en el futuro). Por último, el choque de preferencias introduce en el mecanismo la menor demanda por la mayor incertidumbre de los agentes y su aversión a contagiarse, lo cual se traduce en menor consumo.

Tras definir el escenario Covid, se procede a simular la economía dominicana, de forma que el banco central utilice distintas combinaciones de reglas óptimas, y luego se comparan las funciones de pérdida, de forma que aquella combinación de instrumentos que alcance una menor pérdida (y por ende una menor volatilidad macroeconómica) se consideraría como la política óptima bajo dicho escenario. La Tabla 5 muestra la varianza de las variables objetivos (inflación, tipo de cambio y crecimiento) y la varianza de los instrumentos, ante las distintas combinaciones de reglas. Por último, se muestra el ratio entre las funciones de pérdida de cada régimen de múltiples instrumentos no convencionales respecto a la regla de Taylor convencional.

La Tabla 5 sugiere que las mayores ganancias en términos de reducción de la volatilidad macro bajo un escenario Covid se obtienen implementando políticas monetarias no convencionales, particularmente, aquella que utiliza la regla de Taylor+ Reservas + Encaje. En efecto, estas medidas no convencionales muestran mejoras (reducción de volatilidad) de 60 % respecto a un escenario donde se implementase una política convencional. En segundo lugar, la regla de Taylor + Reservas refleja las menores pérdidas, seguido de la regla de Taylor +Encaje. Es importante notar que al observar de forma individual las varianzas de las variables objetivos, la regla de Taylor+Encaje permite minimizar la varianza de la inflación y el tipo de cambio, a costo de mayor volatilidad en el producto.

Por último, si se toman en cuenta los costos a los cuales incurre el hacedor de política al implementar las medidas no convencionales por el uso de instrumentos adicionales a la regla de Taylor, se observa que con una regla de Taylor+Encaje es posible obtener ganancias en términos de inflación y tipo de cambio, sin incurrir en altos costos por cambios bruscos en la tasa de política

monetaria (cuya varianza en dicho escenario es cero, al igual que el de las reservas). Esto refleja un *trade-off* (o disyuntiva) importante, ya que, un banco central que desee minimizar la varianza de la inflación, producto y tipo de cambio requeriría de implementar políticas no convencionales, que incluyen una batería de instrumentos tales como la regla de reservas y reducciones en la tasa de encaje, no obstante, esto implica también mayores costos por cambios en dichos instrumentos. Mientras que, si el banco central se preocupara más por la inflación y el tipo de cambio, podría sacrificar más volatilidad del crecimiento (respecto a la regla de Taylor+Encaje+Reservas) implementando una política de Taylor +Encaje que sería menos costosa pues implica mantener sin cambios las reservas y mismos costos en términos de tasa.

Este ejercicio permite también racionalizar la supremacía de utilizar un conjunto de instrumentos no convencionales junto a la regla monetaria convencional, pues se logra alcanzar los objetivos del banco central con menos movimientos de la tasa de política. Además, el ejercicio permite cuantificar las mejoras macroeconómicas (en términos de reducción de la volatilidad de sus principales variables objetivos) del uso de distintos instrumentos ante un choque como el del Covid, evidenciando por qué es importante que, ante la realización de múltiples choques, el banco central utilice múltiples instrumentos adicional a la regla de tasa de política.

7. Conclusiones

Este trabajo estimó un modelo DSGE adecuado para analizar la política monetaria óptima ante distintos choques de oferta y demanda, y ante múltiples instrumentos no convencionales. En primer lugar, el trabajo permitió responder cuál es la política monetaria óptima ante distintas realizaciones de choques. En particular, los resultados sugieren que ante choques de oferta, generalmente la política monetaria óptima es una donde se utiliza una combinación de la regla de Taylor + Encaje + Reservas. En efecto, tanto para el choques de productividad, choques de la banca y tras un choque del PIB externo, esta es la que genera mayores ganancias, con volatilidad macroeconómica de hasta 83 % menor que la alternativa de utilizar solo una regla monetaria convencional (Taylor). En lo que respecta a la medida no convencional de Taylor+Reservas, esta

corresponde a la política óptima tras choques de inflación externa, los cuales están más asociados a una volatilidad cambiaria y comercial. En lo que respecta a la regla de Taylor + Encaje, esta es la que minimiza la volatilidad de la inflación y del tipo de cambio ante choques de productividad. Solo en el caso de choques asociados a cambios en los márgenes de costos de las firmas, la política monetaria convencional resulta ser la óptima.

Asimismo, tras analizar la economía ante distintos choques de demanda, la combinación de políticas no convencionales Taylor+Encaje+Reserva es capaz de minimizar la varianza macroeconómica obtenida en un escenario donde la economía se vea afectada por choques de preferencias, o por choques de tasa externa o por choques de gasto del gobierno, obteniéndose mejoras en torno al 30 % respecto a una política monetaria convencional. Mientras, como es de esperarse, tras un choque de riesgo, que genera una depreciación y es a la vez inflacionario, la política que mejor acomoda al choque es una de Taylor+Reserva. Solo tras un choque de política monetaria, la política óptima es la convencional.

En segundo lugar, el trabajo permitió cuantificar, cuáles serían las ganancias de implementar distintas políticas no convencionales, en un escenario de múltiples choques como el Covid. Se demostró que la política óptima en dicho escenario es una combinación de la regla de Taylor+ una regla de reservas internacionales +regla de encaje. En efecto, esta combinación de instrumentos no convencionales muestran mejoras de 60 % respecto a un escenario donde se implementase una política convencional. Es importante notar que al observar de forma individual las varianzas de las variables objetivos ante un escenario Covid, la regla de Taylor+Encaje permite minimizar la varianza de la inflación y el tipo de cambio, a costo de mayor volatilidad en el producto.

Por tanto, este trabajo contribuye a la literatura sobre política monetaria óptima ante múltiples instrumentos. Los resultados permiten racionalizar la supremacía de utilizar un conjunto de instrumentos no convencionales junto a la regla monetaria convencional, pues se logra alcanzar los objetivos del banco central con menos movimientos de la tasa de política.

Referencias

- Adam, K., y Billi, R. (2004). Optimal Monetary Policy under Commitment with a zero bound on nominal interest rates. , *WP/377*.
- Agenor, P., Alper, K., y Pereira da Silva, P. (2015, 08). External Shocks, Financial Volatility and Reserve Requirements in an Open Economy. *Working Papers Series*, 396.
- Auerbach, A., y Obstfeld, M. (2003). The case for open-market purchases in a liquidity trap.
- Calvo, G. (1978). On the time consistency of optimal policy in a monetary economy. *Econometrica*, 46, 1411-1428.
- Calvo, G. (1983). Staggered prices in utility-maximizing framework. *Journal of Monetary Economics*, 12, 383-98.
- Fernández-Villaverde, J. (2010). The econometrics of dsge models. *SERIEs, Journal of the Spanish Economic Association*, 1.
- Fuhrer, J. F., y Madigan, B. F. (1997). Monetary Policy When Interest Rates Are Bounded at Zero. *Review of Economic and Statistics*, 79.
- Garcia-Cicco, J., y Kawamura, E. (2014). Central bank liquidity management and ünconventional monetary policy. *IDB Working Paper Series No. IDB-WP-484*.
- Garcia-Cicco, J., Kirchner, M., y Bustel, S. (2015).
En *Global liquidity, spillovers to emerging markets and policy responses* (cap. Domestic Financial Frictions and the Transmission of Foreign Shocks in Chile). Banco Central de Chile.
- Ireland, P. N. (2004). A method for taking the model to the data. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 28(6).
- Juillard, M. (2011). User manual for optimal policy package. *MONFISPOL Report FP7, project SSH-225149*.
- Justiniano, A., y Preston, B. (2010, 5). Can structural small open-economy models account

- for the influence of foreign disturbances? *Journal of International Economics*, 81(1).
doi: 10.1016/j.jinteco.2010.01.001
- Lama, R., y Medina, J. P. (2020). Shocks Matter: Managing Capital Flows in Emerging Economies with Multiple Instruments. *IMF Working Paper*, WP/20/97.
- Morris, S. (2019). Poole rules: implementing monetary policy using multiple instruments. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3251593> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3251593>.
- Poole, W. (1970). Optimal choice of monetary policy instruments in a simple stochastic macro model. *Quarterly Journal of Economics*, 84.
- Ruge-Murcia, F. J. (2007). Methods to estimate dynamic stochastic general equilibrium models. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 31(8).
- Schmitt-Grohé, S., y Uribe, M. (2003, 10). Closing small open economy models. *Journal of International Economics*, 61(1).
- Vanhooose, D. D. (1994). Optimal choice of monetary policy instrument when policymaking is costly. *Atlantic Economic Journal*, 22.
- Wolman, A. (2003). Real Implications of the Zero Bound on Nominal Interest Rates. , WP/0315.
- Yun, T. (1996). Nominal price rigidity, money supply endogeneity, and business cycles. *Journal of Monetary Economics*, 37(2).

8. Apéndice

8.1. Datos

8.1.1. Ecuaciones de observación

Las siguientes ecuaciones de observación vinculan las series de tiempo observadas con las variables del modelo.

$$\log \left(\frac{PIB_t}{PIB_{t-1}} \right) = \log \left(\frac{Y_t^T}{Y_{t-1}^T} \right);$$

$$\log \left(\frac{CPr_t}{CPr_{t-1}} \right) = \log \left(\frac{C_t}{C_{t-1}} \right);$$

$$\log \left(\frac{CPu_t}{CPu_{t-1}} \right) = \log \left(\frac{G_t}{G_{t-1}} \right);$$

$$\log \left(\frac{FBK_t}{FBK_{t-1}} \right) = \log \left(\frac{I_t}{I_{t-1}} \right);$$

$$\log \left(\frac{IMP_t}{IMP_{t-1}} \right) = \log \left(\frac{X_t^F}{X_{t-1}^F} \right);$$

$$\log \left(\frac{EXP_t}{EXP_{t-1}} \right) = \log \left(\frac{X_t^{D*}}{X_{t-1}^{D*}} \right);$$

$$\log \left(\frac{IPC_t}{IPC_{t-1}} \right) = \log \left(\frac{\Pi_t}{\Pi} \right);$$

$$\log \left(\frac{TCN_t}{TCN_{t-1}} \right) = \log \left(\frac{\Pi_t^S}{\Pi^S} \right);$$

$$\log \left(\frac{RIB_t/IPC_t^*}{RIB_{t-1}/IPC_{t-1}^*} \right) = \log \left(\frac{r_t^f}{r_{t-1}^f} \right);$$

$$\log \left(\frac{M_t/IPC_t}{M_{t-1}/IPC_{t-1}} \right) = \log \left(\frac{m_t}{m_{t-1}} \right);$$

$$\log \left(\frac{DEP_t/IPC_t}{DEP_{t-1}/IPC_{t-1}} \right) = \log \left(\frac{d_t}{d_{t-1}} \right);$$

$$\log \left(\frac{PIB_t^*}{PIB_{t-1}^*} \right) = \log \left(\frac{Y_t^*}{Y_{t-1}^*} \right);$$

$$INTERBANC_t = \log \left(\frac{R_t}{R} \right);$$

$$ACTIVA_t = \log \left(\frac{R_t^L}{R^L} \right);$$

$$PASIVA_t = \log \left(\frac{R_t^D}{R^D} \right);$$

$$FFR_t = \log \left(\frac{R_t^*}{R^*} \right);$$

$$ENCAJE_t = \log \left(\frac{1 + \mu_t}{1 + \mu} \right);$$

8.1.2. Series de tiempo

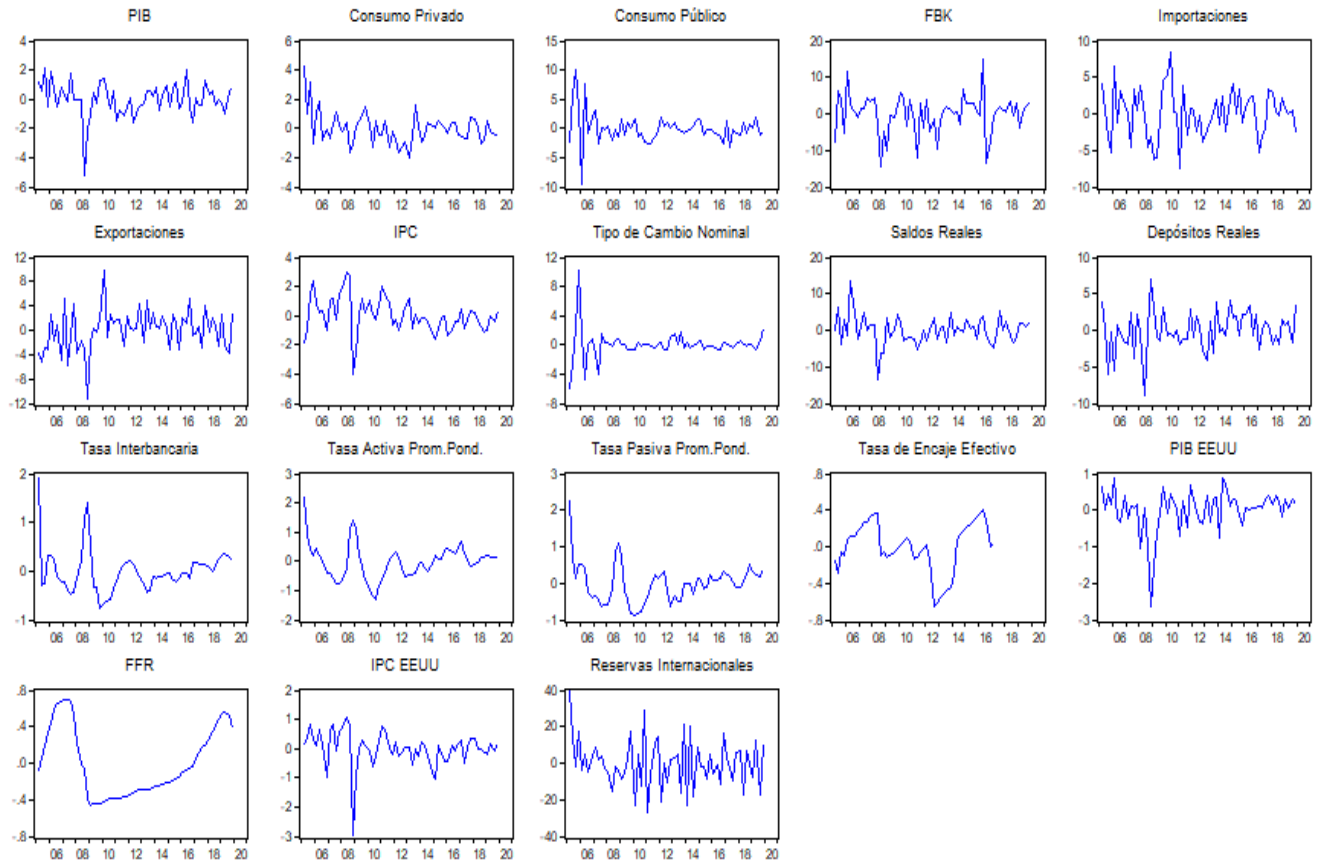
Se emplearon en la estimación del modelo 17 series de tiempo en frecuencia trimestral. La tabla 6 describe las transformaciones de los datos y la fuente. La desestacionalización se realizó usando el TRAMO-SEATS, mientras para deflactar se utilizó el IPC.

Cuadro 6: Series de tiempo consideradas en la estimación

Variables	Transformación	Fuente
PIB	$\Delta \log$, desestacionalizada	BCRD
Consumo Privado	$\Delta \log$, desestacionalizada	BCRD
Consumo Público	$\Delta \log$, desestacionalizada	BCRD
FBK	$\Delta \log$, desestacionalizada	BCRD
Importaciones	$\Delta \log$, desestacionalizada	BCRD
Exportaciones	$\Delta \log$, desestacionalizada	BCRD
IPC	$\Delta \log$	BCRD
Tipo de Cambio Nominal	$\Delta \log$	BCRD
Tasa interbancaria	$(1 + \frac{i_t}{100})^{0.25} - 1$	BCRD
Tasa Activa Prom.Pond.	$(1 + \frac{i_t}{100})^{0.25} - 1$	BCRD
Tasa Pasiva Prom.Pond.	$(1 + \frac{i_t}{100})^{0.25} - 1$	BCRD
Reservas Internacionales	$\Delta \log$, desestacionalizada	BCRD
Depósitos	$\Delta \log$, deflactada, desestacionalizada	BCRD
M1	$\Delta \log$, deflactada, desestacionalizada	BCRD
IPC EE.UU.	$\Delta \log$, desestacionalizada	FRED
PIB EE.UU.	$\Delta \log$, desestacionalizada	FRED
Tasa de Fondos Federales	$(1 + \frac{i_t}{100})^{0.25} - 1$	FRED
Encaje Legal (efectivo)	$(1 + \frac{i_t}{100})^{0.25} - 1$	FRED

Fuente: Elaboración propia.

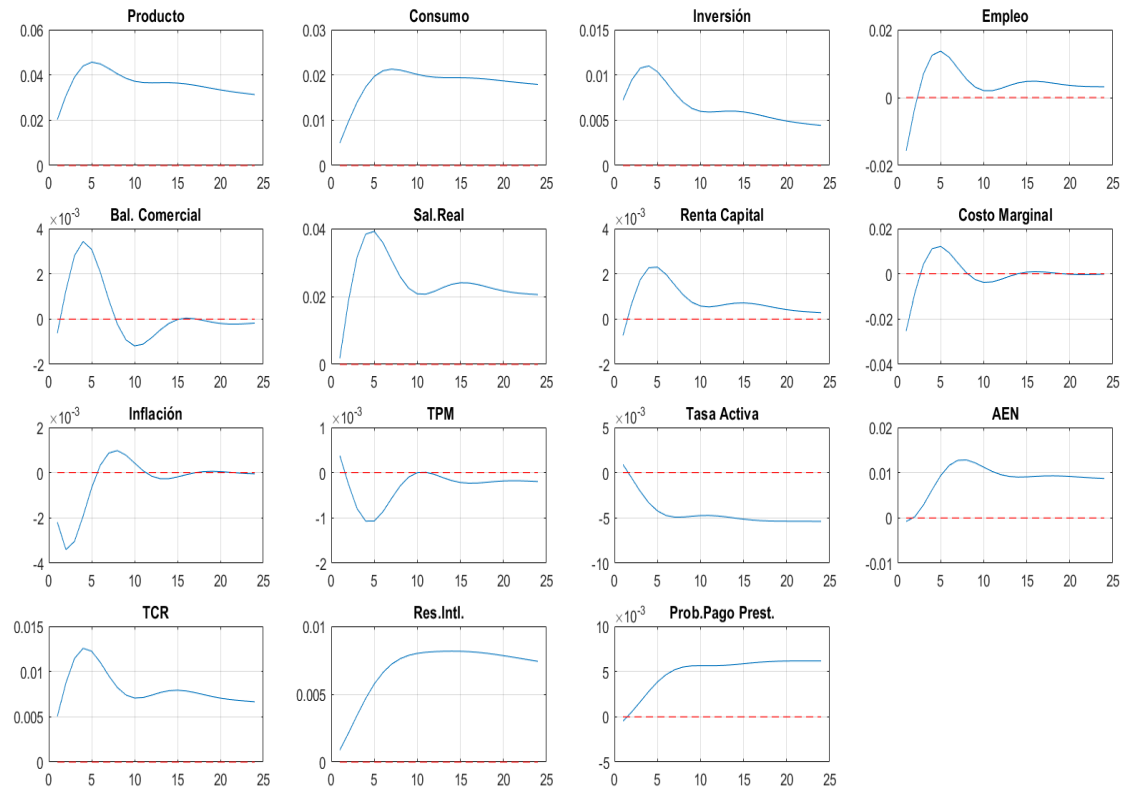
Figura 2: Series de tiempo empleadas en la estimación



Fuente: Elaboración propia con datos de BCRD y FRED.

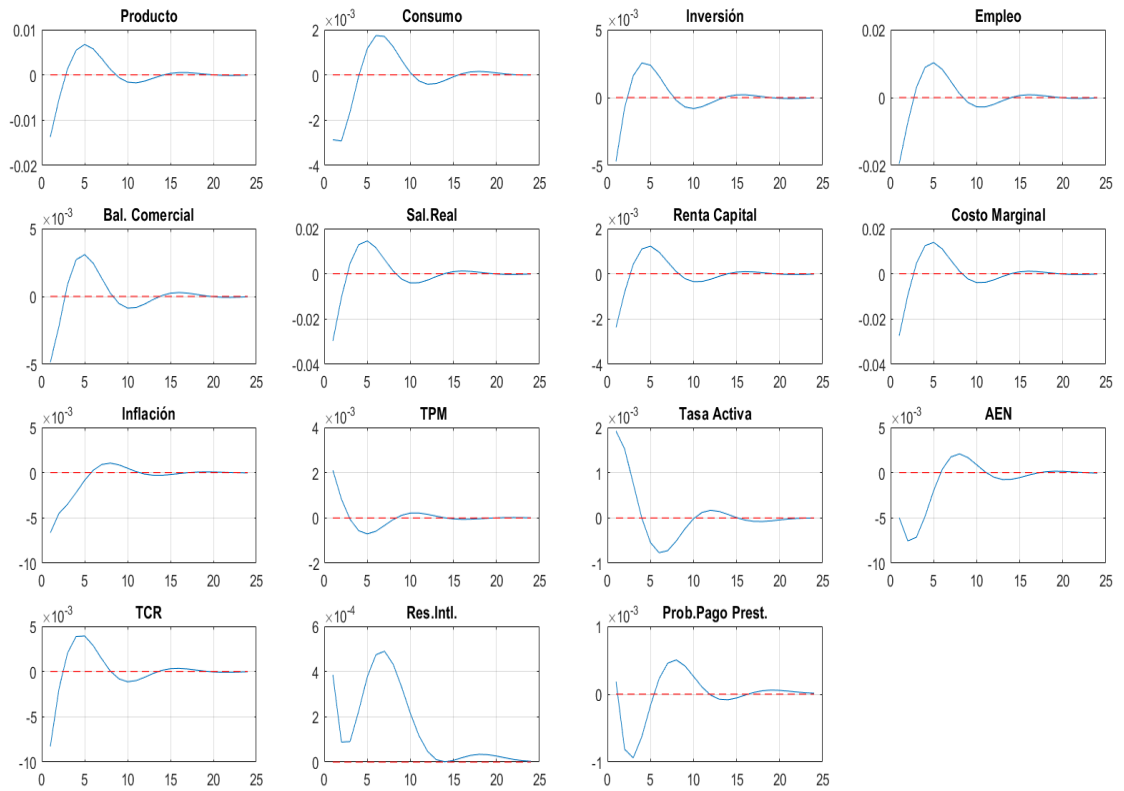
8.2. Propiedades del Modelo: Funciones Impulso - Respuesta

Figura 3: Shock de productividad



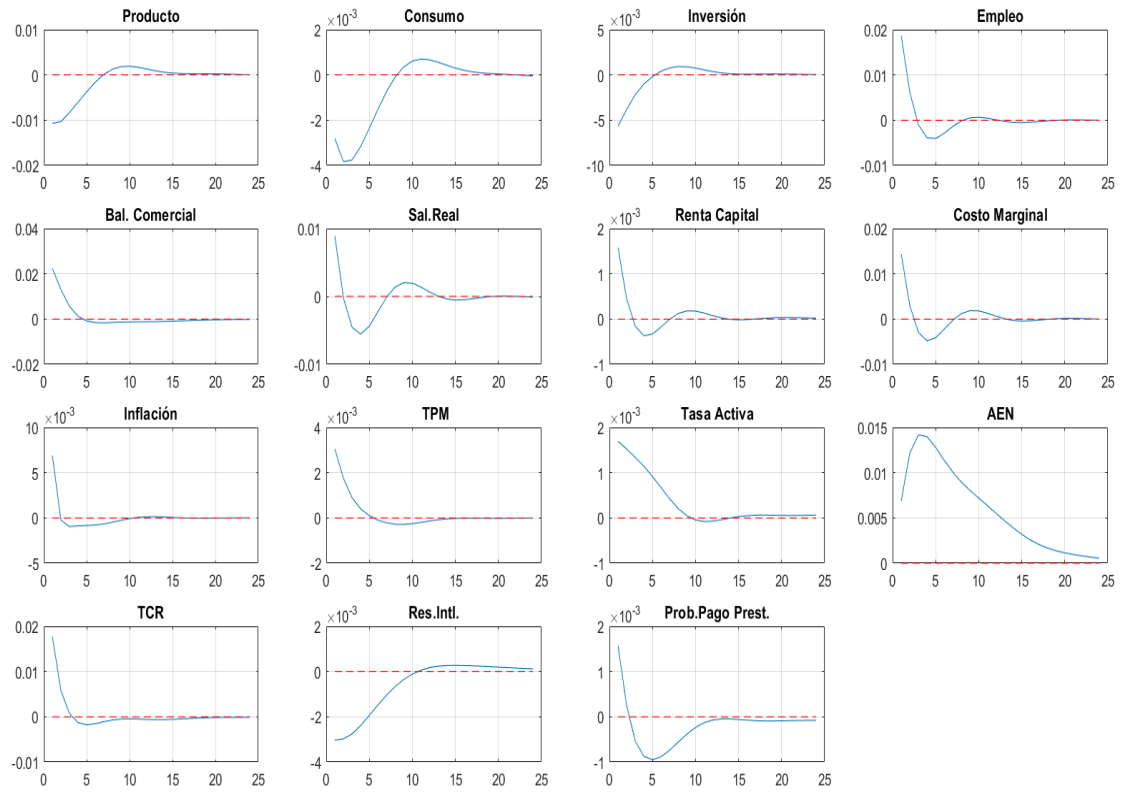
Fuente: Simulaciones del Modelo.

Figura 4: Shock de Política Monetaria



Fuente: Simulaciones del Modelo.

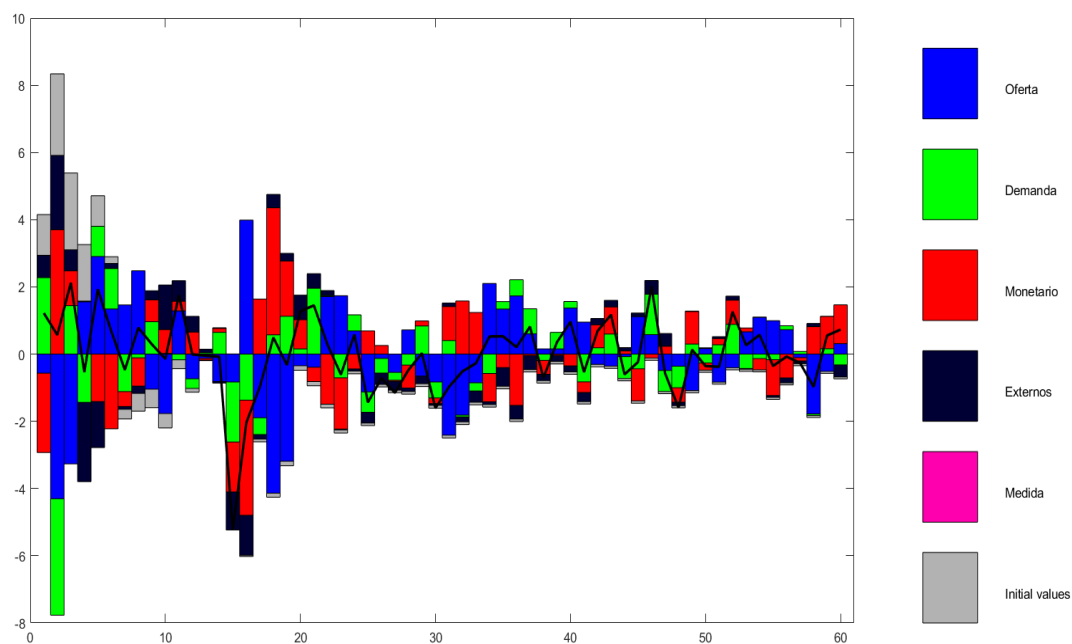
Figura 5: Shock de Tasa de Interés Externa



Fuente: Simulaciones del Modelo.

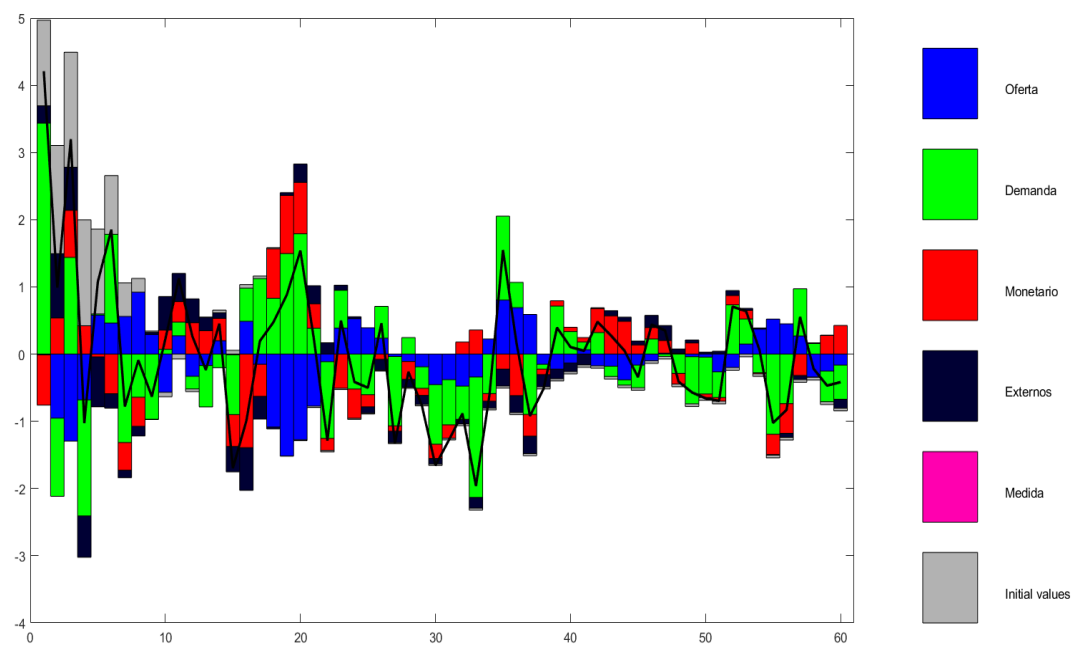
8.3. Propiedades del Modelo: Descomposición Histórica de Choques

Figura 6: Descomposición Histórica del PIB (variación trimestral, en %)



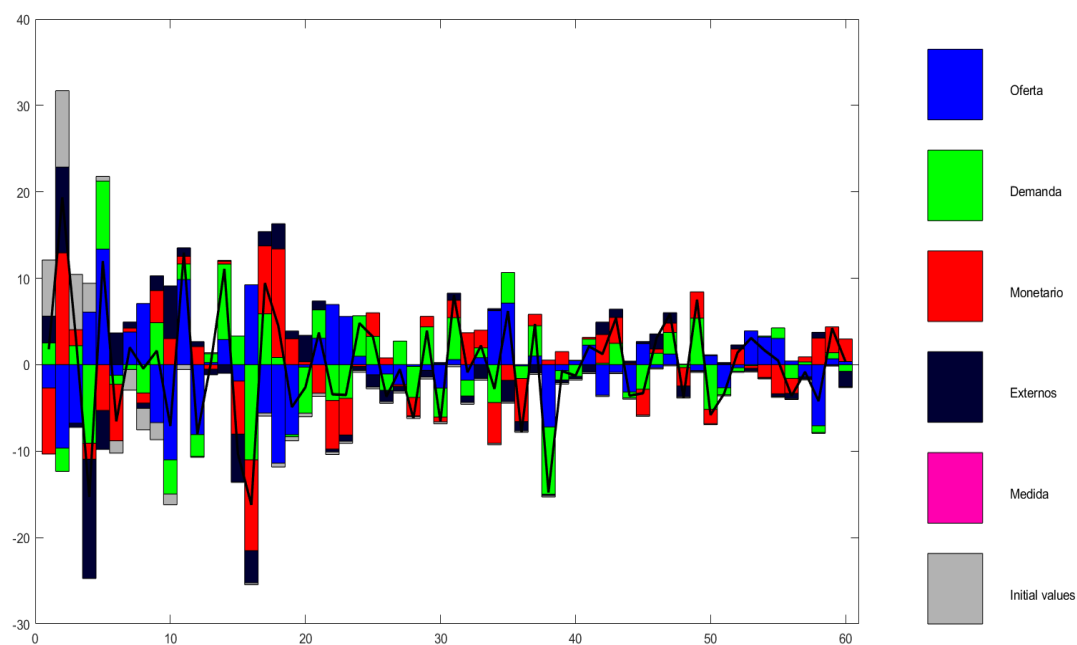
Fuente: Simulaciones del Modelo.

Figura 7: Descomposición Histórica del Consumo Privado (variación trimestral, en %)



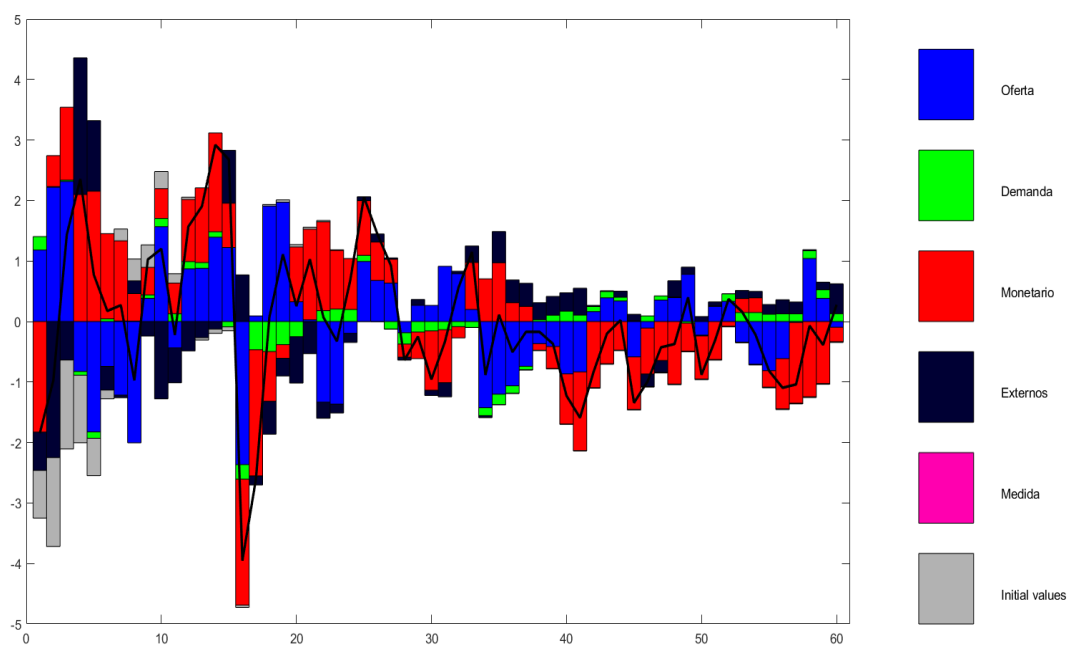
Fuente: Simulaciones del Modelo.

Figura 8: Descomposición Histórica de la Inversión (variación trimestral, en %)



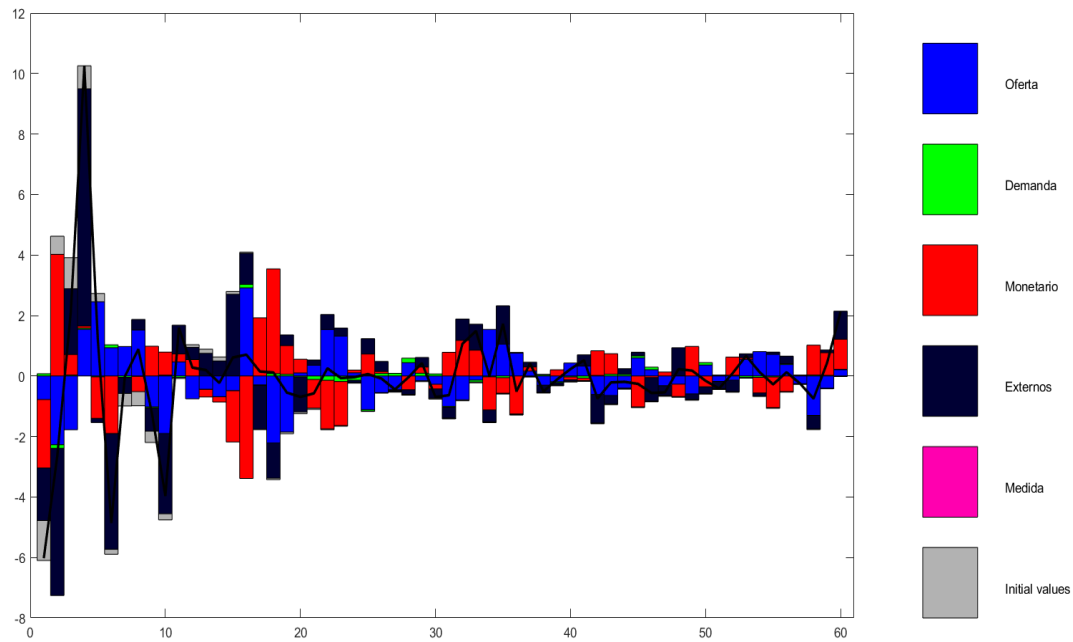
Fuente: Simulaciones del Modelo.

Figura 9: Descomposición Histórica del IPC (variación trimestral, en %)



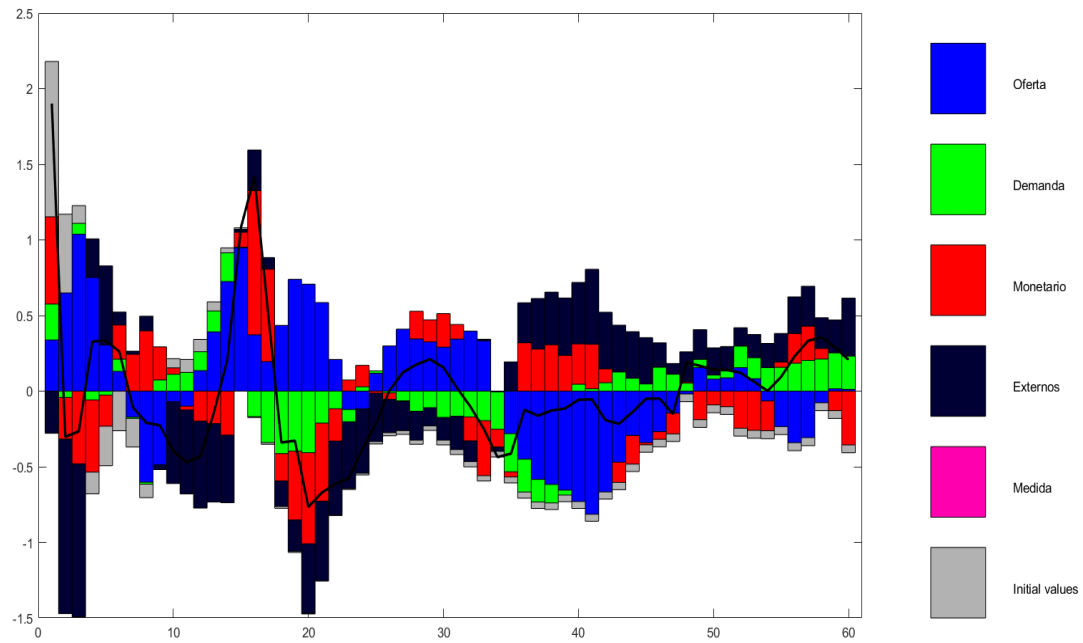
Fuente: Simulaciones del Modelo.

Figura 10: Descomposición Histórica del Tipo de Cambio Nominal (variación trimestral, en %)



Fuente: Simulaciones del Modelo.

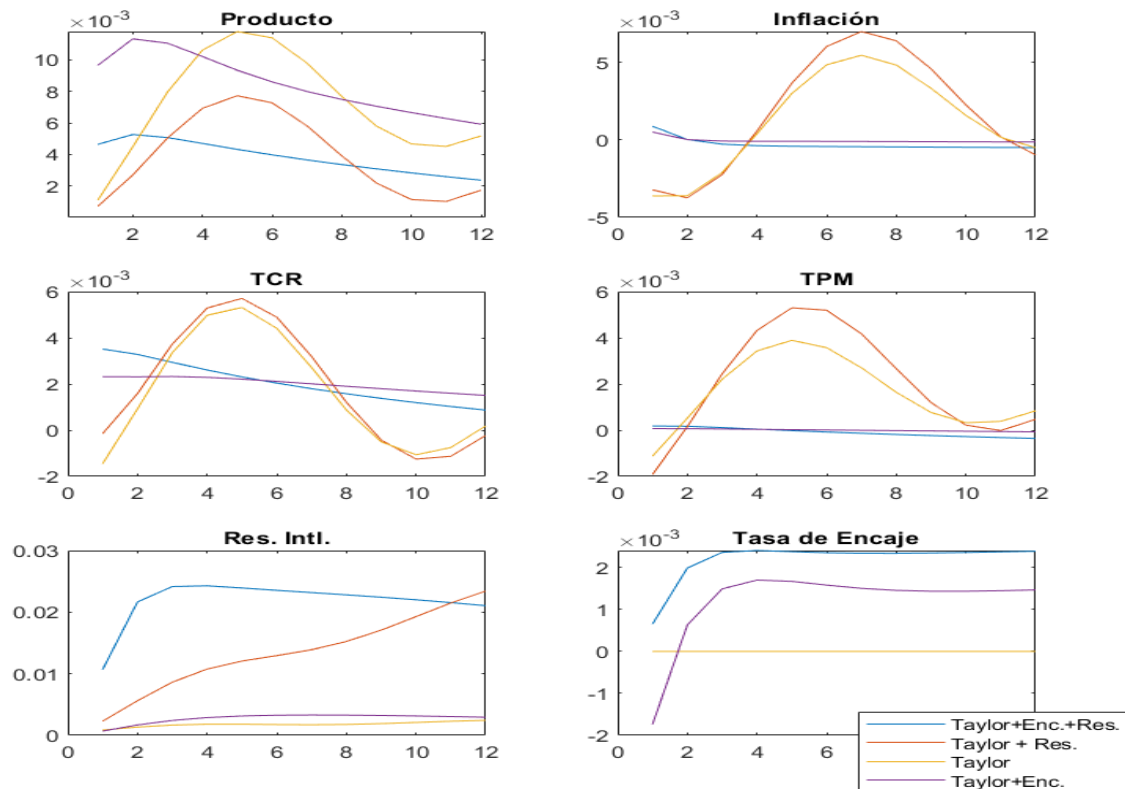
Figura 11: Descomposición Histórica de la Tasa Interbancaria (en %)



Fuente: Simulaciones del Modelo.

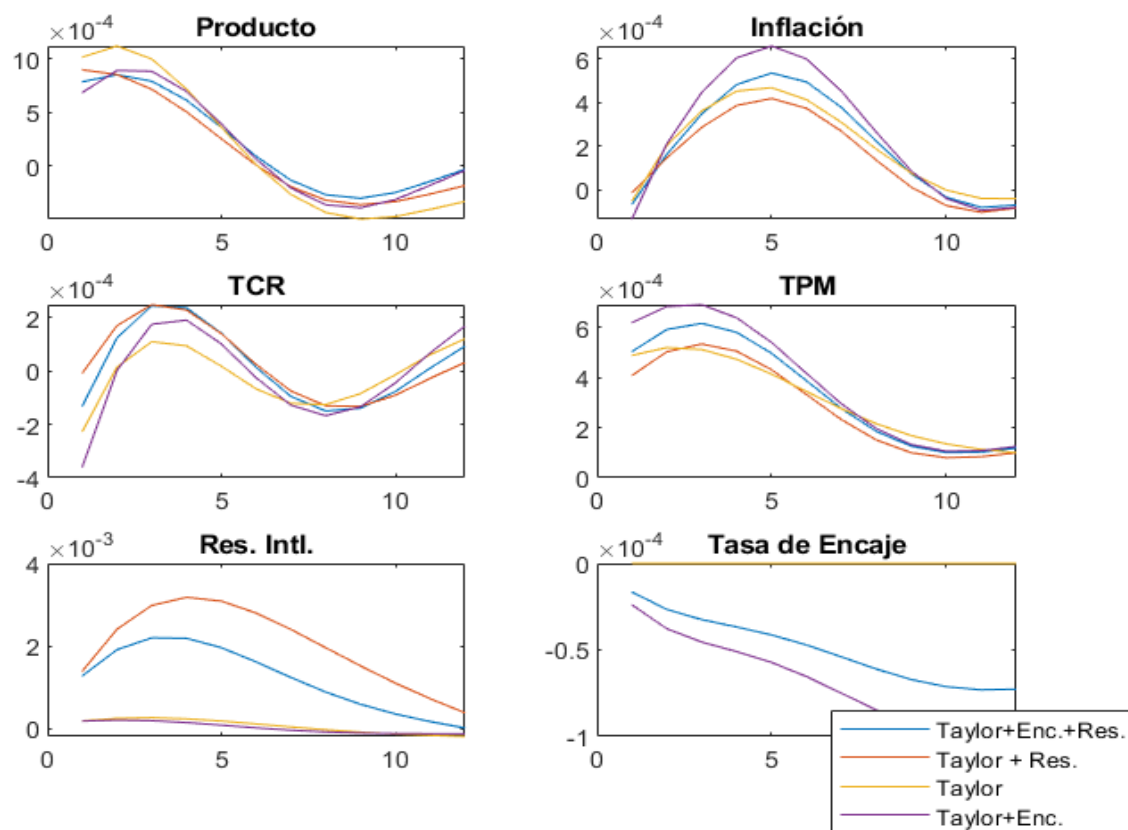
8.4. Gráficos de Impulso-Respuesta ante diversos choques e instrumentos de política óptimos (Desviaciones del SS)

Figura 12: Reglas de PM ante Choque de Productividad



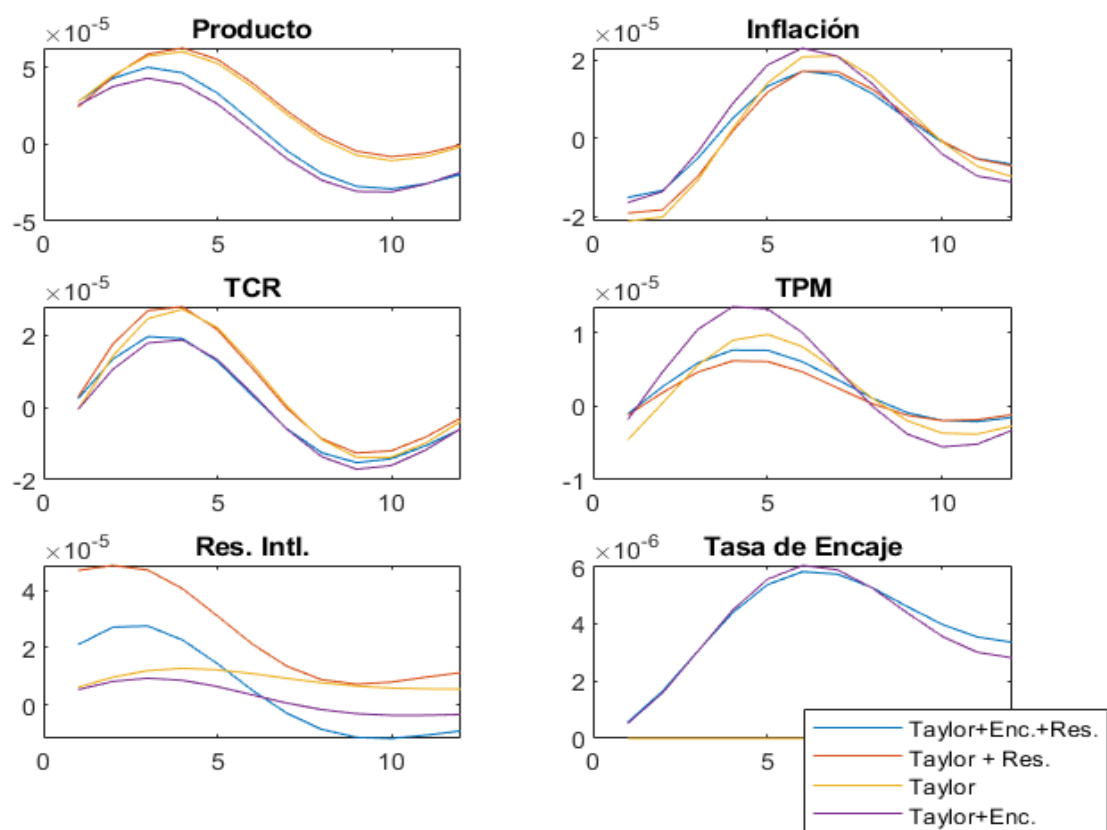
Fuente: Simulaciones del Modelo.

Figura 13: Reglas de PM ante Choque de la Banca



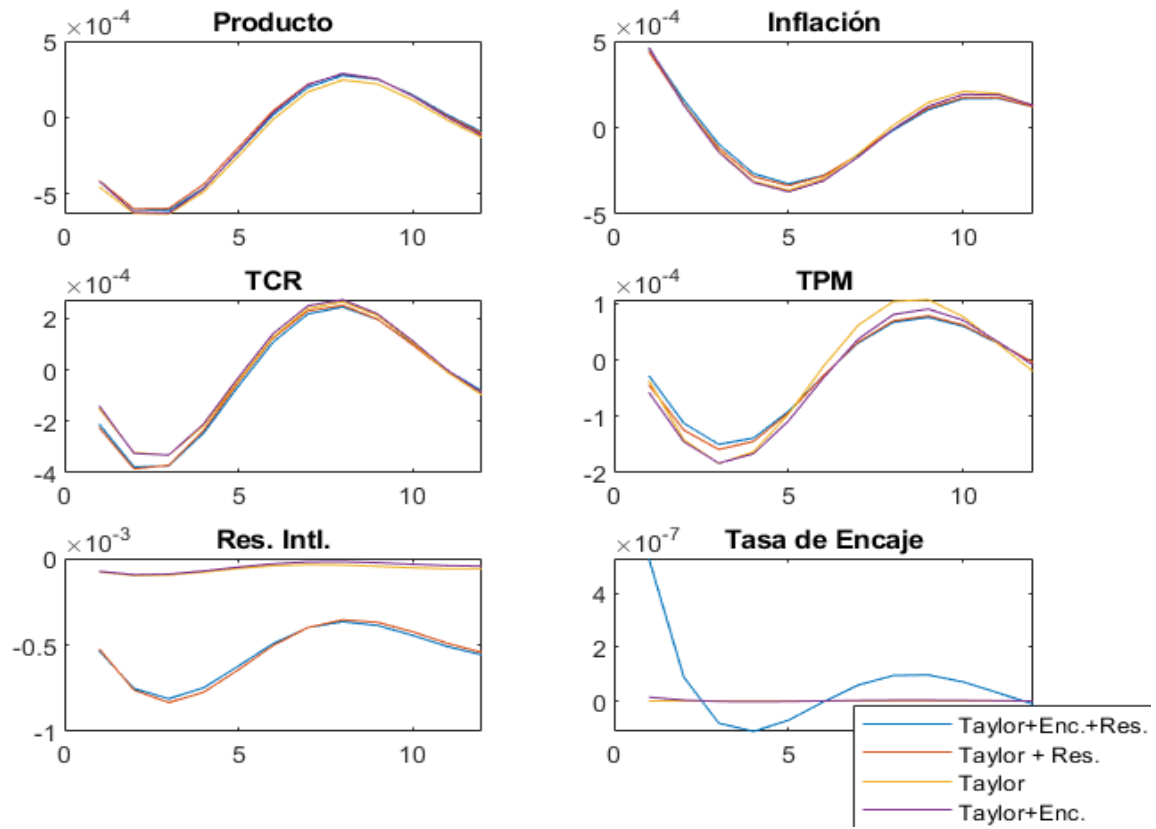
Fuente: Simulaciones del Modelo.

Figura 14: Reglas de PM ante Choque de Costos



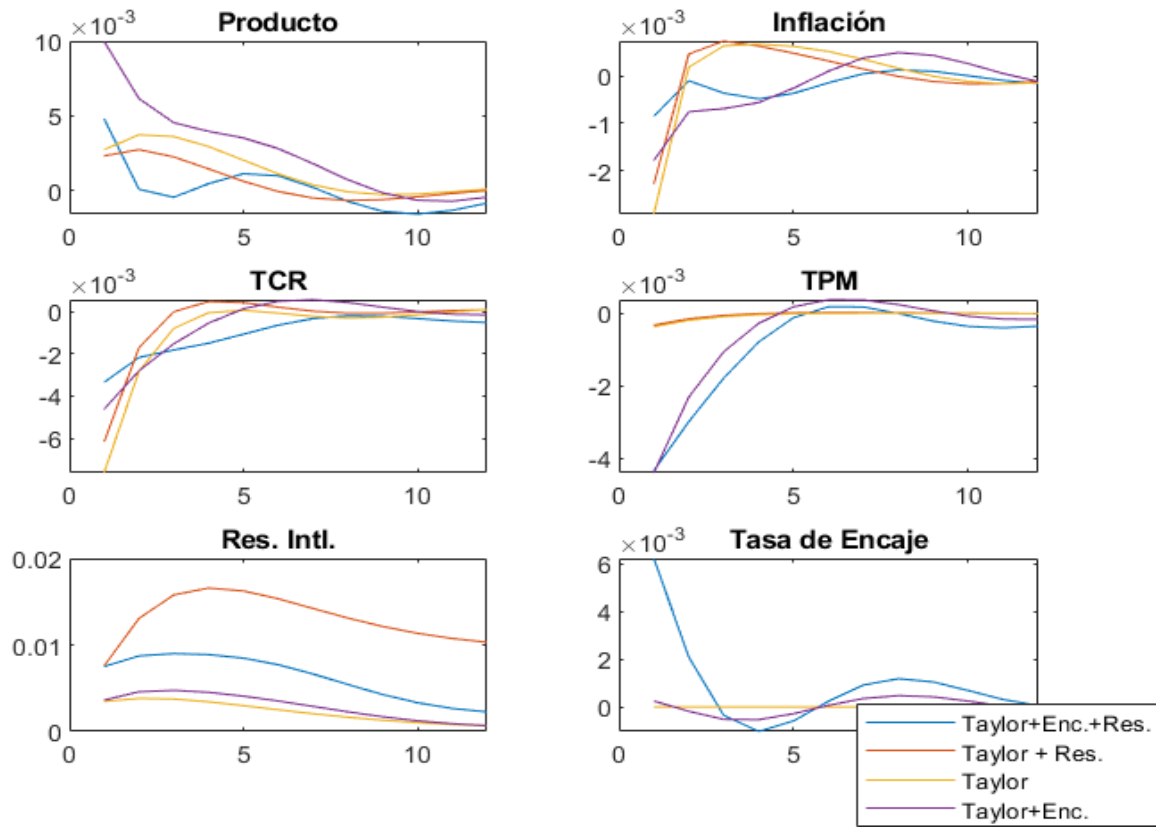
Fuente: Simulaciones del Modelo.

Figura 15: Reglas de PM ante Choque de Empleo



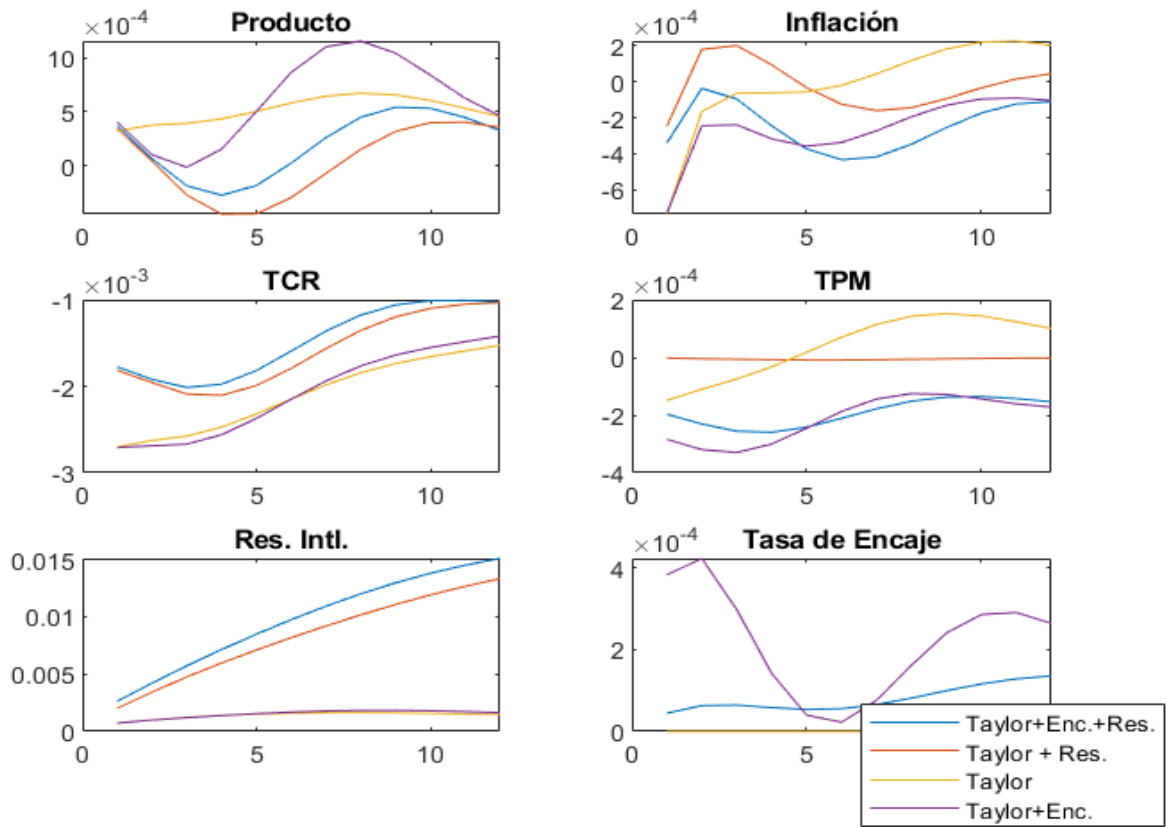
Fuente: Simulaciones del Modelo.

Figura 16: Reglas de PM ante Choque de Inflación Externa



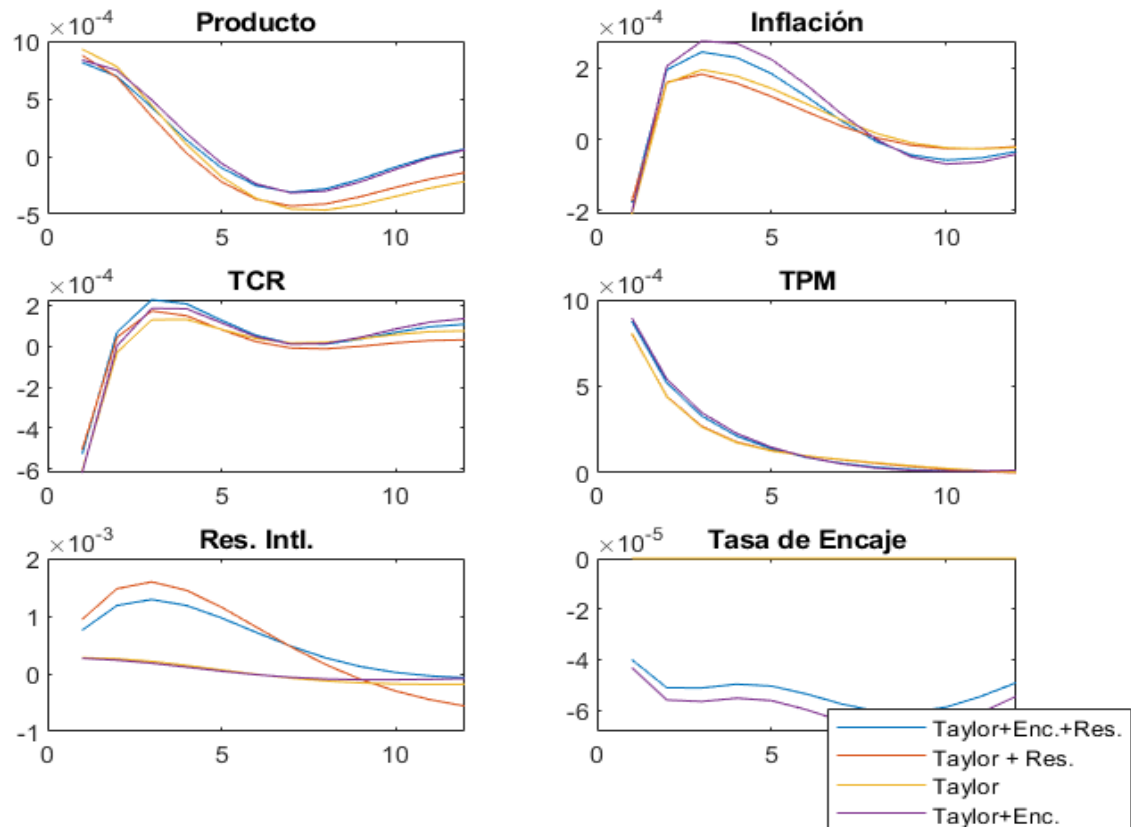
Fuente: Simulaciones del Modelo.

Figura 17: Reglas de PM ante Choque de PIB Externo



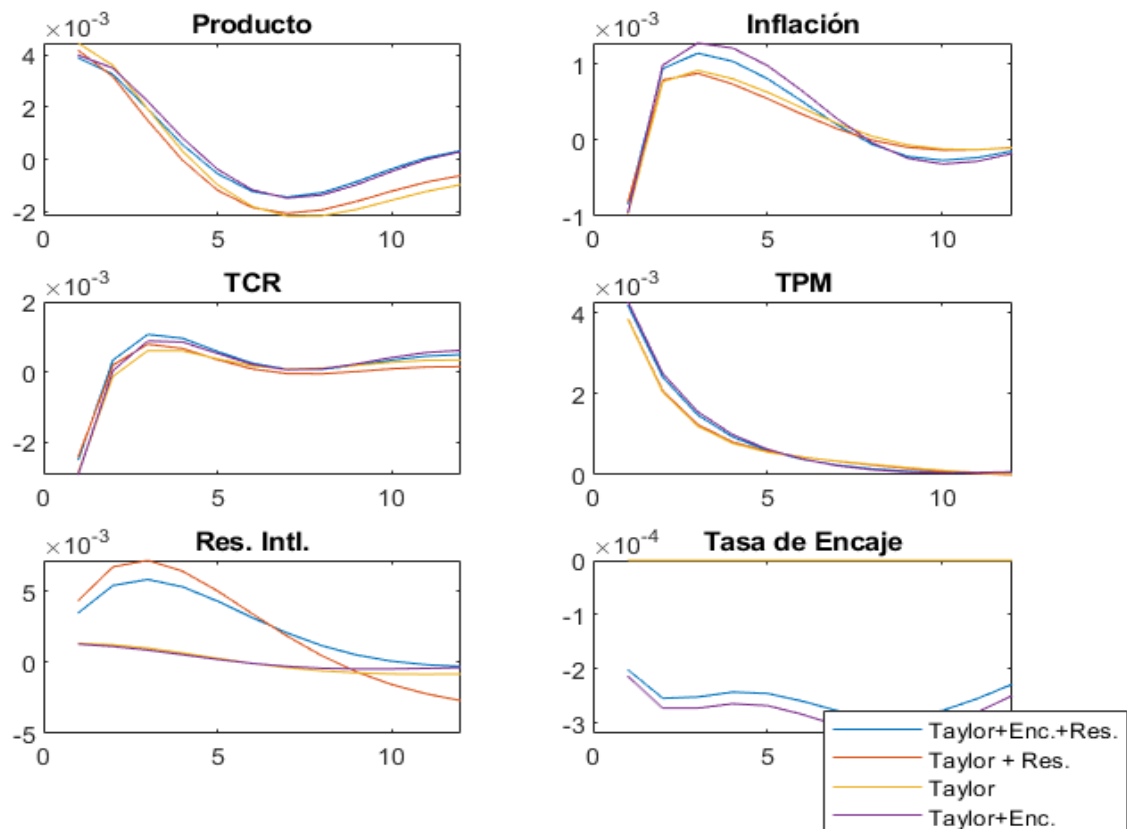
Fuente: Simulaciones del Modelo.

Figura 18: Reglas de PM ante Choque de Preferencias



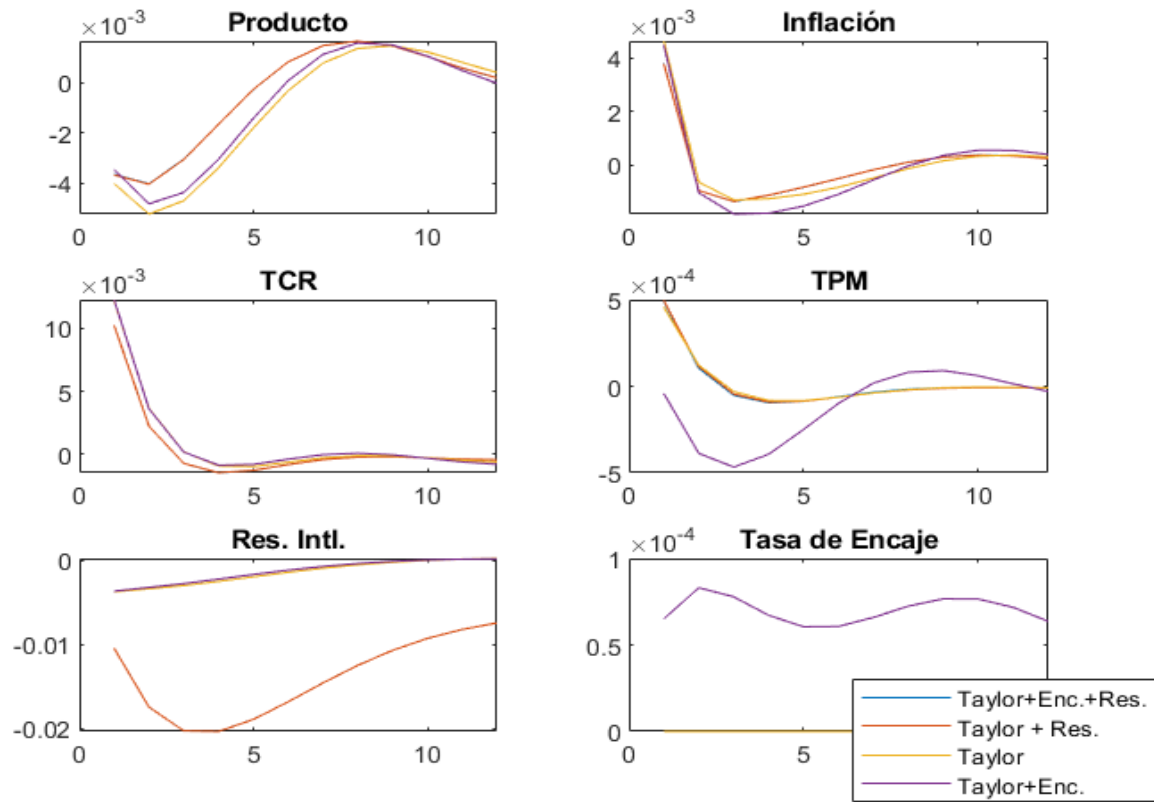
Fuente: Simulaciones del Modelo.

Figura 19: Reglas de PM ante Choque de Gasto Gobierno



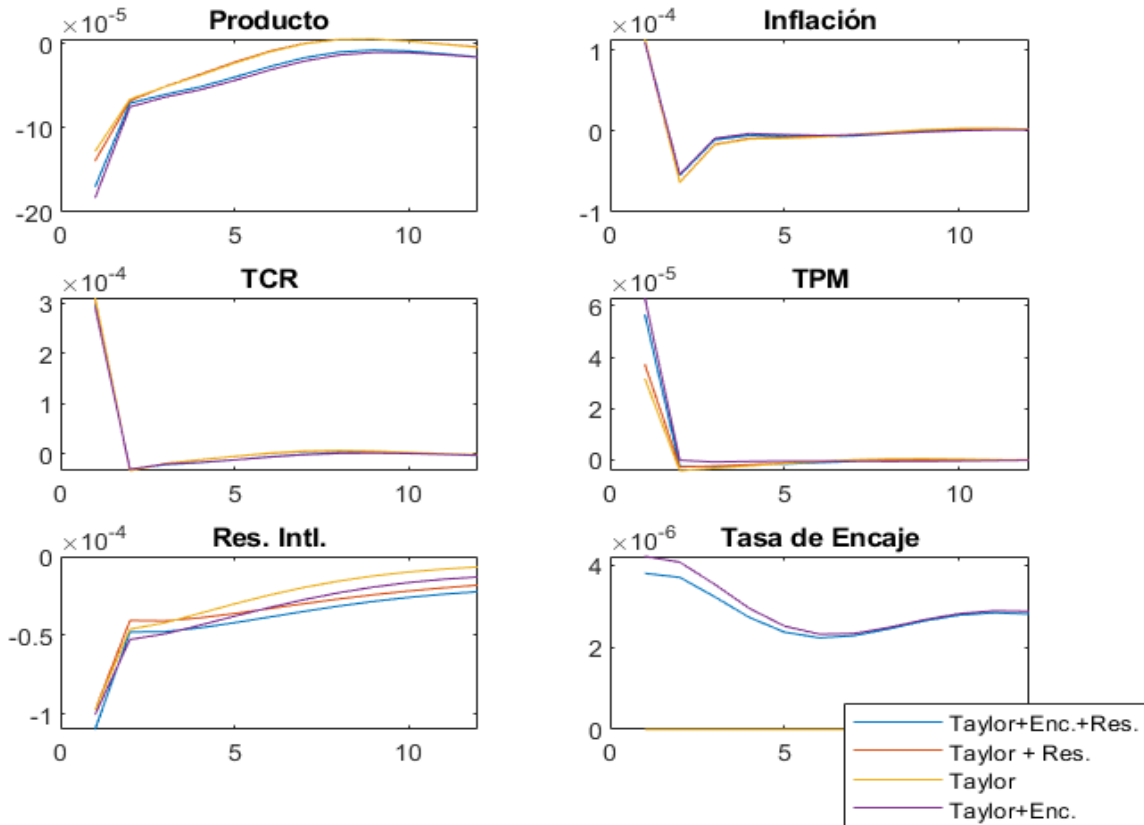
Fuente: Simulaciones del Modelo.

Figura 20: Reglas de PM ante Choque de Tasa Externa



Fuente: Simulaciones del Modelo.

Figura 21: Reglas de PM ante Choque de Riesgo



Fuente: Simulaciones del Modelo.

8.5. Tablas Resumen de Volatilidades Ejercicio de PM óptima ante distintos choques

Cuadro 7: Ejercicio de Política Monetaria óptima bajo Choque Productividad

Reglas	Variables Objetivos			Instrumentos			Ratio(respecto a Taylor)
	$Var(Y_t^T)$	$Var(\Pi_t)$	$Var(tcr_t)$	$Var(\Delta R_t)$	$Var(\Delta R_t^F)$	$Var(\Delta \mu_t)$	
Taylor	0.180	0.021	0.015	0.001			1.000
Taylor + Encaje	0.113	0.000	0.007	0.000		0.001	0.554
Taylor +Reservas	0.059	0.035	0.016	0.003	0.007		0.517
Taylor +Encaje+Reservas	0.022	0.002	0.007	0.000	0.025	0.000	0.164

Fuente: Resultado de las simulaciones de PM óptima.

Cuadro 8: Ejercicio de Política Monetaria óptima bajo Choque de Inflación Externa

Reglas	Variables Objetivos			Instrumentos			Ratio (respecto a Taylor)
	$Var(Y_t^T)$	$Var(\Pi_t)$	$Var(tcr_t)$	$Var(\Delta R_t)$	$Var(\Delta R_t^F)$	$Var(\Delta \mu_t)$	
Taylor	0.005	0.001	0.007	0.000			1.000
Taylor + Encaje	0.020	0.001	0.003	0.003		0.000	1.928
Taylor +Reservas	0.002	0.001	0.004	0.000	0.010		0.715
Taylor +Encaje+Reservas	0.004	0.000	0.002	0.002	0.006	0.006	0.758

Fuente: Resultado de las simulaciones de PM óptima.

Cuadro 9: Ejercicio de Política Monetaria óptima bajo Choque Riesgo

Reglas	Variables Objetivos			Instrumentos			Ratio(respecto a Taylor)
	$Var(Y_t^T)$	$Var(\Pi_t)$	$Var(tcr_t)$	$Var(\Delta R_t)$	$Var(\Delta R_t^F)$	$Var(\Delta \mu_t)$	
Taylor	2.6E-06	1.8E-06	9.8E-06	2.3E-07			1.000
Taylor + Encaje	6.4E-06	1.5E-06	8.8E-06	8.0E-07		1.9E-09	1.188
Taylor +Reservas	2.9E-06	1.7E-06	9.5E-06	3.0E-07	1.3E-06		0.997
Taylor +Encaje+Reservas	5.9E-06	1.6E-06	9.0E-06	6.7E-07	1.6E-06	1.5E-09	1.174

Fuente: Resultado de las simulaciones de PM óptima.