

Impactos de un Shock Externo en un Modelo Estocástico de Equilibrio General para una Economía Abierta: El Caso de Chile

J. Marcelo Ochoa Patricio Valenzuela

5 de julio de 2004

Resumen

Este documento analiza el impacto de un shock en la tasa de interés externa en la economía chilena. Con este fin, se estima un modelo empírico de Vectores Autoregresivos y adicionalmente se desarrolla un modelo estocástico de equilibrio general calibrado y parametrizado para la economía chilena. Del análisis de las funciones impulso-respuesta del modelo empírico se concluye que la autoridad monetaria no debiese reaccionar ante un shock transitorio en la tasa de interés externa. Más aún, si la autoridad monetaria reaccionase causaría una caída en el nivel de producto y un aumento de la tasa de inflación debido al "*price puzzle*" observado. De manera similar, las funciones impulso-respuesta y las simulaciones del modelo teórico utilizando reglas *á la Taylor* alternativas sugieren que la autoridad monetaria no debería reaccionar ante un aumento de la tasa de interés externa mientras valore la estabilidad de la tasa de inflación por sobre la volatilidad de la tasa de depreciación. Los resultados sugieren que una reacción moderada de la autoridad solamente lograría disminuir la volatilidad del tipo de cambio a un costo de una tasa de inflación más volátil.

Clasificación JEL: E13, E49, E52, F41, F47.

Keywords: Monetary Policy, Open Economy General Equilibrium Model, Foreign Interest Rate Shock, Monetary Policy Rules *á la Taylor* .

1. Introducción

El dinero nunca ha sido tan barato ni tan fácil de obtener. En promedio la tasa de interés a corto plazo en Estados Unidos, Japón y Europa se ha posicionado en sus valores más bajos en la historia. La Reserva Federal y otros Bancos Centrales disminuyeron sus tasas de interés después que burbujas especulativas en los mercados financieros y posibles problemas deflacionarios se avisaron el año 2000. Recientemente, Alan Greenspan aseguró que la economía se veía más robusta que hace un año atrás y que el riesgo de la deflación había pasado por lo que eventualmente las tasas de interés deberían empezar a subir. Y así fue, la tasa de interés que fija la Reserva Federal subió en 25 puntos base a principios de julio de este año. ¿Cómo afecta este incremento en la tasa de interés externa a una economía pequeña y abierta como la chilena?. Más aún, ¿debería la autoridad monetaria responder subiendo la tasa de interés de política monetaria?.

En este documento tratamos de explorar las implicancias de un incremento en la tasa de interés externa y una posible respuesta de la autoridad monetaria incrementando la tasa de interés doméstica. Inicialmente, utilizamos funciones impulso-respuesta de un modelo empírico de Vectores Autoregresivos que nos permitan comprender las implicancias de un shock positivo en la tasa de interés externa y la tasa de interés doméstica. Adicionalmente, desarrollamos un modelo de equilibrio general que nos permita analizar no solamente los efectos de un incremento en la tasa de interés externa sino también los efectos de una respuesta de la autoridad monetaria a este tipo de shocks. Asimismo, utilizamos los resultados encontrados en el modelo de Vectores Autoregresivos para comparar la coherencia del modelo teórico con la evidencia empírica.

Para analizar cuál es el impacto de un shock en la tasa de interés - doméstica y externa - la literatura económica para Chile se ha dividido en dos ramas. La primera rama, basada en un análisis empírico, consiste en la utilización de modelos VAR los que han sido ampliamente utilizados para responder, principalmente, cuál es el impacto de la tasa de interés doméstica sobre el producto, la inflación y el tipo de cambio nominal. Calvo y Mendoza (1998) utilizando un modelo con seis rezagos, y datos mensuales, encuentran que un aumento de 30pb en la tasa de colocación reajutable tiene un efecto negativo sobre el producto, dan cuenta de un "puzzle de precios" en la inflación y el tipo de cambio se aprecia aunque el impacto no es significativo. Además, Bravo y García (2003) realizan una revisión de la transmisión monetaria y el pass-through en Chile donde mencionan los principales estudios que han utilizado modelos VAR para la economía chilena haciendo referencia a Rosende y Herrera (1991), Rojas (1993), Valdés (1997) y García (2001).

La segunda rama se basa en modelos macroeconómico de equilibrio general. Los principales trabajos para la economía chilena corresponden a modelos RBC utilizados para replicar algunos hechos estilizados, donde destacan los trabajos de Chumacero y Fuentes (2002), Bergoing y Soto (2002), y Duncan (2002). Este último concluye que un shock positivo y transitorio de la tasa de interés doméstica genera una reducción temporal (no significativa) del producto real, un descenso transitorio de los saldos reales de dinero, y un aumento temporal de la tasa de inflación. Además, Schmidt-Hebbel y Servén (2000) estiman que un incremento de la tasa de interés externa de 5% a 6% produce una caída del producto, una mejora de la cuenta corriente, un aumento del tipo de cambio real, y un aumento de la tasa de inflación para luego caer y ubicarse en torno al estado estacionario de un 3%.

Utilizando las dos metodologías existentes en la literatura (empírica y teórica) existente para Chile y con el objetivo de responder cuál es el efecto de un shock en la tasa de interés externa este trabajo se estructura de la siguiente manera: En la segunda sección se formula un modelo estocástico de equilibrio general para una economía abierta. La tercera sección presenta los resultados tanto del modelo empírico como del modelo teórico. La cuarta sección concluye.

2. Un Modelo Estocástico de Equilibrio General para una Economía Abierta

En esta sección presentamos un modelo de equilibrio general para una economía abierta que nos ayudará a entender la manera en la que un aumento de la tasa de interés externa afecta la economía. Una cualidad del modelo es que la tasa de interés externa se supone exógena y no es afectada por ninguna decisión hecha en la economía doméstica. Esta característica es importante ya que deseamos un modelo que pueda explicar una economía pequeña y abierta como la chilena.

2.1. El Sector Privado

Consideramos una economía simple en la que los agentes derivan utilidad del consumo de bienes (c_t), el ocio (l_t) y la tenencia de dinero en términos reales (m_t). Consecuentemente, el problema del agente representativo está dado por:

$$\mathcal{E}_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t u(c_t, \ell_t, m_t) \quad 0 < \beta < 1 \quad (1)$$

donde β es el factor subjetivo de descuento, \mathcal{E}_t es la expectativa condicional a la información en t y $u(\cdot)$ es una función estrictamente creciente y estrictamente cóncava en todos sus argumentos. Cada individuo está dotado de una unidad de tiempo que se divide entre ocio (ℓ_t) y trabajo (L_t). Es importante notar que escogimos introducir el dinero en la función de utilidad lo que implícitamente supone que el dinero cumple el rol de reserva de valor y medio de cambio. Por otro lado, Walsh (1998) muestra que esta especificación es equivalente a la que se obtiene de modelos que imponen costos de transacción.

El agente representativo enfrenta la siguiente restricción presupuestaria,

$$\begin{aligned} c_t + i_t + b_t + b_t^* + m_t + \Psi(\pi_t) \leq & (1 - \tau)(w_t L_t + r_t K_t + q_t y_2) + T_t + \frac{m_{t-1}}{1 + \pi_t} \quad (2) \\ & + \frac{(1 + R_t)b_{t-1}}{1 + \pi_t} + \frac{(1 + R_t^*)(1 + e_t)b_{t-1}^*}{1 + \pi_t} + D_t \end{aligned}$$

donde i_t es la inversión en bienes de capital, b_t y b_t^* representan el stock real de activos en moneda doméstica y moneda extranjera, respectivamente, $\Psi(\pi_t)$ es el costo de ajustar precios, τ es la tasa impositiva que recae sobre el ingreso, w_t es el salario en términos reales, L_t es el nivel de empleo, r_t es el costo real del capital, K_t es el stock de capital físico, q_t es el precio relativo de los bienes exportables con relación a los bienes importables (i.e., los términos de intercambio), T_t son transferencias de "suma alzada" realizadas por el gobierno, π_t es la tasa de inflación, e_t es la tasa de depreciación nominal de la moneda, R_t y R_t^* son la tasa de interés doméstica y extranjera, respectivamente, y D_t son las ganancias de las firmas.

Siguiendo a Schmitt-Grohé y Uribe (2001) introducimos la función $\Psi(\pi_t)$ en la restricción presupuestaria que refleja el grado de rigidez en precios. Esta función es estrictamente convexa y tiene la particularidad que en estado estacionario la rigidez de precios no implica ningún costo en recursos para los agentes, es decir, $\Psi(\pi_{ss}) = 0$. De manera particular, suponemos la siguiente forma funcional,

$$\Psi(\pi_t) = \frac{\rho_\pi}{2} (\pi_t - \pi_{ss})^2 \quad (3)$$

Asimismo, asumimos que los términos de intercambio (q_t) y la tasa de interés

extranjera (R_t^*) son variables exógenas que siguen un proceso autoregresivo de la forma,

$$q_t = (1 - \phi_q)q_0 + \phi_q q_{t-1} + \varepsilon_{qt} \quad \varepsilon_{qt} \sim \mathcal{N}(0, \sigma_q^2) \quad 0 < \phi_q < 1 \quad (4)$$

$$R_t^* = (1 - \phi_{R^*})R_0^* + \phi_{R^*} R_{t-1}^* + \varepsilon_{R^*t} \quad \varepsilon_{R^*t} \sim \mathcal{N}(0, \sigma_{R^*}^2) \quad 0 < \phi_{R^*} < 1 \quad (5)$$

donde $q_0 > 0$ y $R_0^* > 0$ son los valores de estado estacionario de los términos de intercambio y la tasa de interés externa, respectivamente. Definiremos el proceso que sigue la tasa de interés doméstica (R_t) cuando discutamos acerca de la manera en la que se lleva a cabo la política monetaria. Por otro lado, el stock de capital (K_t) se caracteriza por la siguiente ley de movimiento,

$$K_{t+1} = (1 - \delta)K_t + i_t \quad (6)$$

donde i_t representa la tasa de inversión y δ la tasa a la cual se deprecia el capital.

Existen dos bienes en la economía, uno que es producido domésticamente y puede ser importado (y_{1t}) y otro bien exportable que es constante y no se consume domésticamente (y_2). El bien importable se produce de acuerdo a la siguiente tecnología tipo Cobb-Douglas,

$$y_{1t} = F(K_t, L_t, z_t) = A_0 e^{z_t} K_t^\alpha L_t^{1-\alpha} \quad A_0 > 0, \quad 0 < \alpha < 1 \quad (7)$$

$$z_t = \phi_z z_{t-1} + \varepsilon_{zt} \quad \varepsilon_{zt} \sim \mathcal{N}(0, \sigma_z^2) \quad 0 < \phi_z < 1 \quad (8)$$

donde z_t es un shock tecnológico que sigue un proceso autoregresivo. Por lo tanto, la firma representativa enfrenta el siguiente problema,

$$\max_{\{L_t, K_t\}} D_t = y_{1t} - w_t L_t - r_t K_t \quad (9)$$

Asumiendo que la función de utilidad es log-lineal en sus argumentos,¹ el consumidor debe escoger una secuencia de $\{c_t, m_t, L_t, K_{t+1}, b_t, b_t^*\}_{t=0}^\infty$ que resuelva el siguiente problema,

¹Concentramos nuestra atención a preferencias que presentan una aversión relativa al riesgo constante. Asumimos que,

$$u(c_t, m_t, \ell_t) = \frac{(c_t m_t)^{1-\sigma}}{1-\sigma} + \Psi \frac{(\ell_t)^{1-\eta}}{1-\eta}$$

donde $b, \eta, \sigma, \Psi > 0$ y $b(1 - \sigma) > 0$. En especial consideramos el caso en el que $\sigma = 1$.

$$\text{máx} \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t [\log c_t + \phi \log m_t + \eta \log(1 - L_t)] \quad (10)$$

sujeto a (2) y tomando como dados los procesos (4), (5), w_t y r_t así como las condiciones iniciales $K_{t=0}$, $q_{t=0}$, $R_{t=0}^*$ y $R_{t=0}$. Las condiciones de primer orden asociadas a este problema están dadas por,

$$c_t : \quad \frac{1}{c_t} - \lambda_t = 0 \quad (11)$$

$$m_t : \quad \frac{\phi}{m_t} - \lambda_t + \beta \mathcal{E}_t \left(\frac{\lambda_{t+1}}{1 + \pi_{t+1}} \right) = 0 \quad (12)$$

$$L_t : \quad -\frac{\eta}{1 - L_t} + (1 + \tau)w_t \lambda_t = 0 \quad (13)$$

$$K_{t+1} : \quad -\lambda_t + \beta \mathcal{E}_t \{ \lambda_{t+1} [(1 - \delta) + r_{t+1}(1 - \tau)] \} = 0 \quad (14)$$

$$b_t : \quad -\lambda_t + \beta(1 + R_{t+1}) \mathcal{E}_t \left(\frac{\lambda_{t+1}}{1 + \pi_{t+1}} \right) = 0 \quad (15)$$

$$b_t^* : \quad -\lambda_t + \beta(1 + R_{t+1}^*) \mathcal{E}_t \left(\frac{\lambda_{t+1}(1 + e_{t+1})}{1 + \pi_{t+1}} \right) = 0 \quad (16)$$

donde λ_t es el multiplicador de Lagrange que rcae sobre la restricción presupues-taria (2) y representa la utilidad marginal de la riqueza. Combinando las condi-ciones (11), (12) y (15) es posible obtener la demanda de dinero que tiene la siguiente forma,

$$m_t = \phi c_t \left(\frac{1 + R_{t+1}}{R_{t+1}} \right) \quad (17)$$

Asimismo, la combinación de las condiciones (15) y (16) dan como resultado la siguiente condicion de arbitraje entre la tasa de interés doméstica y externa,²

$$(1 + R_{t+1}) \mathcal{E}_t \left(\frac{1}{c_{t+1} (1 + \pi_{t+1})} \right) = (1 + R_{t+1}^*) \mathcal{E}_t \left(\frac{1 + e_{t+1}}{c_{t+1} (1 + \pi_{t+1})} \right) \quad (18)$$

Por otra parte, las condiciones de primer orden del problema que enfrentan las firmas (9) son,

²Es posible manipular esta condición y obtener la familiar condición de paridad de tasas de interés no cubierta.

$$w_t = (1 - \alpha)A_0e^{z_t} \left(\frac{K_t}{L_t} \right)^\alpha \quad (19)$$

$$r_t = \alpha A_0 e^{z_t} \left(\frac{L_t}{K_t} \right)^{1-\alpha} \quad (20)$$

2.2. El Gobierno: Política Monetaria y Fiscal

Para analizar la respuesta de la autoridad monetaria a un shock asumimos que la autoridad sigue una regla simple *à la* Taylor. Con fines comparativos, suponemos que la autoridad monetaria puede seguir una de dos tipos de regla. La primera es una regla usualmente utilizada en la literatura, una regla que vincula la tasa de interés con la inflación y el producto. Adicionalmente, siguiendo el espíritu de Ball (2000), añadimos a la regla de Taylor simple un término que acople el comportamiento del tipo de cambio. Las dos diferentes respuestas alternativas de la autoridad monetaria están representadas por las siguientes expresiones,

$$R_{t+1} = (1 - \theta_3)R_0 + \theta_1(\pi_t - \pi_{ss}) + \theta_2(y_t - y_{ss}) + \varepsilon_{R_t} \quad (21a)$$

$$R_{t+1} = (1 - \theta_3)R_0 + \theta_1(\pi_t - \pi_{ss}) + \theta_2(y_t - y_{ss}) + \theta_4(e_t - e_{ss}) + \varepsilon_{R_t} \quad (21b)$$

donde $\varepsilon_{R_t} \sim \mathcal{N}(0, \sigma_R^2)$, $\theta_1 > 0$, $\theta_2 > 0$, $\theta_3 > 0$ y $\theta_4 < 0$. Las relaciones anteriores implican que un incremento en la tasa de interés o una política monetaria contractiva está asociada a un aumento de la tasa de inflación por encima del nivel de estado estacionario (i.e., $\pi_t - \pi_{ss} > 0$), una brecha del producto positiva (i.e., $y_t - y_{ss} > 0$) y una caída en la devaluación de la moneda (i.e., $e_t - e_{ss} < 0$). En lo que sigue del documento nos referiremos a la ecuación (21a) como la Regla 1 y a la ecuación (21b) como la Regla 2.

Por otro lado, la restricción presupuestaria del gobierno está dada por,

$$g_t + T_t = \tau(y_{1t} + y_{2t}) + m_t - \frac{m_{t-1}}{1 + \pi_t} + b_t - \frac{(1 + R_t)b_{t-1}}{1 + \pi_t} + b_t^* - \frac{(1 + R_t^*)(1 + e_t)b_{t-1}^*}{1 + \pi_t} \quad (22)$$

donde g_t es el gasto del gobierno que se financia por medio de ingresos tributarios, señoreaje, bonos denominados en moneda nacional y extranjera. Asumimos que el gasto del gobierno sigue un proceso exógeno representado por,

$$g_t = (1 - \phi_g)g_0 + \phi_g g_{t-1} + \varepsilon_{gt} \quad \varepsilon_{gt} \sim \mathcal{N}(0, \sigma_g^2) \quad 0 < \phi_g < 1 \quad (23)$$

Para finalizar la descripción del modelo, el Anexo A presenta las condiciones de estado estacionario de cada una de las variables.

3. Incrementos de la Tasa de Interés Externa: Evidencia de un Modelo Empírico y Teórico

Para analizar el efecto de un incremento de la tasa de interés externa y un posible incremento de la tasa de interés doméstica en la economía chilena utilizamos dos enfoques. Primero, realizamos una primera inspección utilizando funciones impulso-respuesta de un modelo de Vectores Autoregresivos (VAR) de los posibles efectos que puedan tener un aumento de la tasa de interés externa y doméstica. Seguidamente, utilizamos el modelo teórico expuesto en la anterior sección para explorar no solamente el efecto de un incremento de la tasa de interés externa y doméstica. Más aún, intentamos explorar los efectos de una respuesta de la autoridad monetaria a través de cambios en la tasa de interés doméstica. Asimismo, analizamos el comportamiento del modelo utilizando una regla *á la* Taylor simple frecuentemente utilizada en la literatura y añadimos una regla que toma en cuenta variaciones en el tipo de cambio.

3.1. Hechos Estilizados: Resultados del Modelo Empírico

Iniciamos el análisis estimando un modelo VAR para caracterizar a la economía chilena durante el período comprendido entre abril de 1993 y diciembre de 2003, obteniendo funciones impulso-respuesta con sus respectivos intervalos de confianza. El VAR estimado corresponde a un modelo de cinco variables que también considera una tendencia y variables dicotómicas estacionales. Las variables utilizadas son: el log de los términos de intercambio (aproximado por la razón entre el precio del cobre y el precio del petróleo), el log de la tasa de inflación, el log del agregado monetario M1A en términos reales, el log del Índice Mensual de Actividad Económica (IMACEC), el log de la tasa de interés interbancaria en Unidades de Fomento (UF) y la tasa de interés de bonos del Tesoro de Estados Unidos.³

³El Anexo C se presenta la fuente de los datos.

Los pasos realizados para estimar el VAR fueron los siguientes: Primero, se obtuvieron los criterios de información (i.e., Akaike, Schwarz y Hannan-Quin) para determinar el número óptimo de rezagos. Segundo, testeamos la estacionariedad de la representación asegurándonos que los valores propios del modelo se encuentren dentro del círculo unitario (Hamilton, 1994). Finalmente, estimamos las funciones impulso respuesta del modelo VAR, frente a shocks en la tasa de interés doméstica y de la tasa de interés externa así como como sus intervalos de confianza.⁴

De los tests anteriormente mencionados concluimos que los rezagos deben ser dos siguiendo el criterio de información de Hannan-Quinn y uno siguiendo el criterio de Schwarz (ver Cuadro 6 en el Anexo D). Sin embargo, las funciones impulso respuesta y sus intervalos de confianza no difieren significativamente de la utilización de uno dos rezagos. Debido a que todos los valores propios se encuentran dentro del círculo unitario de ambos modelos VAR, los sistemas son estacionarios (ver Figuras 12 y 13 en el Anexo D).

3.1.1. Un Shock Positivo en la Tasa de Interés Doméstica

Las funciones impulso respuesta de un modelo VAR con dos rezagos frente a un shock positivo en la tasa de interés doméstica (i.e., incremento de la tasa de interés doméstica) se presentan en las Figuras 1 a 3. Los principales resultados se resumen a continuación,

- (i) En la Figura 1 podemos observar que el nivel del producto tiende a declinar cuando se produce un shock en la tasa de interés doméstica. Sin embargo, este efecto no es estadísticamente significativo.
- (ii) La Figura 2 ilustra que en respuesta a un shock transitorio de la tasa de interés doméstica, la tasa de inflación decrece en el primer período para aumentar en el segundo y decrecer nuevamente. Una vez más, el impacto de un shock de la tasa de interés de doméstica no es estadísticamente significativa. Sin embargo, si observados el modelo VAR(2) con una descomposición de Cholesky, observamos un aumento de la inflación que es estadísticamente significativo el segundo mes (ver Figura 20 en el Anexo D).

⁴Se estimaron funciones impulso-respuesta utilizando los métodos de descomposición de Cholesky y el método propuesto por Pesaran y Shin (1998) robusto a la ordenación de los datos (i.e., impulso-respuesta generalizado), con el propósito de verificar la robustez de las funciones impulso respuesta.

- (iii) Además, un shock de la tasa doméstica tiene un efecto negativo y estadísticamente significativo sobre el agregado monetario M1A desde el momento que se produce el shock hasta el décimo mes, tal como se muestra en la Figura 3.

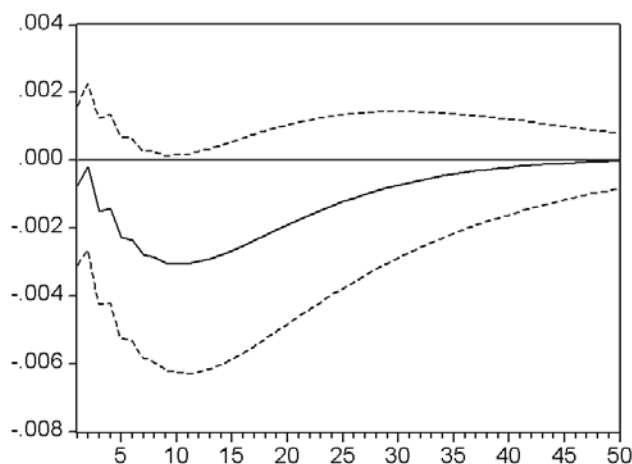


Figura 1: Respuesta del Imacec a un shock positivo en la tasa de interés doméstica (VAR(2) Generalizado)

3.1.2. Un Shock Positivo en la Tasa de Interés Externa

Los efectos de un shock positivo en la tasa de interés externa, por otro lado, se resumen en las funciones impulso-respuesta presentadas en las Figuras 4 a 6. En este caso, los resultados encontrados son los siguientes,

- (i) De la Figura 4 se concluye que el nivel del producto aumenta cuando se produce un shock en la tasa de interés externa. Este efecto no es estadísticamente significativo. Sin embargo, cuando utilizamos el criterio de Schwarz en la elección de; número de rezagos del VAR, el aumento del IMACEC se vuelve estadísticamente significativo entre el tercer y quinceavo mes (ver Figura 16 y 22 en el D).
- (ii) En respuesta a un shock transitorio de la tasa de interés externa, como el de la Figura 5, la tasa de inflación decrece para luego aumentar. Se ilustra que el

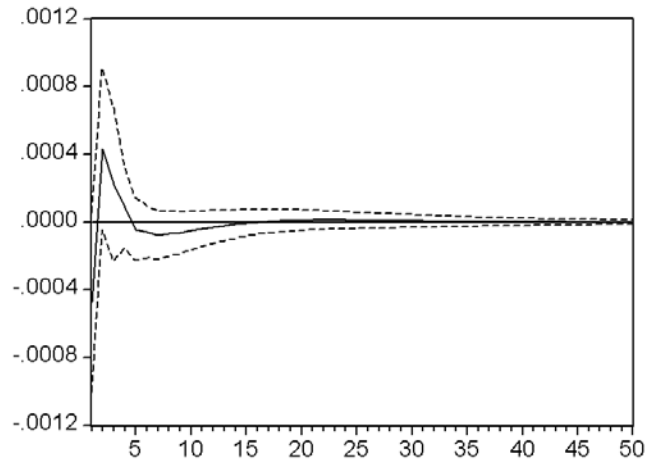


Figura 2: Respuesta de la inflación a un shock positivo en la tasa de interés doméstica (VAR(2) Generalizado)

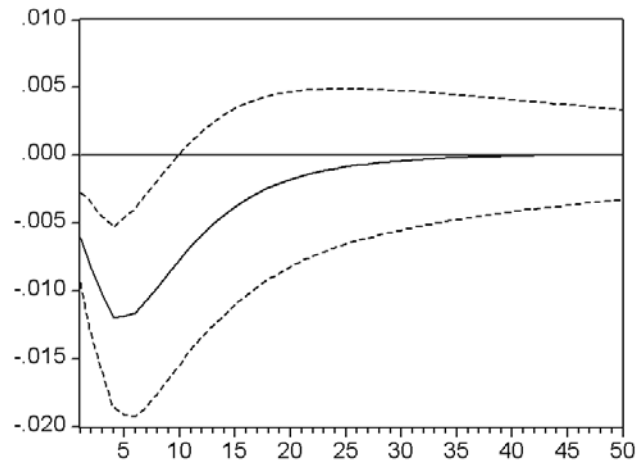


Figura 3: Respuesta de M1A a un shock positivo en la tasa de interés doméstica (VAR(2) Generalizado)

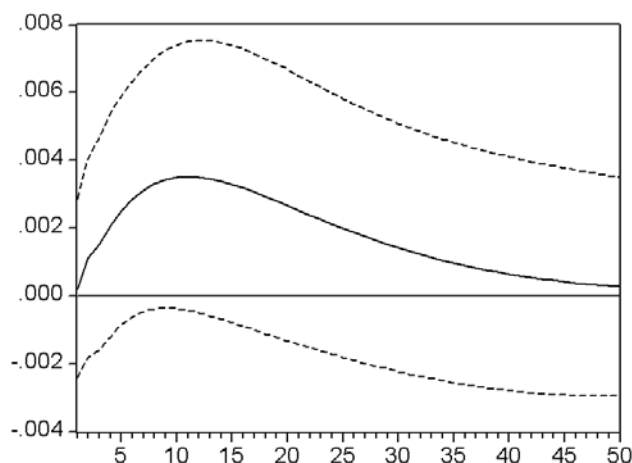


Figura 4: Respuesta del Imapec a un shock positivo en la tasa de interés externa (VAR(2) Generalizado)

impacto de un shock de la tasa de interés de externa no es estadísticamente significativo.

- (iii) Finalmente, de la Figura 6 se concluye que un shock de la tasa de política tiene un efecto negativo sobre el agregado monetario M1A. Dicho impacto no es estadísticamente significativo para ningún plazo.

Los resultados anteriores nos sugieren que la autoridad monetaria no debería reaccionar ante un shock transitorio en la tasa de interés externa dado que éste no tiene efectos significativos sobre el producto, la tasa de inflación y los agregados monetarios. No obstante, si la autoridad monetaria decidiese reaccionar solamente lograría causar una caída en el nivel de producto y un aumento en la tasa de inflación debido al "price puzzle" observado en el modelo VAR.

3.2. Resultados del Modelo Teórico

Para analizar las propiedades dinámicas del modelo teórico, utilizamos funciones impulso-respuesta para las principales variables endógenas cuando el modelo experimenta un aumento en la tasa de interés doméstica y externa. Por otro

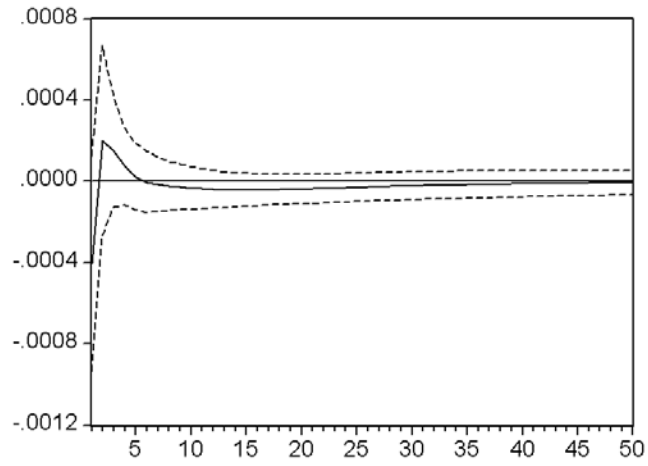


Figura 5: Respuesta de la inflación a un shock positivo en la tasa de interés externa (VAR(2) Generalizado)

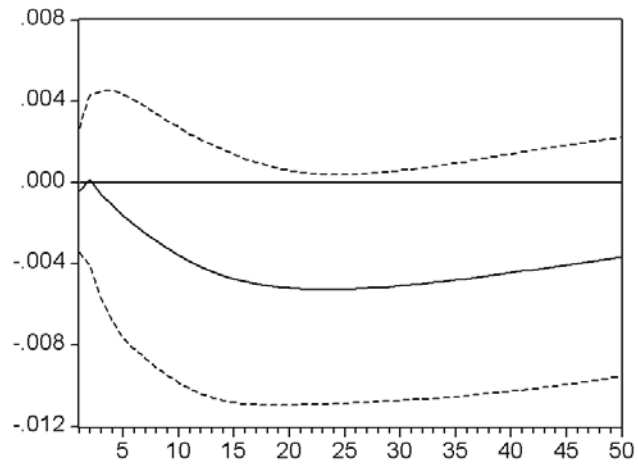


Figura 6: Respuesta de M1A a un shock positivo en la tasa de interés externa (VAR(2) Generalizado)

lado, realizamos simulaciones de series de 5,000 observaciones de las variables del modelo para poder realizar un análisis comparativo de las reglas. Para realizar estos ejercicios, las funciones de política de las variables del modelo descrito en la Sección 2 se obtuvieron utilizando una aproximación de segundo orden alrededor del estado estacionario siguiendo el método propuesto por Schmitt-Grohé y Uribe (2004).⁵

3.2.1. Calibración y Parametrización

Existen 24 parámetros que aparecen en las ecuaciones que caracterizan el comportamiento del modelo cuyo valor se escogió siguiendo tres criterios. Una parte de los parámetros son valores estándar que han sido estimados y son ampliamente utilizados en trabajos relacionados a Chile. Otros parámetros se obtuvieron a través de la calibración de algunos valores de estado estacionario, esencialmente, los "grandes ratios" presentados en el Cuadro 1. Finalmente, algunos parámetros se ajustaron para lograr estabilidad y una mejor representación de las funciones impulso-respuesta del modelo teórico. Los parámetros finalmente utilizados, su símbolo, valor y criterio de elección se presentan en el Cuadro 2.

	2003	
Producto Interno Bruto	38,900,435	1,00
Gasto en Consumo Final de Hogares e Inst. sin Fines de Lucro	24,653,312	0,63
Gasto en Consumo Final del Gobierno	4,228,322	0,11
Formación Bruta de Capital Fijo	9,095,302	0,23

Fuente: Banco Central de Chile

Cuadro 1: Producto Interno Bruto por Tipo de Gasto, 2003 (en millones de pesos de 1996)

3.2.2. Resultados con una Autoridad Monetaria que sigue la *Regla 1*

Inicialmente contrastamos el efecto de un incremento en la tasa de interés doméstica contra el alza de la tasa de interés externa. La Figura 7 presenta la respuesta del producto (y_t), la inflación (π_t), el stock de dinero (m_t) y la devaluación del tipo de cambio (e_t) a un incremento de 0.5% en la tasa de interés doméstica (línea continua) y a un incremento de la tasa de interés externa en la misma magnitud (línea punteada).

⁵El Anexo B describe brevemente las condiciones utilizadas siguiendo la nomenclatura de Schmitt-Grohé y Uribe (2004). Asimismo, los programas en MATLAB para replicar los resultados se encuentran disponibles a petición a los autores.

Parámetros	Símbolo	Valor	Criterio de elección
Factor subjetivo de descuento	β	0.996	Duncan (2002)
Sensibilidad de la utilidad al dinero doméstico	ϕ	0.005	Duncan (2002)
Sensibilidad de la utilidad al ocio	η	1	Calibración de estado estacionario inversión
Participación del capital	α	0.4	Literatura previa (entre 0.33 y 0.4)
Constante tecnológica	A_0	2	Calibración del estado estacionario de la proporción de la inversión en el producto alrededor de 65 %
Coefficiente tecnológico AR(1)	ρ_z	0.95	Duncan (2002)
Volatilidad tecnología	σ_z	0.001	Duncan (2002)
Tasa de depreciación	δ	0.17/12	Calibración de estado estacionario de la proporción de la inversión en el producto alrededor de un 20 %
Parámetro del costo del ajuste de precios	ρ_j	2	Duncan (2003a)
Sector exportable de estado estacionario	Y_2	1.3	Calibración
Terminos de intercambio de estado estacionario	q_0	1	Calibración de estado estacionario de la proporción del sector exportable sobre el producto alrededor de un 15 %
Coefficiente términos de intercambio AR(1)	ρ_q	0.961	Duncan (2002)
Volatilidad términos de intercambio	σ_q	0.0127	Duncan (2002)
Tasa de impuesto	τ	0.19	Calibración del estado estacionario de la proporción de la inversión en el producto alrededor de un 15 %
Gasto del gobierno estado estacionario	g_0	1.1	Calibración de estado estacionario de la proporción del gasto del gobierno sobre el producto: 10-15 %
Coefficiente gobierno AR(1)	ρ_g	0.76	Duncan (2002)
Volatilidad gasto gobierno	σ_g	0.008	Duncan (2002)
Tasa de interés externa (constante)	R_0^*	$1.05^{(1/12)} - 1$	Duncan (2002)
Coefficiente tasa de interés externa AR(1)	ρ_{R^*}	0.8	Duncan (2002)
Volatilidad tasa de interés externa	σ_{R^*}	0.0061	Duncan (2002)
Tasa de interés doméstica (constante)	R_0	$1.075^{(1/12)} - 1$	Calibración de estado estacionario de la tasa de
Coefficiente tasa de interés doméstica AR(1)	θ_1	0.25	Calibración funciones impulso - respuesta inflación anual entre 2 % y 3 %.
Coefficiente desviación inflación	θ_2	0.1	Calibración funciones impulso - respuesta
Coefficiente desviación del producto	θ_3	0.705	Calibración funciones impulso - respuesta
Coefficiente desviación del tipo de cambio	θ_4	-0.2	Calibración funciones impulso - respuesta
Volatilidad tasa de interés doméstica	σ_R	0.0068	Calibración de la tasa de volatilidad de la inflación

Cuadro 2: Símbolo, valor y criterio de elección de parámetros del modelo teórico

Cuando la tasa de interés doméstica aumenta el producto cae, aunque de manera poco significativa, debido al incremento en el costo real del capital que lleva a una caída en la demanda de capital.⁶ Por otro lado, el incremento en la tasa de interés lleva a un incremento transitorio de la tasa de inflación manteniendo la tasa de interés real constante (i.e., efecto Fischer). Este co-movimiento entre tasa de interés e inflación es conocido en la literatura como "*price puzzle*". Asimismo, la relación negativa entre la tasa de interés doméstica y la demanda de dinero explica la caída observada en la cantidad de dinero en la economía. Finalmente, para igualar el retorno de los activos en moneda doméstica y extranjera la tasa de depreciación de la moneda aumenta transitoriamente. Estos resultados son muy similares a los encontrados a partir de las funciones impulso-respuesta del modelo empírico VAR expuesto anteriormente. Aparentemente, el modelo es consistente prediciendo los resultados observados empíricamente.

Por otro lado, el incremento en la tasa de interés externa no tiene ningún efecto significativo sobre el producto, la tasa de inflación y el stock de dinero. No obstante, la relación de arbitraje entre la tasa de interés doméstica, que se mantiene inalterada, y la tasa de interés externa explica la caída en la tasa de depreciación de la moneda doméstica. Evidentemente un incremento en la tasa de interés doméstica tiene mayores efectos sobre el producto y la inflación que un aumento de la tasa de interés externa. Es importante resaltar que esta conclusión

⁶Esto se observa en la condición de arbitraje (14).

asume que la autoridad monetaria deja que el tipo de cambio se deprecie con mayor rapidez o lentitud sin intervenir. Este supuesto importante podría explicar por qué los resultados obtenidos difieren de los encontrados con el VAR empírico.

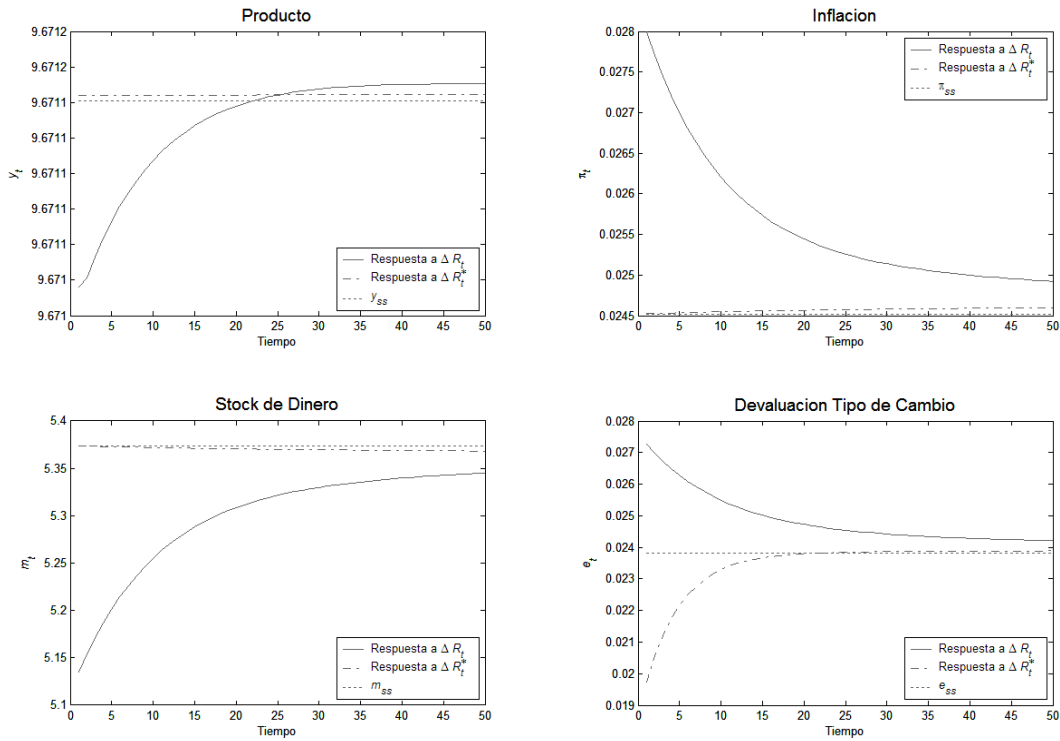


Figura 7: Respuesta a un incremento en la tasa de interés doméstica (línea continua) y tasa de interés externa (línea punteada) de 0.5 % anual cuando la autoridad monetaria sigue la Regla 1.

¿Qué sucedería si la autoridad monetaria respondiera al incremento de la tasa de interés externa con un aumento en la tasa de interés doméstica de la misma magnitud? La Figura 8 presenta la respuesta del producto, la inflación, la cantidad de dinero y la tasa de devaluación de la moneda doméstica a un cambio simultáneo de 0.5 % anual en la tasa de interés externa y doméstica. De manera similar al caso anterior, se observa una caída en el producto, un aumento de la tasa de inflación y una caída en el stock de dinero. Sin embargo, la respuesta de la autoridad monetaria al incremento de la tasa de interés externa evita que la tasa de depreciación de tipo de cambio caiga tan bruscamente. Más aún, después del tercer periodo el tipo de cambio se deprecia estrechamente por encima de su valor de equilibrio logrando que no se desvíe mucho de su nivel de equilibrio.

Es evidente que una autoridad monetaria que no quiera que el tipo de cambio varíe de manera abrupta por los costos que pueda representar su alta volatilidad va a tratar de responder a incrementos en la tasa de interés externa. Es decir, la autoridad monetaria va a tratar de compensar el cambio en la tasa de interés externa aumentando la tasa de interés doméstica reflejando lo que Guillermo Calvo denominó "miedo a flotar." *"fear of floating"*.⁷ No obstante la respuesta proporcional de la tasa de interés doméstica, simulada en este caso, evita un alejamiento abrupto de la tasa de depreciación de su nivel de equilibrio, ésta logra una sobre-reacción transitoria del tipo de cambio. Aparentemente, la autoridad debería acomodar parte del shock aumentando la tasa de interés doméstica y dejar que otra parte se acomode con la fluctuación del tipo de cambio y no así responder proporcionalmente.

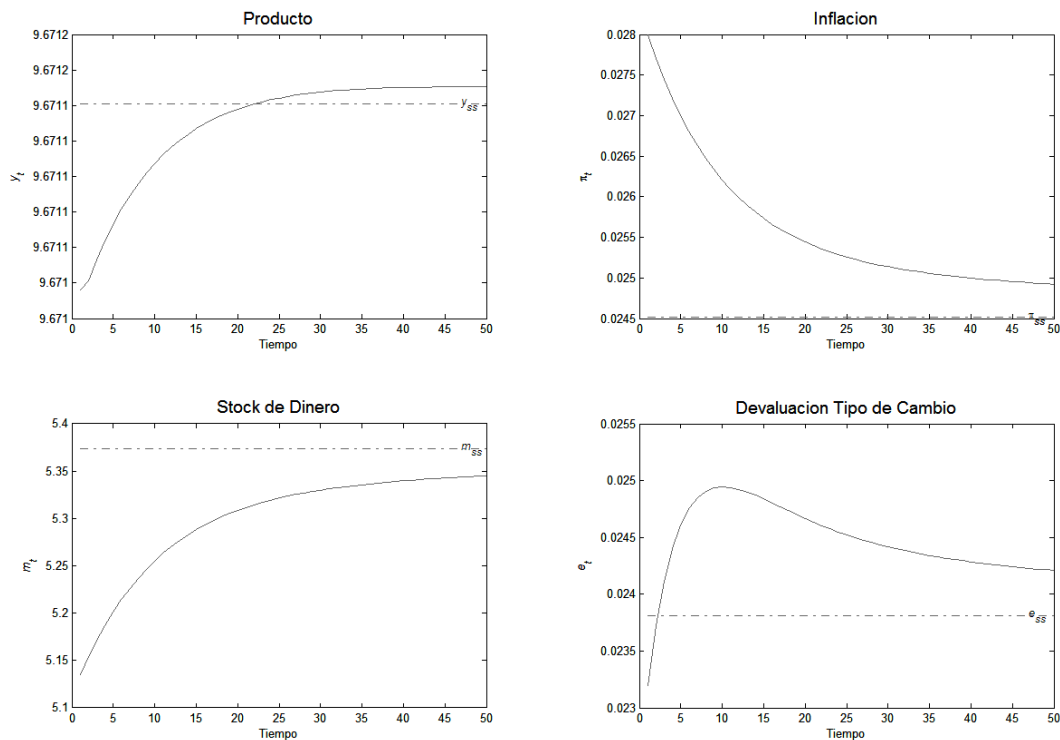


Figura 8: Respuesta a un incremento simultáneo en la tasa de interés doméstica y externa de 0.5% anual cuando la autoridad monetaria sigue la Regla 1.

⁷Ver Calvo y Reinhart (2000).

3.2.3. Resultados con una Autoridad Monetaria que sigue la *Regla 2*

Los resultados encontrados hasta ahora nos sugieren una regla como la Regla 2 reflejaría más la evidencia empírica existente y se acomoda más a la realidad de una economía pequeña y abierta como la chilena. Es decir, permitir que la autoridad no solamente reaccione a desviaciones del producto y de la inflación sino también de las variaciones del tipo de cambio.

De manera similar al ejercicio presentado en la sección anterior, la Figura 9 presenta la respuesta de la economía a un un incremento en la tasa de interés doméstica y la respuesta a un aumento de la tasa de interés externa. La respuesta de la tasa del producto, la tasa de inflación y la cantidad de dinero a un aumento en la tasa de interés doméstica presenta un patrón similar al encontrado cuando la autoridad sigue la Regla 1. Sin embargo, existen ciertas diferencias importantes. Note que las variables retornan con mayor rapidez a su nivel de estado estacionario. Esto se debe a que el aumento de la tasa de interés externa presiona a un aumento en la tasa de depreciación de la moneda. Dado que ahora la autoridad monetaria reacciona a desviaciones de la tasa de depreciación del tipo de cambio, la tasa de interés se ajusta nuevamente cayendo rápidamente a su estado estacionario. Por otro lado, la respuesta de la autoridad monetaria evita una aceleración fuerte de la depreciación de la moneda doméstica.

En el caso de un incremento en la tasa de interés externa, los resultados cambian completamente. El alza en el retorno de los activos en moneda extranjera presionan a una caída en la tasa de devaluación del tipo de cambio, no obstante, la autoridad monetaria responde incrementando la tasa de interés doméstica. A pesar que a un inicio la respuesta de la devaluación de la moneda es similar a la observada con la Regla 1, el retorno hacia el estado estacionario es mucho más rápido. Sin embargo, el incremento en la tasa de interés doméstica trae consigo una caída del producto y una aumento de la tasa de inflación transitorios, hechos que no se observaban cuando la autoridad monetaria reacciona de acuerdo a la Regla 1.

¿Los resultados anteriores sugieren que una regla simple de Taylor (e.g., Regla 1) es más apropiada cuando la economía observa un shock en la tasa de interés externa? ¿No debe la autoridad monetaria reaccionar ante desvíos del equilibrio de la depreciación del tipo de cambio? La respuesta se puede inferir del Cuadro 3. A pesar de los efectos que se observan en el corto plazo, una autoridad monetaria que sigue la Regla 2 no solamente logra una menor volatilidad en la depreciación de la moneda doméstica, sino también observa una menor volatilidad de la inflación. Esto se debe a que shocks externos en la economía ya no son balanceados

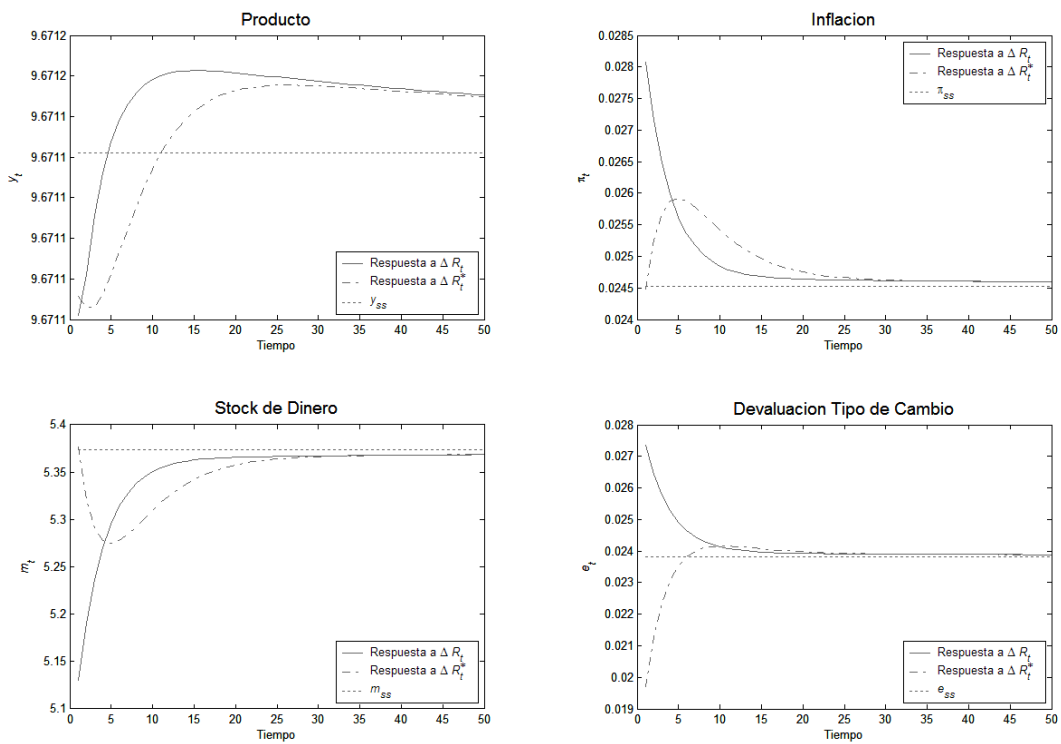


Figura 9: Respuesta a un incremento en la tasa de interés doméstica (línea continua) y tasa de interés externa (línea punteada) de 0.5% anual cuando la autoridad monetaria sigue la Regla 2.

simplemente por cambios en el tipo de cambio sino también por cambios en la tasa de interés.

	π_t		e_t		R_t	
	<i>Regla 1</i>	<i>Regla 2</i>	<i>Regla 1</i>	<i>Regla 2</i>	<i>Regla 1</i>	<i>Regla 2</i>
<i>Desviación Estándar</i>	0.0585	0.0283	0.0592	0.0286	0.0048	0.0024
<i>Coefficiente de Variación</i>	2.3661	1.1443	2.4734	1.1912	0.7946	0.3960

Nota: Los resultados provienen de simulaciones de una muestra de 5,000 observaciones.
El coeficiente de variación se calculó como el ratio entre la desviación estándar y la media.

Cuadro 3: Volatilidad de la tasa de inflación, la depreciación del tipo de cambio y la tasa de interés doméstica

La regla que sigue la autoridad monetaria lleva a una reacción automática de la tasa de interés doméstica. En la Figura 29, al final del documento, se puede observar la respuesta de la tasa de interés doméstica ante un aumento de la tasa de interés externa. Mientras que la tasa de interés doméstica aumenta 50 puntos base, la respuesta de la tasa de interés doméstica es de cerca de 15 puntos base en su periodo más alto. ¿Qué sucedería si la autoridad monetaria incrementara la tasa de interés en la misma magnitud que aumenta la tasa de interés externa?

La Figura 10 presenta la respuesta del producto, la inflación, el stock de dinero y la devaluación del tipo de cambio a un cambio simultáneo de la tasa de interés doméstica y externa de 0.5 % anual. Inicialmente, los resultados siguen la línea de los hallazgos obtenidos hasta el momento. La respuesta de la autoridad monetaria repercute en una caída del producto y un aumento de la tasa de inflación. Sin embargo, la variación en el tipo de cambio se mantiene más cerca a su nivel de estado estacionario que en el caso de la Regla 1. Más aún, todas las variables vuelven a su estado estacionario mucho más rápido debido a que el tipo de regla que sigue la autoridad monetaria evita que la tasa de interés se mantenga alta por demasiado tiempo (ver Figura 30 al final del documento).

3.2.4. Una regla alternativa y el "miedo a flotar"

En el análisis de la Regla 1 y la Regla 2 constatamos que cuando la autoridad monetaria reacciona inmediatamente con una aumento proporcional de la tasa de interés doméstica la depreciación del tipo de cambio no se aleja de su nivel de equilibrio en relación al caso cuando la autoridad no reacciona. Esto sucede inclusive cuando la autoridad monetaria introduce en su función de reacción desviaciones de la depreciación de la moneda doméstica de su nivel de equilibrio. Más aún, a pesar que el tipo de cambio no se aleja tanto de su nivel de equilibrio siguiendo la Regla 2, su desviación del equilibrio en los primeros periodos es similar a la

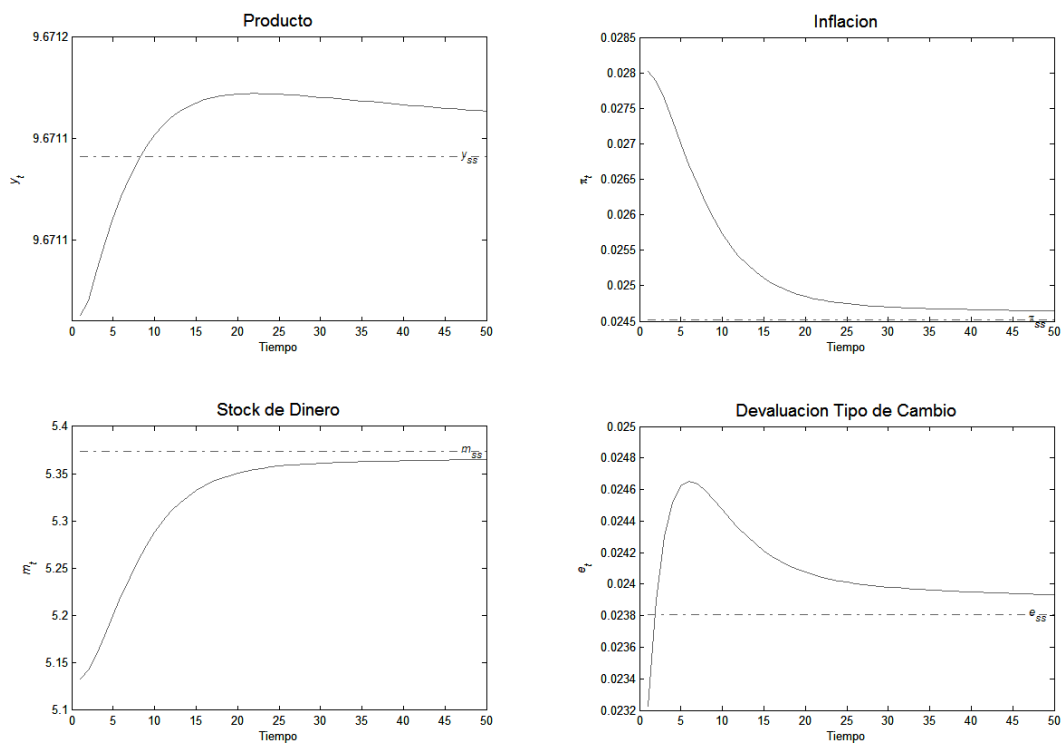


Figura 10: Respuesta a un incremento simultáneo en la tasa de interés doméstica y externa de 0.5% anual cuando la autoridad monetaria sigue la Regla 2.

observada bajo la Regla 1. Sin embargo, es coherente pensar que la autoridad monetaria quiera acomodar esos cambios bruscos iniciales reaccionando el primer periodo a cambios en la tasa de interés externa reflejando su "miedo a flotar". Para modelar este efecto más explícitamente sugerimos una regla adicional que tiene la siguiente forma,

$$R_{t+1} = (1-\theta_3)R_0 + \theta_1(\pi_t - \pi_{ss}) + \theta_2(y_t - y_{ss}) + \theta_4(e_t - e_{ss}) + \theta_5(R_t^* - R_{ss}^*) + \varepsilon_{R_t} \quad (24)$$

donde $\varepsilon_{R_t} \sim \mathcal{N}(0, \sigma_R^2)$, $\theta_1 > 0$, $\theta_2 > 0$, $\theta_3 > 0$, $\theta_4 < 0$ y $0 < \theta_5 < 1$. Nuevamente, la autoridad monetaria reacciona con un incremento en la tasa de interés doméstica ante un aumento de la tasa de inflación por encima del nivel de estado estacionario (i.e., $\pi_t - \pi_{ss} > 0$), una brecha del producto positiva (i.e., $y_t - y_{ss} > 0$), una caída en la devaluación de la moneda (i.e., $e_t - e_{ss} < 0$) y un incremento de la tasa de interés externa por encima de su estado estacionario (i.e., $R_t^* - R_{ss}^* > 0$). Los dos últimos términos reflejan el "miedo a flotar" de la autoridad monetaria. Denominaremos a esta regla como Regla 3.

En el caso de tener una autoridad monetaria que se comporte siguiendo esta regla, la Figura 11 presenta la respuesta del producto, la inflación, la cantidad de dinero y la depreciación del tipo de cambio bajo diferentes niveles de reacción a cambios en la tasa de interés externa (i.e., diferentes valores de θ_5). Es evidente que cuando la autoridad monetaria reacciona casi completamente al shock en la tasa de interés externa ($\theta_5 = 0,8$) provoca una sobre-reacción de la depreciación del tipo de cambio llevando a un aumento importante en la inflación. En cambio cuando la autoridad monetaria reacciona de manera moderada ($\theta_5 = 0,1$), los efectos sobre la inflación son menores, sin embargo, la caída de la tasa de depreciación en los periodos iniciales es comparable en magnitud al pico que alcanza cuando $\theta_5 = 0,8$. De manera contraria, una reacción intermedia ($\theta_5 = 0,35$) permite que el tipo de cambio oscile más cerca a su nivel de estado estacionario y evita incrementos tan fuertes en la tasa de inflación.

¿Debe la autoridad responder a un shock de la tasa de interés? En el Cuadro 4 observamos la volatilidad de la tasa de inflación, el tipo de cambio y la tasa de interés doméstica bajo niveles alternativos de respuesta a un shock en la tasa de interés externa. Si la autoridad monetaria reacciona tratando de acomodar el shock de la tasa de interés externa con un cambio casi proporcional en la tasa de interés doméstica solamente logra una mayor volatilidad de la tasa de inflación, el tipo de cambio y la tasa de interés doméstica que si no reaccionase y simplemente actuara siguiendo la Regla 2. No obstante, cuando la autoridad monetaria reacciona pero de manera moderada ($\theta_5 = 0,1$) la variabilidad del tipo

de cambio cae levemente, no obstante, a un costo de una tasa de inflación y una tasa de interés doméstica un poco más volátil (ver Cuadros 3 y 4)

	π_t			e_t		
	$\theta_5 = 0,8$	$\theta_5 = 0,35$	$\theta_5 = 0,1$	$\theta_5 = 0,8$	$\theta_5 = 0,35$	$\theta_5 = 0,1$
<i>Desviación Estándar</i>	0.0396	0.0316	0.0289	0.0348	0.0293	0.0284
<i>Coficiente de Variación</i>	1.7529	1.2657	1.1712	1.5849	1.2146	1.1856
	R_t					
	$\theta_5 = 0,8$	$\theta_5 = 0,35$	$\theta_5 = 0,1$			
<i>Desviación Estándar</i>	0.0033	0.0027	0.0025			
<i>Coficiente de Variación</i>	0.5633	0.4384	0.4048			

Nota: Los resultados provienen de simulaciones de una muestra de 5,000 observaciones.
El coeficiente de variación se calculó como el ratio entre la desviación estándar y la media.

Cuadro 4: Volatilidad de la tasa de inflación, la depreciación del tipo de cambio y la tasa de interés doméstica bajo diferentes intensidades de "miedo de flotar" de la Regla 3

4. Conclusiones

En este documento intentamos analizar el efecto de un incremento en la tasa de interés externa y un posible incremento en la tasa de interés doméstica como respuesta al shock. Con este fin, estimamos un modelo empírico de Vectores Autoregresivos (VAR) y desarrollamos un modelo macroeconómico de equilibrio general calibrado y parametrizado para la economía chilena.

Analizando las funciones impulso-respuesta obtenidas del modelo de Vectores Autoregresivos encontramos que un shock positivo de la tasa de interés doméstica produce un caída del nivel del producto, una breve caída de la tasa de inflación para luego repuntar y una disminución de los agregados monetarios. No obstante, únicamente el último de estos efectos es estadísticamente significativo. Por otro lado, un shock de la tasa de interés externa produce un aumento en el nivel del producto, un alza y luego una caída en la tasa de inflación y una caída de los agregados monetarios. Todos estos efectos son estadísticamente no significativos.

Los resultados anteriores nos sugieren que un shock positivo en la tasa de interés externa no tiene efectos significativos sobre el producto, la inflación ni los agregados monetarios. Consecuentemente, la autoridad monetaria no debiese reaccionar ante un shock transitorio. Más aún, si la autoridad reaccionase causaría una caída en el nivel de producto y un aumento en la tasa de inflación debido al "price puzzle." observado en el modelo VAR.

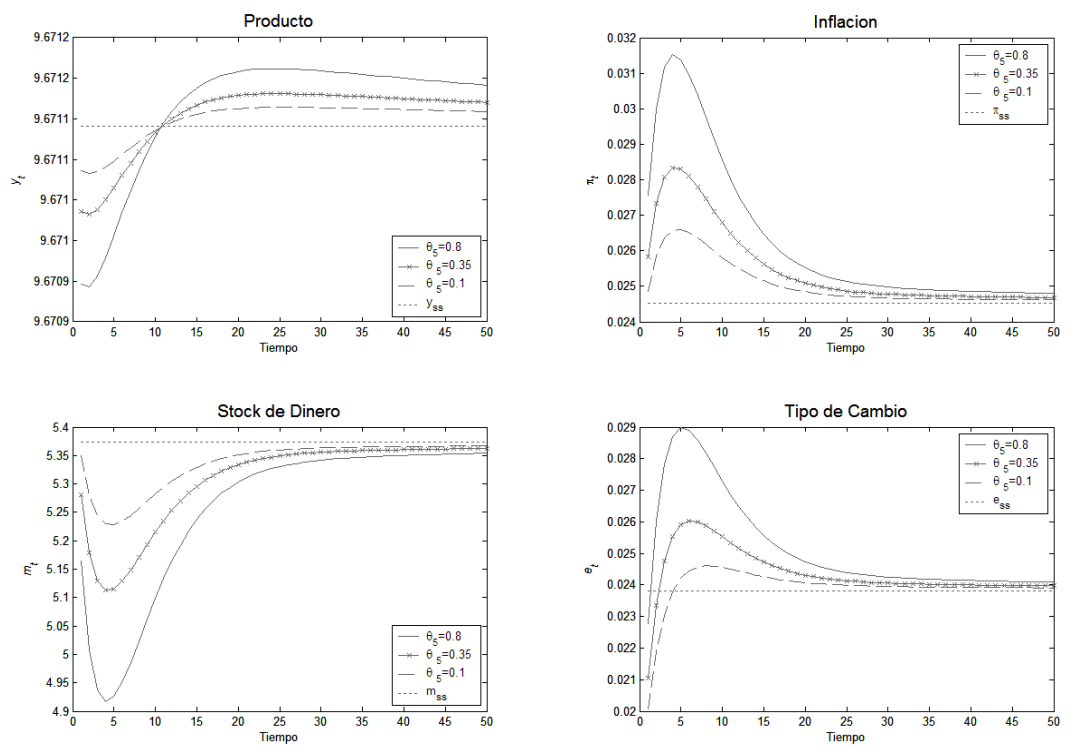


Figura 11: Respuesta a un aumento en la tasa de interés externa de 0.5% anual bajo diferentes valores de θ_5 de la Regla 3.

Los resultados encontrados en el modelo teórico son muy similares a los del modelo empírico. Un aumento en la tasa de interés doméstica producen una caída poco significativa del producto, un aumento en la tasa de inflación y una caída de los agregados monetarios. Además, para mantener la paridad de tasas de interés produce una caída en la tasa de devaluación. Cuando la autoridad monetaria deja flotar el tipo de cambio, un aumento de la tasa de interés externa no tiene ningún efecto sobre el producto, la inflación y la cantidad de dinero. En este caso, el shock es absorbido por una caída en la tasa de depreciación. Sin embargo, estas conclusiones no son consistentes con los resultados encontrados en el VAR empírico.

En cambio cuando la autoridad monetaria reacciona no solamente ante desviaciones del producto y de la tasa de inflación sino también ante variaciones del tipo de cambio los resultados son consistentes con las funciones impulso-respuesta del VAR empírico. Cuando aumenta la tasa de interés externa existe una presión a una disminución en la tasa de devaluación de la moneda doméstica. Sin embargo, la autoridad monetaria responde aumentando la tasa de interés doméstica. Esto lleva a una caída temporal poco significativa del producto y un aumento de la tasa de inflación.

Si la autoridad monetaria valora la estabilidad de la tasa de inflación por encima de la volatilidad de la tasa de depreciación del tipo de cambio, no se debería reaccionar ante un aumento en la tasa de interés externa. Una reacción moderada de la autoridad solamente lograría disminuir la volatilidad del tipo de cambio a un costo de mayor volatilidad de la tasa de inflación.

Referencias

- [1] Ball, L. (2000), "Policy Rules and External Shocks," NBER Working Paper 7910.
- [2] Bergoing, R. y R. Soto (2002), "Testing Real Business Cycle Models in an Emerging Economy," *Central Bank of Chile Working Paper* No. 159.
- [3] Bravo, H. y C. García (2002), "Una Revisión de la Transmisión Monetaria y el Pass-Through en Chile," *Central Bank of Chile Working Paper* No. 149.
- [4] Chumacero, R. y R. Fuentes (2002), "On the Determinants of the Chilean Economic Growth," *Central Bank of Chile Working Paper* No. 134.
- [5] Calvo, G. y E. Mendoza (1999), "Empirical Puzzles of Chilean Stabilization Policy" en Chile: Recent Policy Lessons and Emerging Challenges, Perry y Leipzigereds Washington DC, The World Bank.
- [6] Duncan, R. (2002), "How Well Does a Monetary Dynamic Equilibrium Model Account for Chilean Data?" *Central Bank of Chile Working Paper* N°190, November.
- [7] _____ (2003), "Exploring the Implications of Official Dollarization on Macroeconomic Volatility." *Central Bank of Chile Working Paper* N°200, February.
- [8] _____ (2003), "Floating, Official Dollarization, and Macroeconomic Volatility: An Analysis for the Chilean Economy." *Central Bank of Chile Working Paper* N°249, December.
- [9] García, C. (2001), "Políticas de Estabilización en Chile Durante los Noventa," *Central Bank of Chile Working Paper* No. 132.
- [10] Hamilton, J. (1994), *Time Series Analysis*, Princeton Press.
- [11] Pessaran H., y Y. Shin (1998), "Generalized Response Impulse Analysis in Linear Multivariate Models," *Economic Letters* 58: 17-20.
- [12] Rojas, P. (1993), "El Dinero como un Objetivo Intermedio de Política Monetaria en Chile: Un Análisis Empírico," *Cuadernos de Economía* 30, Agosto.
- [13] Rosende, F. y L. O. Herrera (1991), "Teoría y Política Monetaria: Elementos para el Análisis," *Cuadernos de Economía* 83: 55-93, Abril.

- [14] Schmidt-Hebbel, K. and L. Servén (2000), "Policy Shifts and External Shocks in Chile under Rational Expectations". *International Workshop on Applied Macroeconomics Models*, Central Bank of Chile, January 13-14.
- [15] Schmitt-Grohé, S. y M. Uribe (2004), "Stabilization Policy and the Costs of Inflation," *Journal of Money, Credit and Banking* 33(2): 482-509.
- [16] Schmitt-Grohé, S. y M. Uribe (2004), "Solving Dynamic General Equilibrium Models Using a Second-Order Approximation to the Policy Function," *Journal of Economic Dynamics and Control* 28: 755-775.
- [17] Valdes, R. (1997), "Efectos de la Política Monetaria en Chile," *Cuadernos de Economía* 35(104): 97-125, Abril.
- [18] Walsh, C. (1998), *Monetary Theory and Policy*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.

A. Estado Estacionario

Las condiciones que describen el estado estacionario de la economía están dadas por,

$$\begin{aligned}
 q_{ss} &= q_0 \\
 R_{ss} &= R_0 \\
 R_{ss}^* &= R_0^* \\
 z_{ss} &= 0 \\
 g_{ss} &= 0 \\
 \pi_{ss} &= \beta(1 + R_{ss}) - 1 \\
 e_{ss} &= \frac{1 + \pi_{ss}}{\beta(1 + R_{ss}^*)} - 1 \\
 L_{ss} &= \frac{\frac{(1-\tau)(1-\alpha)A_0}{\eta} \left[\frac{\beta(1-\tau)\alpha A_0}{1-\beta(1-\delta)} \right]^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} + g_0 - q_0 y_2}{\left[\frac{(1-\tau)(1-\alpha)A_0}{\eta} + A_0 \right] \left[\frac{\beta(1-\tau)\alpha A_0}{1-\beta(1-\delta)} \right]^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} - \delta \left[\frac{\beta(1-\tau)\alpha A_0}{1-\beta(1-\delta)} \right]^{\frac{1}{1-\alpha}}} \\
 K_{ss} &= \left[\frac{\beta(1-\tau)\alpha A_0}{1-\beta(1-\delta)} \right]^{\frac{1}{1-\alpha}} L_{ss} \\
 c_{ss} &= \frac{(1-\tau)(1-\alpha)A_0 \left(\frac{K_{ss}}{L_{ss}} \right)^\alpha (1 - L_{ss})}{\eta} \\
 m_{ss} &= \frac{\phi c_{ss}}{1 - \frac{\beta}{1+\pi_{ss}}} \\
 y_{ss} &= A_0 K_{ss}^\alpha L_{ss}^{1-\alpha}
 \end{aligned}$$

B. Aproximación de Funciones de Política Utilizando el Método de Perturbación

Las funciones de política del modelo descrito en la Sección [XX] se obtuvieron utilizando el método de perturbación propuesto por Schmitt-Grohé y Uribe (2004). Siguiendo su notación, en el modelo tenemos el siguiente vector de variables no-prdeterminadas (de control) $y_t = [c_t \ L_t \ m_t]$ y el siguiente vector de variables predeterminadas (de estado) $x_t = [k_t \ g_t \ z_t \ q_t \ R_t \ R_t^* \ \pi_t]$. Consecuentemente, las condiciones de equilibrio se pueden escribir como,

$$\mathcal{E}_t f(y_{t+1}, y_t, x_{t+1}, x_t) = 0 \quad (\text{A-1})$$

donde,

$$f(\cdot) = \begin{bmatrix} \frac{\phi}{m_t} - \frac{1}{c_t} + \beta \left(\frac{1}{c_{t+1}(1+\pi_{t+1})} \right) \\ -\frac{\eta}{1-L_t} + \frac{(1-\tau)(1-\alpha)A_0 e^{z_t} \left(\frac{K_t}{L_t} \right)^\alpha}{c_t} \\ -\frac{1}{c_t} + \beta(1+R_{t+1})\mathcal{E}_t \left(\frac{1}{c_{t+1}(1+\pi_{t+1})} \right) \\ -(1+R_{t+1})\mathcal{E}_t \left(\frac{1}{c_{t+1}(1+\pi_{t+1})} \right) + (1+R_{t+1}^*) \left(\frac{(1+e_{t+1})}{c_{t+1}(1+\pi_{t+1})} \right) \\ -\frac{1}{c_t} + \beta \left\{ \frac{1}{c_{t+1}} \left[\alpha A_0 e^{z_{t+1}} \left(\frac{L_{t+1}}{K_{t+1}} \right)^{1-\alpha} (1-\tau) + (1-\delta) \right] \right\} \\ c_t + K_{t+1} - (1-\delta)K_t + g_t + \Psi(\pi_t) - (A_0 e^{z_t} K_t^\alpha L_t^{1-\alpha} + q_t y_2) \\ q_{t+1} - (1-\phi_q)q_0 - \phi_q q_t \\ R_{t+1}^* - (1-\phi_{R^*})R_0^* - \phi_{R^*} R_t^* \\ z_t - \phi_z z_{t-1} \\ g_{t+1} - (1-\phi_g)g_0 - \phi_g g_t \\ R_{t+1} - (1-\theta_3)R_0 - \theta_1(\pi_t - \pi_{ss}) - \theta_2(y_t - y_{ss}) \end{bmatrix} \quad (\text{A-2})$$

La solución al modelo expresado en la ecuación (A-1) tiene la forma,

$$y_t = g(x_t, \sigma) \quad (\text{A-3})$$

$$x_{t+1} = h(x_t, \sigma) + \tilde{\eta}\sigma\varepsilon_t \quad (\text{A-4})$$

donde $g(\cdot)$ y $h(\cdot)$ son funciones de las variables de estado (x_t) y se obtienen utilizando una aproximación de segundo orden.

C. Datos y Fuentes

La fuente y definición de las variables utilizadas en la estimación del modelo VAR se resumen en el siguiente cuadro,

Variable	Definición	Fuente
<i>Términos de intercambio</i>	(log) ratio del precio cobre/precio petróleo	http://akbal.imp.mx y http://www.cochilco.cl
<i>Tasa de Interés Doméstica</i>	Tasa de Interés Interbancaria en Unidades de Fomento (UF)	Banco Central de Chile
<i>Tasa de Interés Externa</i>	Tasa de Interés de Bonos del Tesoro de Estados Unidos a 3 meses	http://www.federalreserve.gov
<i>Tasa de inflación</i>	(log) Variación Índice de Precios al Consumidor a 12 meses	Banco Central de Chile
<i>Agregados Monetarios</i>	(log) M1A deflactado por el IPC	Banco Central de Chile
<i>Producto</i>	(log) IMACEC	Banco Central de Chile

Cuadro 5: Fuente de los datos utilizados en la estimación del modelo VAR

D. Propiedades del Modelo VAR y Funciones Impulso - Respuesta

Como se observa en el Cuadro 6, el criterio de Schwarz nos indica que se debe escoger un VAR(1) mientras que el criterio de Hannan Quinnnos señala que debemos escoger un VAR(2). La Figura 12 y la figura 13 nos muestran que ambos modelos VAR, con uno y dos rezagos, son estacionarios debido a que todos los valores propios se encuentran dentro del círculo unitario.

	AIC	SC	HQ
0	-2.534.852	-2.350.707	-2.460.091
1	-3.436.457	-31.67322*	-3.327.191
2	-3.485.138	-3.131.013	-33.41368*
3	-3.495.760	-3.056.645	-3.317.484
4	-3.498.048	-2.973.943	-3.285.268
5	-3.464.203	-2.855.108	-3.216.918
6	-3.460.569	-2.766.484	-3.178.779
7	-3.452.374	-2.673.300	-3.136.080
8	-3.456.850	-2.592.786	-3.106.051
9	-3.464.228	-2.515.173	-3.078.924
10	-3.502.123	-2.468.079	-3.082.314
11	-3.514.186	-2.395.152	-2.395.152
12	-36.12586*	-2.408.562	-3.123.767

Cuadro 6: Criterios de Información de modelo VAR para escoger el número de rezagos óptimo

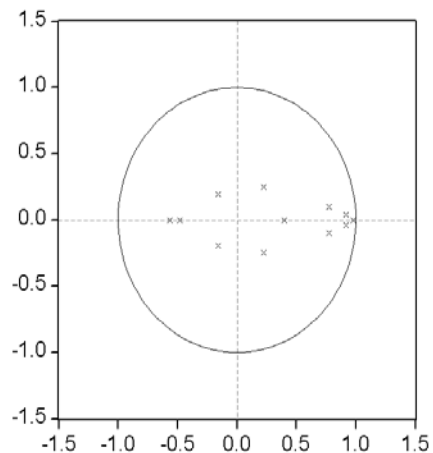


Figura 12: Valores propios del polinomio característico del modelo VAR(2).

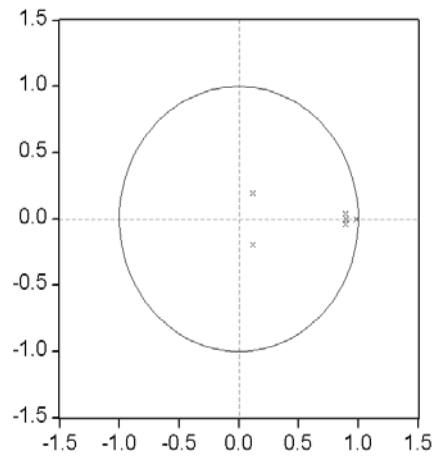


Figura 13: Valores propios del polinomio característico del modelo VAR(1).

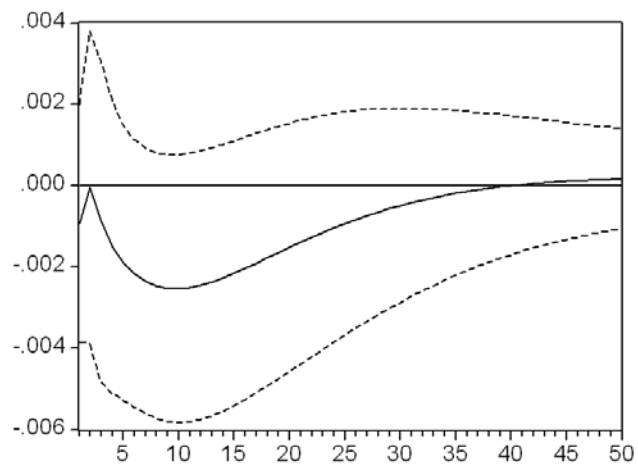


Figura 14: Respuesta del Imacec a un shock en la tasa de interés doméstica (VAR(1) Generalizado)

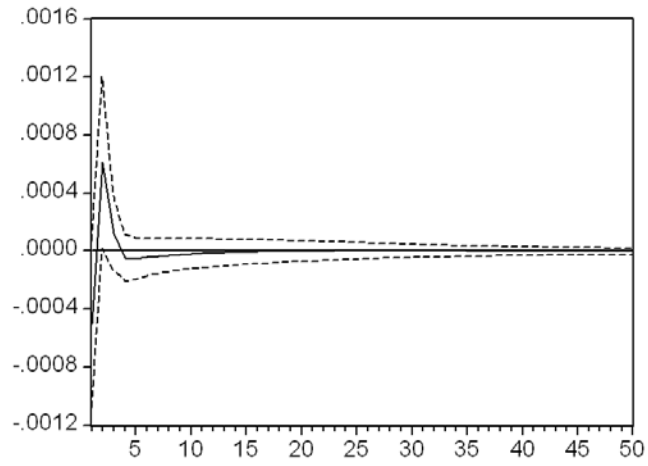


Figura 15: Respuesta de la inflación a un shock en la tasa de interés doméstica (VAR(1) Generalizado)

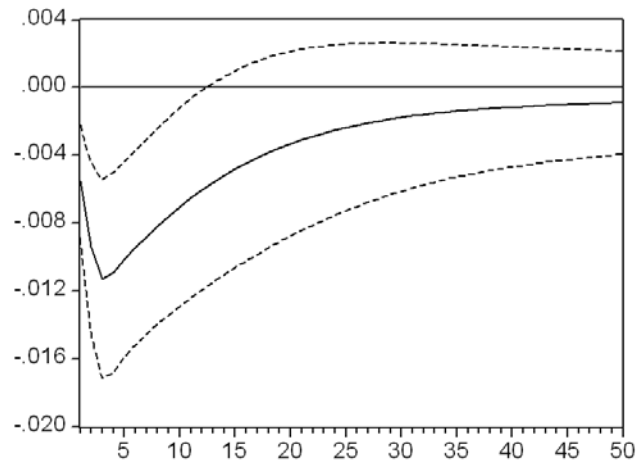


Figura 16: Respuesta de M1A a un shock en la tasa de interés doméstica (VAR(1) Generalizado)

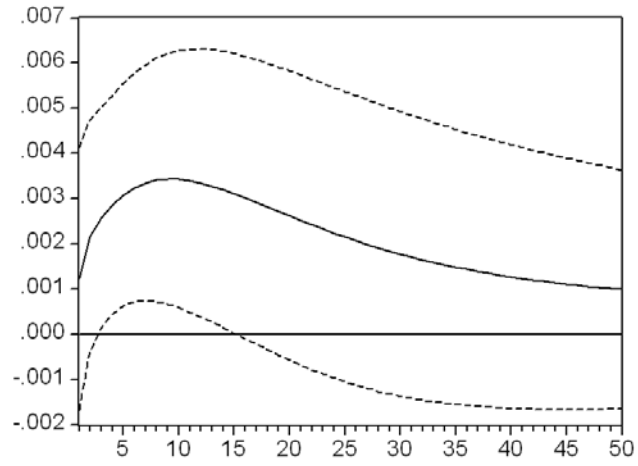


Figura 17: Respuesta del Imacec a un shock en la tasa de interés externa (VAR(1) Generalizado)

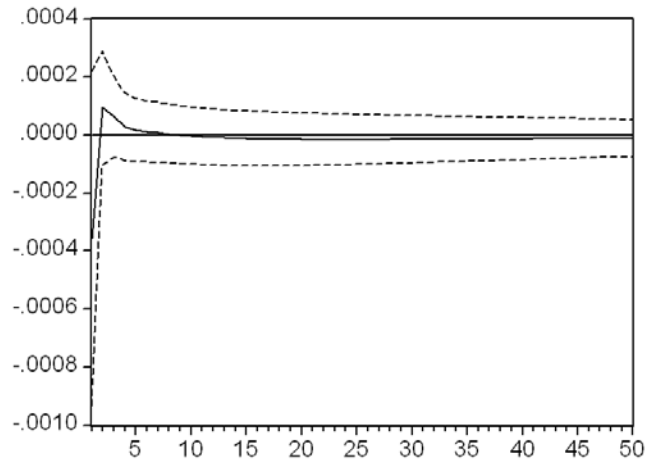


Figura 18: Respuesta de la inflación a un shock en la tasa de interés externa (VAR(1) Generalizado)

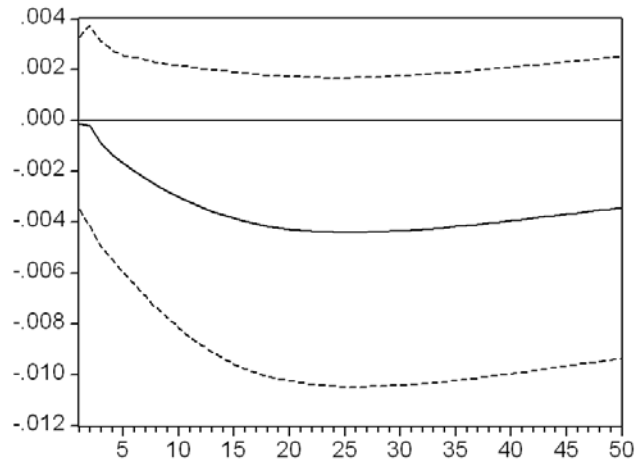


Figura 19: Respuesta dM1A a un shock en la tasa de interés externa (VAR(1) Generalizado)

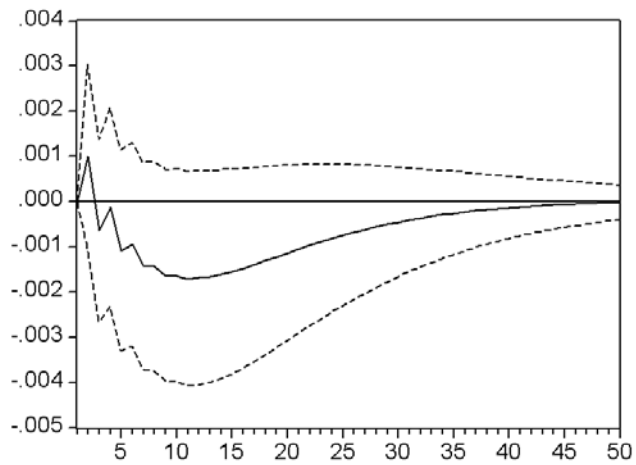


Figura 20: Respuesta del Imacec a un shock en la tasa de interés doméstica (VAR(2) y Descomposición de Cholesky)

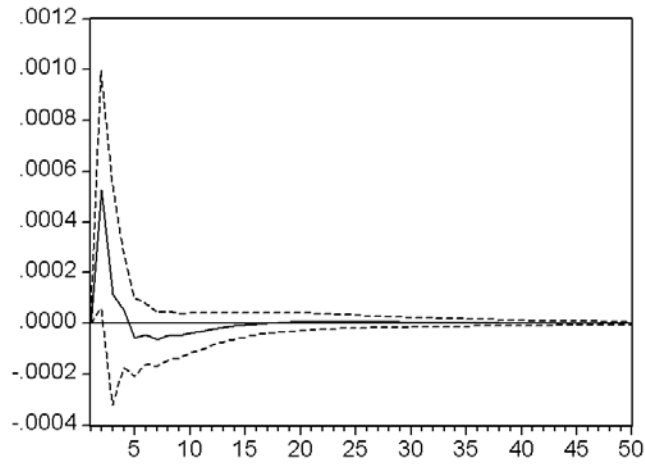


Figura 21: Respuesta de la inflación a un shock en la tasa de interés doméstica (VAR(2) y Descomposición de Cholesky)

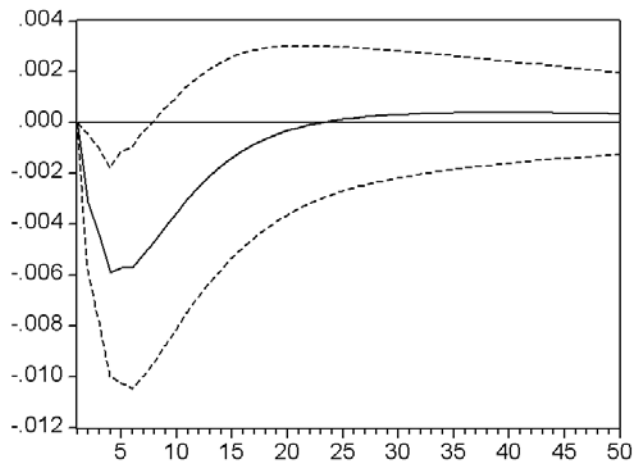


Figura 22: Respuesta de M1A a un shock en la tasa de interés doméstica (VAR(2) y Descomposición de Cholesky)

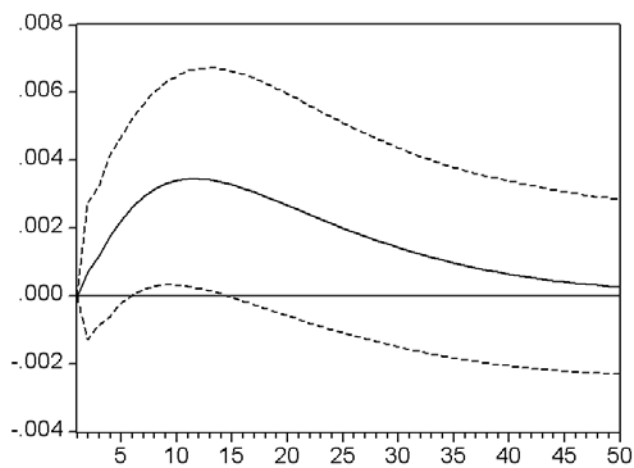


Figura 23: Respuesta del Imacec a un shock en la tasa de interés externa (VAR(2) y Descomposición de Cholesky)

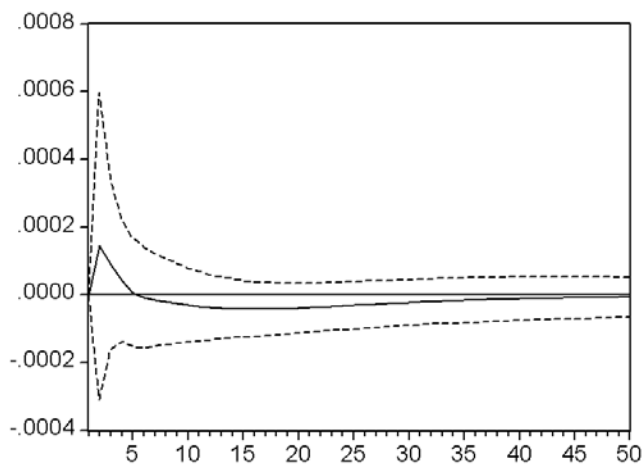


Figura 24: Respuesta de la inflación a un shock en la tasa de interés externa (VAR(2) y Descomposición de Cholesky)

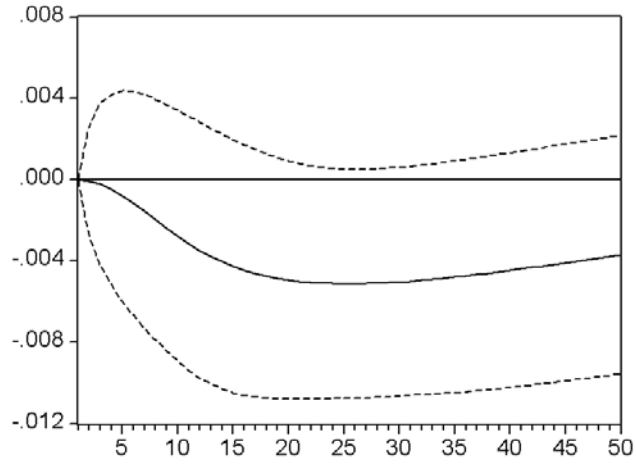


Figura 25: Respuesta de M1A a un shock en la tasa de interés externa (VAR(2) y Descomposición de Cholesky)

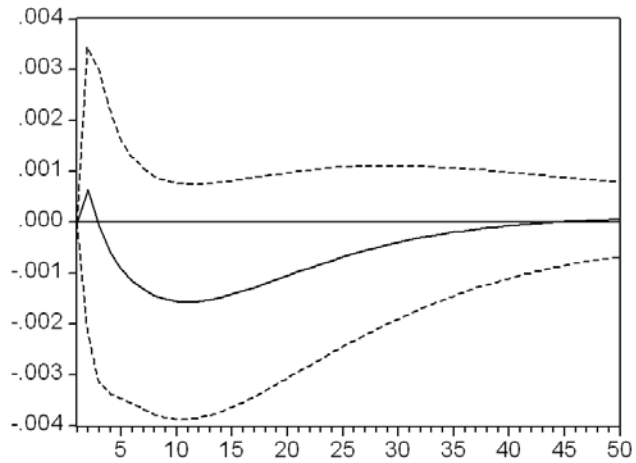


Figura 26: Respuesta del Imacec a un shock en la tasa de interés doméstica (VAR(1) y Descomposición de Cholesky)

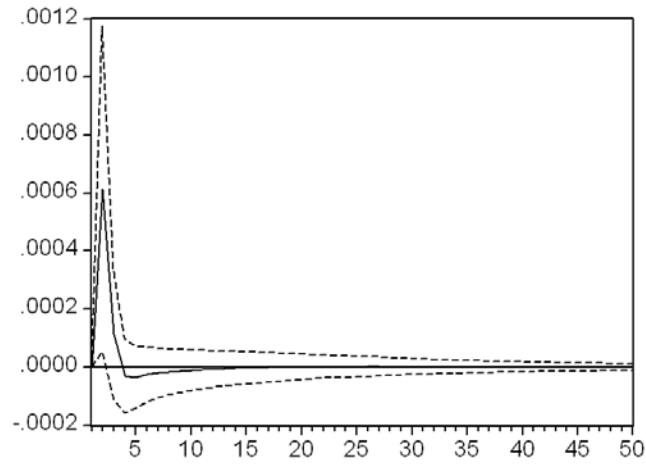


Figura 27: Respuesta de la inflación a un shock en la tasa de interés doméstica (VAR(1) y Descomposición de Cholesky)

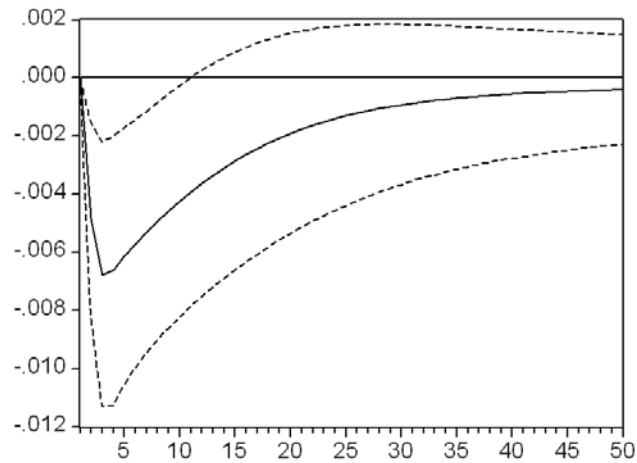


Figura 28: Respuesta de M1A a un shock en la tasa de interés doméstica (VAR(1) y Descomposición de Cholesky)

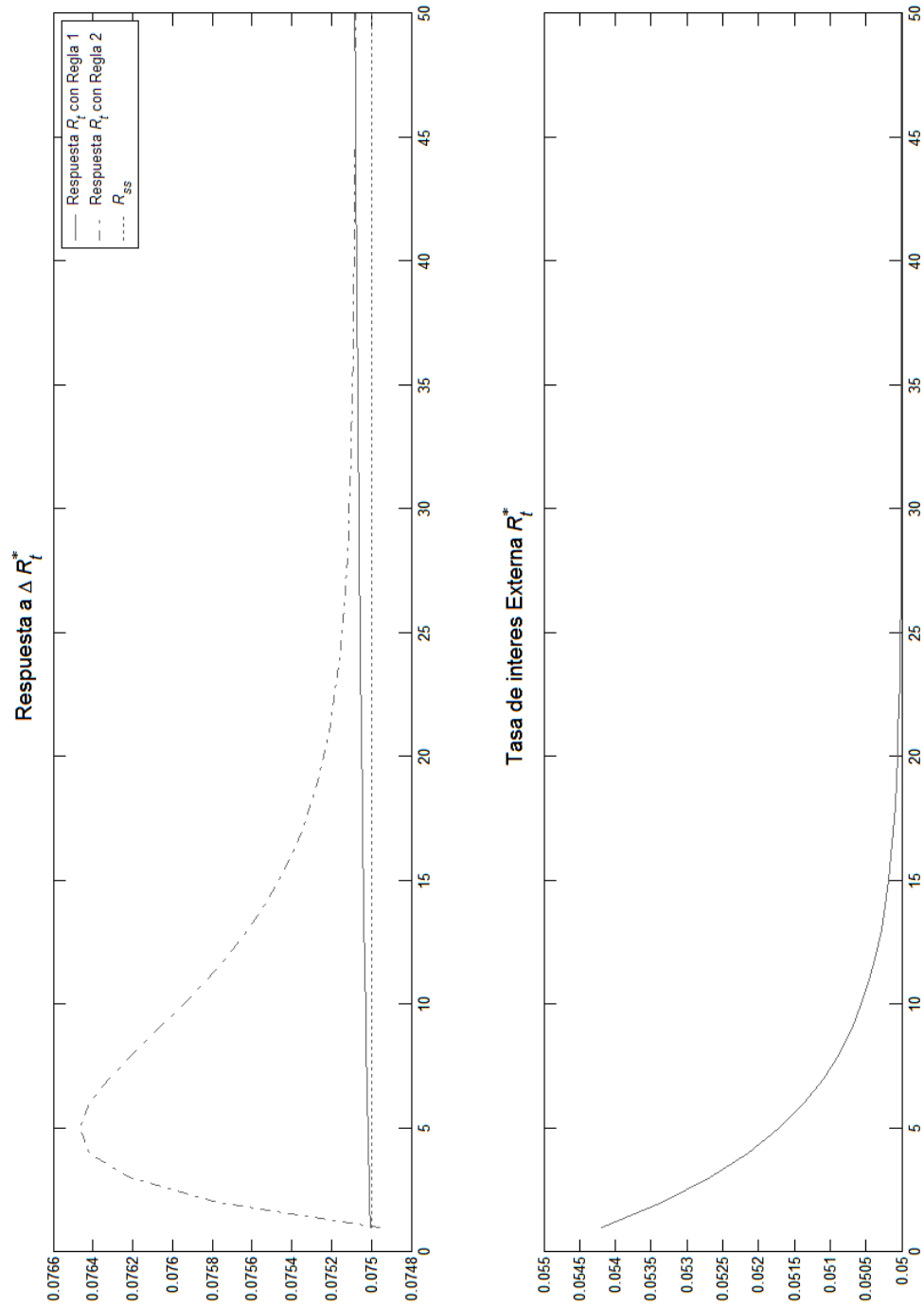


Figura 29: Respuesta de la tasa de interés doméstica a un aumento de la tasa de interés externa en 0.5% anual.

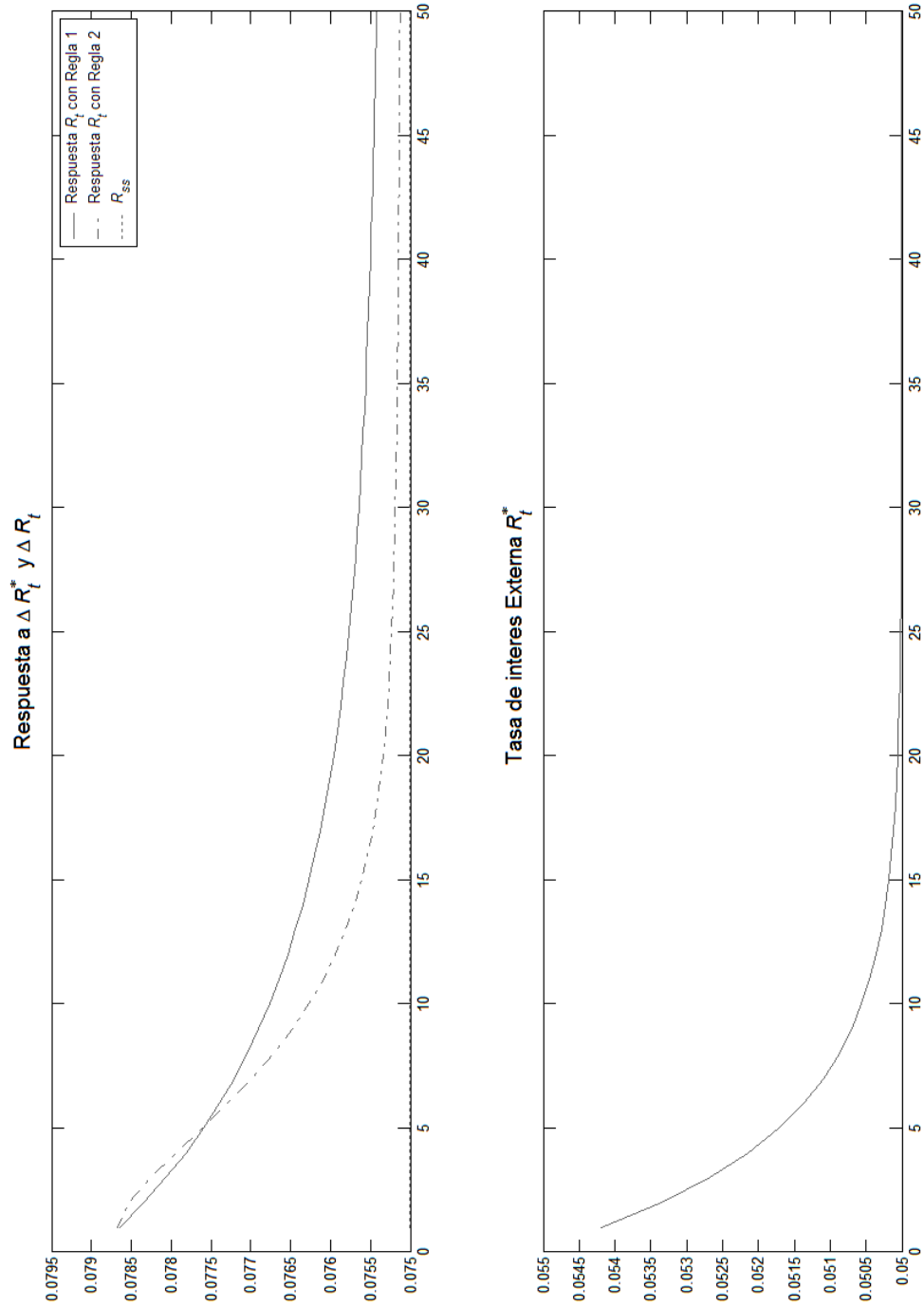


Figura 30: Trayectoria de la tasa de interés doméstica después de un aumento de la tasa de interés externa y doméstica en 0.5% anual.