

Reglas Óptimas de Política Monetaria en Chile*

Juan Pablo Medina G.[†]
Banco Central de Chile

Rodrigo Valdés P.[‡]
Banco Central de Chile

Primera Versión: Abril 15, 1999

Comentarios Bienvenidos

Resumen

Este trabajo encuentra reglas óptimas de política monetaria para Chile tomando en cuenta explícitamente los objetivos múltiples que puede tener un banco central y usando un modelo simple pero realista de la economía chilena, especialmente en lo referido a rezagos y elasticidades. Las reglas se obtienen utilizando un método de programación dinámica estándar que toma en cuenta variables *forward-looking*. Estas reglas permiten estudiar la reacción óptima de política y la dinámica esperada de la economía luego de distintos shocks. Además, son potencialmente útiles como una guía de política. Los resultados indican que la reacción óptima es muy diferente cuando el BC incluye dentro de sus objetivos el control de la cuenta corriente (además de la inflación). Una vez que la cuenta corriente es parte de la función objetivo del BC, el peso relativo que se le asigna a la evolución del PIB vis-a-vis la inflación es menos relevante para determinar la política óptima.

Clasificación *JEL*: E52, E58.

Palabras Clave: Reglas de Política; Política Monetaria; Programación Dinámica; Función de Reacción; Solución Discrecional.

*Agradecemos los valiosos comentarios de Jorge Marshall y Klaus Schmidt-Hebbel. Los errores son de nuestra exclusiva responsabilidad. Las opiniones y resultados de este trabajo no comprometen de manera alguna al Consejo del BCCh.

[†]Dirección: Gerencia de Programación Macroeconómica, Agustinas 1180, Santiago, Chile. E-mail: jpmedina@condor.bcentral.cl

[‡]Dirección: Gerencia de Investigación Económica, Agustinas 1180, Santiago, Chile. E-mail: rvaldesx@condor.bcentral.cl

1 Introducción

Las decisiones de política monetaria constituyen la tarea más importante que realiza día a día un banco central (BC). Estas decisiones se basan en distintas fuentes de información y metodologías. En un extremo podemos pensar que la política monetaria es un *arte*. Este es el caso, por ejemplo, si la manera en que se manejan las expectativas de los agentes es al final lo que cuenta para lograr los efectos deseados. En este caso no existen recetas para guiar las decisiones de política y cada evento (y momento del tiempo) debe ser evaluado en su propio mérito para decidir cursos de acción. Esta forma de hacer política se conoce técnicamente como discreción pura. En el otro extremo podemos pensar en reglas predefinidas de política cuyo diseño toma en cuenta algún criterio de optimalidad. Este criterio se basa en una función explícita de preferencias de la autoridad. En este caso el curso de acción es mecánico, aunque ciertamente depende del estado que presenta la economía en cada momento.

En la realidad las decisiones de política se nutren de ambos extremos. Por un lado, el enfoque de reglas no es capaz de prever todas las situaciones —por ejemplo, ¿cómo cambia la política óptima en un año de elecciones? o ¿cómo se ajusta la política si los agentes se tornan más pesimistas? Esta limitación obedece a que la realidad es siempre más complicada de lo que un modelo es capaz de considerar. Por otro lado, con el enfoque puramente “artístico” no es posible tomar en cuenta complejidades que sólo los modelos más formales son capaces de ordenar y manejar —por ejemplo, ¿cómo cambia la política óptima si su efecto tiene rezagos? o ¿cómo se modifica si la economía sufre varios shocks simultáneos? Este trabajo pretende aportar en esta segunda dimensión determinando reglas óptimas de política monetaria en Chile. El objetivo es encontrar funciones de reacción invariantes en el tiempo para la tasa de interés de política (el instrumento monetario clave en Chile) considerando explícitamente los múltiples objetivos que persigue el Banco Central de Chile (BCCh) y una estructura realista de la economía chilena.

El método que se utiliza en este trabajo para construir reglas de política se basa en un modelo de programación dinámica de un problema lineal-cuadrático con expectativas racionales y variables *forward-looking*. Tiene una estrecha relación con los trabajos de Svensson (1998) y Bharucha y Kent (1998) que estudian reglas óptimas en esquemas de política basados en metas de inflación en economías abiertas. Entre otros aspectos esos trabajos analizan los méritos de usar como objetivo inflacionario la inflación de los

bienes no transables y la utilidad de indicadores de condiciones monetarias (MCIs).

El presente trabajo se diferencia en dos dimensiones. Primero, se considera el control del déficit de la cuenta corriente dentro de los objetivos explícitos del BC, cuestión que está formalmente establecida por el BCCh.¹ Esto genera una función de reacción óptima diferente al caso en que el objetivo único es el control de la inflación (y, eventualmente, movimientos del producto). Segundo, se considera un modelo realista de la economía chilena. Esto involucra estimar un modelo con múltiples rezagos y varias variables macroeconómicas clave. Este realismo hace posible utilizar las reglas que se estiman como una guía de política. En particular, se pueden responder preguntas como cuánto y con qué persistencia debe aumentar la tasa de interés luego de un shock de términos de intercambio, de premio por riesgo-país, o de otro tipo.

La estructura económica que se considera es similar a la de un modelo simple de proyección macroeconómica de un BC. Incluye ecuaciones de brecha PIB-PIB potencial, brecha gasto-producto, curva de Philips, paridad descubierta de tasas y estructura de tasas de interés. El modelo incorpora sólo variables estacionarias, por lo que los resultados deben ser interpretados como desviaciones de las distintas variables respecto de los valores de tendencia de largo plazo.

Además de la importancia del valor numérico de las reglas encontradas, el trabajo permite extraer algunas conclusiones de índole más general. Entre las más relevantes cabe mencionar: (i) el hecho de incorporar la cuenta corriente dentro de los objetivos del BC tiene un impacto importante en la forma que toma la función de reacción óptima; (ii) una vez que la cuenta corriente es considerada dentro de los objetivos, la reacción dinámica de la política no cambia de manera significativa con el grado de aversión a la inflación que tenga el BC; (iii) la respuesta óptima ante algunos shocks incluye una aparente sobrerreacción de las tasas de interés; y (iv) en general, un BC con preferencias similares al BCCh reacciona ante shocks que afectan a la cuenta corriente con movimientos rápidos y menos persistentes de tasas, mientras que reacciona con movimientos más persistentes ante shocks que afectan a la inflación.

El trabajo se organiza de la siguiente manera. La sección 2 discute los beneficios de utilizar programación dinámica como marco de análisis de reglas de política. La sección 3 presenta las ecuaciones básicas que describen la economía y los objetivos del BC. La sección 4 presenta la representación del modelo en el espacio de estados y las reglas

¹La Ley Orgánica Constitucional establece que uno de los objetivos del BC es la “normalidad del funcionamiento del sistema de pagos externos.”

óptimas para cuatro distintas caracterizaciones de las preferencias del BC. La sección 5 presenta las respuestas óptimas de política y la evolución de la economía ante distintos shocks. Por último, la sección 6 presenta algunas conclusiones.

2 Reglas de Política y Programación Dinámica

La programación dinámica es un marco natural para analizar las reglas óptimas de política. Una descripción simple del problema genérico que se quiere solucionar con este método es el siguiente. El objetivo es escoger una secuencia de tasas de interés $\{r_t\}_{t=0}^{\infty}$ para minimizar la siguiente función de pérdida intertemporal:

$$\mathbf{L}_t = \sum_{\tau=0}^{\infty} \delta^{\tau} \mathbf{l}(X_{t+\tau}, r_{t+\tau}), \quad (1)$$

donde δ es un factor de descuento, $\mathbf{l}(\cdot, \cdot)$ es la función de pérdida de cada período, y X_t es un vector de variables estado (por ejemplo, inflación, producto, cuenta corriente, etc.). Este vector de variables evoluciona de acuerdo a la siguiente ley de movimiento:

$$X_{t+1} = g(X_t, r_t), \quad (2)$$

con X_0 dado. En este esquema se supone que la autoridad conoce la realización de X_t cuando escoge r_t .

El resultado de la programación dinámica entrega una solución a este problema que, en vez de describir la secuencia óptima de tasas de interés en el tiempo, eso es $\{r_t\}_{t=0}^{\infty}$, describe la solución a través de una función de política invariante en el tiempo:

$$r_t = h(X_t). \quad (3)$$

Esta función es justamente la regla de política óptima que se busca encontrar. No obstante, encontrar una regla $h(X_t)$ que tenga utilidad práctica tiene algunas complicaciones.

De partida, una descripción más realista de la economía es más compleja que lo que muestra la ecuación (2) ya que, por un lado, existe incertidumbre y, por otro, existen variables estado que son *forward-looking*. Un ejemplo de esto último lo constituye el tipo de cambio que depende de condiciones de arbitraje.

Por otra parte, la solución del problema descrito por (1) y (2) es implementable en la práctica sólo bajo algunas restricciones que simplifiquen el problema. Una posibilidad

es tener un número reducido de variables estado (v.gr., menos que 3) y encontrar soluciones numéricas iterando sobre la llamada ecuación de Bellman. Esto, sin embargo, es una solución que no permite describir el problema de política monetaria que enfrenta el BC en forma realista porque no es capaz de acomodar un número suficiente de variables endógenas de manera de dar cabida a efectos rezagados o a varias variables macroeconómicas en forma simultánea (aunque sin duda es útil para estudiar otros fenómenos).

Una segunda posibilidad es simplificar las ecuaciones (1) y (2) para transformar el problema en uno lineal-cuadrático, conocido también como problema del regulador lineal. En particular, si se considera una función de pérdida cuadrática y la ecuación que describe la evolución de las variables estado es lineal, la solución óptima es una función lineal de las variables estado. Esta función se obtiene a través de iteraciones sobre la llamada ecuación matricial de Riccati.² Esta simplificación supone que la función de pérdida es simétrica —se considera igualmente indeseado una desviación positiva como una negativa respecto de un valor meta— lo que constituye una limitación obvia al realismo que describe el problema (v.gr., el objetivo de cuenta corriente del BC es en realidad asimétrico). La simplificación también produce equivalencia-cierta en la solución del problema, es decir, las soluciones del problema con y sin incertidumbre son exactamente iguales.³

En este trabajo supondremos que el problema es lineal-cuadrático, estocástico y que algunas de las variables estado son *forward-looking*. Esto implica que en principio existen dos tipos de soluciones para el problema. Primero, una de compromiso, en que el BC considera las variables *forward-looking* como predeterminadas y, por lo tanto, supone que no cambian con su política. En este caso la autoridad se compromete a mantener en el período actual su política aun cuando las variables *forward-looking* cambien con esa política. El segundo tipo de solución es una discrecional, en que el BC sí toma en cuenta su efecto sobre las variables *forward-looking*. En este segundo caso la función de política depende sólo de variables estado predeterminadas y, al igual que Svensson (1998), es el que estudiamos en este trabajo.⁴

²Ver Sargent y Ljungqvist (1999), caps. 1 y 3. para más detalles.

³Esto limita el análisis a cierto tipo de preguntas. Por ejemplo, en este esquema no es posible averiguar cómo cambia la función óptima de política si aumenta la varianza de los términos de intercambio.

⁴Para más detalles, ver Svensson (1994) y (1998) y Söderlind (1998) y (1999).

3 Descripción de la Economía

La economía está descrita por una series de variables estado, algunas predefinidas que están sujetas a shocks y otras *forward-looking*. La estructura general del modelo es similar a la de un modelo estructural simple de proyección. Las variables responden a la política monetaria en forma instantánea y con rezagos y a la evolución de otras variables fundamentales como los términos de intercambio, el premio por riesgo-país y la tasa de interés internacional. Además, existe una función objetivo explícita del BC. En la aplicación empírica las variables tienen una frecuencia trimestral. Suponemos, además, que las variables son observables en forma contemporánea.⁵

Todas las variables del modelo representan desviaciones entre esa variable y su valor de tendencia de largo plazo (que podría ser estocástica) por lo que son estacionarias. Así, en este esquema r_t representa la desviación entre la tasa de interés y su tendencia de largo plazo.

Los resultados de la estimación y calibración de estas ecuaciones con datos trimestrales para la economía chilena se presentan en el anexo 1.

3.1 Objetivos de la Política Monetaria

La autoridad monetaria persigue tres objetivos: (i) que la inflación sea similar a la meta propuesta; (ii) que el saldo de la cuenta corriente se mantenga acotado cerca de un nivel objetivo; y (iii) que el PIB no se aleje del PIB potencial. Adicionalmente, al BC le incomoda que las tasas de interés se muevan en forma brusca.⁶ Estos objetivos se resumen en la siguiente función de pérdida cuadrática del período t :

$$\mathbf{l}_t = \mu_\pi \pi_t^2 + \mu_{cc} cc_t^2 + \mu_y y_t^2 + \mu_r (r_t - r_{t-1})^2 \quad (4)$$

donde π_t es la brecha entre la inflación efectiva y la meta de inflación, cc_t es la brecha entre la cuenta corriente efectiva y la cuenta corriente objetivo (como proporción del PIB), y_t es la brecha PIB-PIB potencial.⁷ El término $(r_t - r_{t-1})^2$ captura el costo para

⁵Una forma de interpretar este supuesto es considerar que la tasa de interés que se escoge es de fin de período. Una forma alternativa es considerar que en la práctica existen buenas proyecciones a corto plazo (dentro del trimestre).

⁶Ver Massad (1998) para una descripción y discusión acerca de los objetivos del BCCh.

⁷Esta formulación reconoce que la política monetaria puede afectar la evolución del PIB en forma transitoria. De ahí que se utilice el PIB potencial como referencia. Ver nota de pie 10.

el BC de cambios frecuentes y amplios en política monetaria. Por último, μ_π , μ_{cc} , μ_y y μ_r son constantes no negativas.

En cada período t el BC escoge un nivel de la tasas de interés para minimizar la esperanza de la suma descontada de futuras pérdidas:

$$\mathbf{L}_t = E \left[\sum_{\tau=0}^{\infty} \delta^\tau \mathbf{1}_{t+\tau} \setminus \Omega_t \right] \quad (5)$$

donde Ω_t representa la información disponible en t . El BC sabe, además, que período a período puede re-optimizar, por lo que la solución es de tipo discrecional. En otras palabras, al escoger su política monetaria hoy, el BC sabe que mañana la cambiará si las condiciones así lo ameritan. Esto implica que la regla óptima de política monetaria es del tipo $r_t = FX_t$, donde X_t es el vector de variables prederivadas y F un vector de constantes determinadas en forma endógena.

3.2 Variables Estado “Exógenas”

Existen tres variables fundamentales exógenas en la economía: los términos de intercambio (en log), la tasa de interés real internacional, y el premio por riesgo. Se supone que estas tres variables son estacionarias (o, en su defecto, se ha descontado su tendencia). Su evolución está dada por:

$$tot_t = \rho_{tot} tot_{t-1} + \rho_{tot}^r r_{t-1}^* + \xi_t^{tot}, \quad (6)$$

$$r_t^* = \rho_r r_{t-1}^* + \xi_t^r, \text{ y} \quad (7)$$

$$\varphi_t = \rho_\varphi \varphi_{t-1} + \xi_t^\varphi, \quad (8)$$

respectivamente, donde los ρ_j están entre cero y uno, y los distintos ξ_t^j representan shocks aleatorios i.i.d., con $j = tot, r^*, \text{ y } \varphi$.

3.3 Variables Estado “Endógenas”

La tasa de inflación de la economía evoluciona de acuerdo a la inflación de los bienes transables, que, a su vez, depende de los precios internacionales y del tipo de cambio, y de la inflación de no transables, que depende de rezagos de la propia inflación, de

las expectativas futuras de la inflación formadas en períodos anteriores y de la brecha PIB-PIB potencial. En particular, se tiene que la brecha de la inflación evoluciona de acuerdo a:

$$\pi_t = (1 - \omega)\pi_t^T + \omega\pi_t^N - \bar{\pi}, \quad (9)$$

donde π_t^T es la inflación de los bienes transables, π_t^N la de los no transables, $\bar{\pi}$ es la inflación meta, y ω un parámetro constante. Por su parte, la inflación de transables evoluciona de acuerdo a:

$$\pi_t^T = \alpha'_T(L)(\hat{e}_{t-1} + \pi_{t-1}^*) + \xi_t^T \quad (10)$$

donde $\alpha'_T(L)$ es un polinomio en el operador rezago L , \hat{e}_t es la devaluación nominal, π_t^* es la inflación internacional y ξ_t^T es un shock i.i.d. Esta especificación supone que se cumple la versión débil de la paridad del poder de compra para los transables (controlando por IVA y aranceles) y que el *pass-through* desde precios internacionales a inflación no es instantáneo. A su vez, la inflación de no transables evoluciona de acuerdo a:

$$\pi_t^N = \alpha'_{\pi L}(L)\pi_{t-1} + E[\alpha'_{\pi F}(F)\pi_{t+1} \setminus \Omega_{t-1}] + \alpha'_y(L)y_t + \xi_t^N, \quad (11)$$

donde $\alpha'_{\pi F}(F)$ es un polinomio en el operador de adelantamiento (que no opera sobre Ω_{t-1}). Esto significa que $E[\pi_{t+1} \setminus \Omega_{t-1}]$ es una variable predeterminada en el período t . Esta ecuación se asemeja a una curva de Phillips aumentada por expectativas e indización y su estructura se basa en las ecuaciones utilizadas en los modelos de proyección del BCCh.⁸

Definiendo el tipo de cambio real como $q_t = e_t p_t^*/p_t$ y suponiendo sin pérdida de generalidad que $\bar{\pi} = 0$, la ecuación para la brecha de inflación puede escribirse de la siguiente manera:

$$\pi_t = \alpha_T(L)\hat{q}_{t-1} + \alpha_{\pi L}(L)\pi_{t-1} + E[\alpha_{\pi F}(F)\pi_{t+1} \setminus \Omega_{t-1}] + \alpha_y(L)y_t + \xi_t^\pi, \quad (12)$$

donde $\alpha_T(L) = (1 - \omega)\alpha'_T(L)$, $\alpha_{\pi L}(L) = \omega\alpha'_{\pi L}(L) + (1 - \omega)\alpha'_T(L)$, $\alpha_{\pi F}(F) = \omega\alpha'_{\pi F}(F)$, $\alpha_y(L) = \omega\alpha'_y(L)$ y $\xi_t^\pi = \omega\xi_t^N + (1 - \omega)\xi_t^T$. Además, para preservar homogeneidad de grado uno en precios se supone que $\omega[\alpha'_{\pi L}(1) + \alpha'_{\pi F}(1)] + (1 - \omega)\alpha'_T(1) = 1$.

⁸Esta estructura para las expectativas de inflación es también similar a la ecuación de precios usada por Svensson (1998).

El tipo de cambio real es una variable *forward-looking* que se determina de acuerdo a la ecuación de arbitraje descubierto de tasas:

$$q_t = E [q_{t+1} \setminus \Omega_t] + 0.25(r_t^* - r_t + \varphi_t). \quad (13)$$

Implícitamente se asume que existe PPP en el largo plazo para el nivel de precios, por lo que q_t eventualmente converge a cero.⁹

Además de la tasa de interés de corto plazo, existe una tasa de interés de bonos de largo plazo (aproximada por los PRC8) que también es una variable *forward-looking*. De acuerdo a la hipótesis de expectativas de la curva de rendimiento se puede aproximar el comportamiento de la tasa de largo plazo R_t como:

$$R_t = \lambda r_t + (1 - \lambda)E [R_{t+1} \setminus \Omega_t]. \quad (14)$$

La brecha entre el PIB y el PIB potencial tiene algún grado de persistencia y reacciona con rezagos a las tasas de interés y los términos de intercambio:

$$y_t = \beta_y(L)y_{t-1} + \beta_R(L)R_{t-1} + \beta_r(L)r_{t-1} + \beta_{tot}(L)tot_{t-1} + \xi_t^y, \quad (15)$$

donde ξ_t^y es un shock i.i.d.

Para construir la brecha entre la razón cuenta corriente (balanza comercial) a PIB consideramos una aproximación lineal que depende de la brecha gasto-producto, que denotamos $y_t^d - y_t$, los términos de intercambio, la brecha PIB-PIB potencial y el tipo de cambio real. Una (log) expansión de Taylor de primer orden sobre la balanza comercial permite escribir la siguiente aproximación:

$$cc_t = -(y_t^d - y_t) - k_0 q_t + k_0 y_t + k_1 tot_t, \quad (16)$$

donde k_0 es la razón Balanza Comercial a PIB del año base de expansión (2% en 1997) y k_1 es la razón exportaciones a PIB del año base (30% en 1997). El déficit de cuenta corriente del año de expansión fue de 4.8% del PIB.

Finalmente, suponemos que la brecha gasto producto tiene algún grado de persistencia y depende de las tasas de interés, de los términos de intercambio y del tipo de cambio real. Específicamente, esta brecha evoluciona de acuerdo a la siguiente ecuación:

⁹Se podría tener una descripción más realista del TCR de largo plazo como en Faruqee (1995) en que éste depende, por ejemplo, del stock activos internacionales netos. Esto, sin embargo, complica la solución del problema pues involucra variables no estacionarias.

$$y_t^d - y_t = \gamma_d(L)(y_{t-1}^d - y_{t-1}) + \gamma_R(L)R_{t-1} + \gamma_r(L)r_{t-1} + \gamma_{tot}(L)tot_{t-1} + \gamma_q(L)q_{t-1} + \xi_t^d, \quad (17)$$

donde ξ_t^d es un shock i.i.d. En la práctica, para ser consistentes con la definición de y_t , consideramos y_t^d como la brecha entre el gasto efectivo y el gasto de tendencia.¹⁰ Esta ecuación está estrechamente relacionada a (15) ya que ambas ecuaciones incluyen el (ciclo del) PIB como parte de la variable dependiente. Los shocks ξ_t^y y ξ_t^d , por lo tanto, tienen algún grado de correlación positiva.¹¹ En los ejercicios de simulación que se presentan más abajo consideramos shocks independientes y conjuntos.

En suma, la economía se describe por las ecuaciones (6) a (8) y (12) a (17). La estructura de rezagos en la estimación de estas ecuaciones que se presenta en el anexo 1 se escoge de manera de maximizar el realismo del modelo, aún cuando esto significa tener múltiples variables estado.

4 Solución

La solución al problema descrito requiere reescribir el modelo de manera de representarlo en el espacio de los estados. Una vez representado en ese espacio se puede aplicar el algoritmo descrito en Backus y Driffill (1986), Svensson (1994) y Söderlind (1999). Como se discutió más arriba, suponemos una solución de discreción.

4.1 Representación en el Espacio de Estados

Siguiendo la misma notación de Svensson (1998), sea X_t el vector (columna) de variables predeterminadas, Y_t el vector (columna) de variables que entran en la función de pérdida del BC, x_t el vector (columna) de variables *forward-looking* y ξ_t el vector (columna) de shocks. Considerando la estructura de rezagos del modelo que se presenta en el anexo 1, se tiene:

$$X_t = \left(tot_t, tot_{t-1}, tot_{t-2}, r_t^*, \varphi_t, q_{t-1}, q_{t-2}, q_{t-3}, \pi_t, \pi_{t-1}, \pi_{t-2}, \pi_{t-3}, y_t, y_{t-1}, r_{t-1}, R_{t-1}, y_t^d - y_t \right)',$$

¹⁰Esta especificación, por lo tanto, estudia el efecto de la tasa de interés sobre la cuenta corriente sin considerar tendencias seculares de la brecha gasto-producto. Esto es consistente con la idea de que el BC se limita a escoger desviaciones de la tasa de interés real respecto de su tendencia de largo plazo. Esta última es en realidad endógena y responde a esa tendencia secular.

¹¹Las estimaciones muestran una correlación igual a 0.20 para ξ_t^y y ξ_t^d .

$$Y_t = (\pi_t, cc_t, y_t, r_t - r_{t-1})',$$

$$x_t = (R_t, q_t, E[\pi_{t+1} \setminus \Omega_{t-1}], E[\pi_{t+2} \setminus \Omega_{t-1}])', y$$

$$\xi_t = (\xi_t^{tot}, 0, 0, \xi_t^r, \xi_t^\varphi, 0, 0, 0, \xi_t^\pi, 0, 0, 0, \xi_t^y, 0, 0, 0, \xi_t^d)'$$

Sean n_1 , n_2 , n_3 , y $n = n_1 + n_2$ las dimensiones de X_t , x_t , Y_t , y Z_t , respectivamente. En el modelo particular que consideramos se tiene $n_1 = 17$, $n_2 = 4$, y $n_3 = 4$. Sea $Z_t = (X_t', x_t)'$ el vector de variables que describe la economía. Con estas definiciones podemos resumir el modelo completo de la siguiente forma (en el espacio de los estados):

$$\begin{bmatrix} X_{t+1} \\ E[x_{t+1} \setminus \Omega_t] \end{bmatrix} = AZ_t + Br_t + \begin{bmatrix} \xi_{t+1} \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (18)$$

$$Y_t = C_Z Z_t + C_r r_t, \text{ y} \quad (19)$$

$$\mathbf{1}_t = Y_t' K Y_t, \quad (20)$$

donde A es una matriz de $n \times n$, B es un vector columna $n \times 1$, C_Z es una matriz de $n_3 \times n$, C_r es un vector columna $n_3 \times 1$, y K es una matriz diagonal de $n_3 \times n_3$, con $(\mu_\pi, \mu_{cc}, \mu_y, \mu_r)$ en la diagonal. El anexo 2 describe estas distintas matrices con detalle.

La solución del problema se caracteriza por una función de política que tiene la siguiente forma:

$$r_t = F X_t, \quad (21)$$

donde F es un vector fila de $1 \times n_1$ determinado en forma endógena.

La solución también caracteriza la evolución de las variables *forward-looking* de acuerdo a la siguiente función lineal:

$$x_t = H X_t, \quad (22)$$

donde H es una matriz de $n_2 \times n_1$ determinada en forma endógena.

Así, la dinámica de la economía está dada por (21), (22) y por el siguiente par de ecuaciones:

$$X_{t+1} = M_{11}X_t + \xi_{t+1}, \text{ e} \quad (23)$$

$$Y_t = (C_{z1} + C_{z2}H + C_rF) X_t, \quad (24)$$

donde M_{11} , C_{z1} , y C_{z2} son matrices de $n_1 \times n_1$, $n_3 \times n_1$ y $n_3 \times n_2$, respectivamente, que se construyen a partir de particionar de acuerdo a X_t y x_t las matrices:

$$M \equiv A + B \begin{bmatrix} F \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} \\ M_{21} & M_{22} \end{bmatrix} \text{ y}$$

$$C_Z = \begin{bmatrix} C_{Z1} & C_{Z2} \end{bmatrix}.$$

Para encontrar las matrices F y H se utiliza el algoritmo mencionado más arriba.

4.2 Reglas Óptimas

La regla óptima para el nivel de la tasa de interés depende de las preferencias del BC, tanto de su tasa de descuento como del conjunto de pesos relativos de la función de pérdida descrita en (4). En este trabajo consideramos un factor de descuento de 0.99. Además, consideramos cuatro tipos de preferencias para un BC: “Halcón” (cuyo objetivo prioritario y prácticamente único es la inflación); “Cóndor Estricto” (cuyos objetivos prioritarios son la inflación y la cuenta corriente); “Cóndor Flexible” (que considera la variabilidad del PIB dentro de la función de pérdida con una mayor ponderación relativa); y “Paloma” (que considera la variabilidad del PIB con un alto peso relativo). Suponemos, además, que todos los tipos de BC tienen preferencias por movimientos relativamente suaves en la tasa de interés, lo que se refleja en $\mu_r = 0.02$. La tabla 1 presenta los pesos relativos (los μ_s) de la función de pérdida en cada uno de estos casos.¹²

La tabla 2 presenta las funciones de reacción óptimas para cada uno de los tipos de BC. Cada columna corresponde al vector F que, multiplicada por el vector de variables predefinidas X'_t , entrega la desviación óptima de la tasa de interés para el período

¹²Las preferencias del BC son parámetros “profundos” que no se afectan por las características de la economía (v.gr., el nivel de indización). Estas características modifican la función de reacción óptima y no estas preferencias.

Tabla 1: Tipos de Banco Central

	Parámetros sobre Preferencias			
	μ_π	μ_{cc}	μ_y	μ_r
Halcón (H)	0.95	0.00	0.05	0.02
Cóndor Estricto (CE)	0.65	0.30	0.05	0.02
Cóndor Flexible (CF)	0.40	0.35	0.25	0.02
Paloma (P)	0.20	0.20	0.60	0.02

(trimestre) t . Por ejemplo, si el BC tiene preferencias tipo Halcón, aumentará la tasa de interés en 0.55 veces lo que aumente la tasa de interés internacional en el período corriente. La dinámica completa que sigue luego de este shock es más compleja ya que depende de la respuesta de las otras variables. La próxima sección investiga con más detalles las funciones óptimas de respuesta.

Las funciones de reacción descritas en la tabla 2 merecen varios comentarios. Primero, y como es de esperar, las reacciones ante un shock de inflación son mayores mientras más peso tenga ésta dentro de las preferencias de la autoridad. Esto también se refleja en las reacciones óptimas ante shocks en la tasa de interés internacional y el premio por riesgo-país. Luego de cualquiera de estos shocks, H tiene una mayor reacción que CE, CE que CF, y CF que P. La reacción en impacto de CE y CF ante un shock de inflación es 0.32 y 0.21, respectivamente. La respuesta en todos los casos es persistente.

Segundo, a pesar que H y CE tienen preferencias similares respecto de la variabilidad del PIB, H responde más activamente ante shocks en esta variable. Paradojalmente CE y CF reaccionan de manera similar ante un shock de PIB. Este resultado refleja el hecho de que las consideraciones inflacionarias hacen que el BC se preocupe de la trayectoria del PIB y que esta “preocupación indirecta” tenga un efecto aún más importante que una eventual “preocupación directa.”¹³ La mayor sensibilidad respecto de la evolución del PIB se refleja en las reacciones ante shocks de inflación, que es sustancialmente menor en el caso CF y P.

Tercero, la reacción ante shocks de términos de intercambio dependen crucialmente de las preferencias sobre la cuenta corriente que tenga el BC. En el caso de un BC

¹³Los shocks en el PIB son shocks a la demanda en el sentido que producen inflación.

Tabla 2: Funciones de Reacción

	Tipos de Banco Central			
	Halcón	Cóndor Estricto	Cóndor Flexible	Paloma
tot_t	0.00	-0.20	-0.18	-0.11
tot_{t-1}	0.03	0.09	0.09	0.08
tot_{t-2}	0.02	0.00	0.01	0.01
r_t^*	0.55	0.14	0.10	0.09
φ_t	0.41	0.12	0.07	0.04
q_{t-1}	-0.08	-0.06	-0.05	-0.03
q_{t-2}	-0.06	-0.02	-0.01	-0.01
q_{t-3}	-0.06	-0.02	-0.01	-0.01
π_t	1.00	0.32	0.21	0.16
π_{t-1}	0.70	0.23	0.15	0.11
π_{t-2}	0.41	0.13	0.09	0.07
π_{t-3}	0.18	0.06	0.04	0.03
y_t	0.52	0.16	0.19	0.32
y_{t-1}	0.10	0.03	0.02	0.02
r_{t-1}	0.07	0.00	-0.05	-0.16
R_{t-1}	-0.26	-0.07	-0.11	-0.23
$y_t^d - y_t$	0.00	0.29	0.26	0.16

tipo H la cuenta corriente no es relevante por lo que prácticamente no existe reacción contemporánea ante un shock en términos de intercambio. Lo mismo sucede con un shock en la brecha gasto producto, donde la reacción es nula. Los demás tipos de BC sí reaccionan a este tipo de shock.

Por último, cabe destacar la complejidad de la reacción dinámica óptima. Existen tanto reacciones rezagadas como fuerzas para que la tasa de interés retorne a su tendencia de largo plazo (que se verifican especialmente a través del coeficiente de las tasas de largo plazo). Esto podría implicar que la respuesta óptima incluya ciclos en las tasas de interés. La próxima sección entrega más antecedentes sobre este punto.

5 Funciones Óptimas de Respuesta y Dinámica Esperada

5.1 Reacciones de Distintos BC

La reacción dinámica óptima de la política monetaria es otra forma de presentar las funciones de reacción descritas en la sección anterior. En este caso, además de la reacción contemporánea al shock, se estudia la evolución óptima futura bajo el supuesto que no existen nuevas innovaciones en la economía.

La figura 1 presenta la evolución de la tasa de interés óptima ante distintos shocks exógenos durante el trimestre de impacto y los 7 trimestres siguientes de ocurrido cada shock. Además de los 6 shocks básicos del modelo, consideramos uno conjunto en que tanto las brechas del gasto como del PIB se aceleran. Este es el típico caso de una economía en expansión. La figura presenta la reacción óptima de los cuatro tipos de BC considerados en la sección anterior. Los paneles de la izquierda presentan las reacciones de los BC tipo H y tipo CE, mientras que los de la izquierda las reacciones de los tipos CF y P.

Además de los valores numéricos de las funciones de respuesta, cabe destacar tres elementos. Primero, existe considerable persistencia en las reacciones de la tasa de interés ante shocks de inflación y del PIB. Existe menos persistencia en las otras reacciones (excepto en el caso de un BC tipo H, el cual también muestra persistencia ante shocks en la tasa de interés externa y el premio por riesgo).¹⁴ En parte, este resultado refleja

¹⁴Obviamente, si las preferencias del BC incluyeran una mayor aversión a cambios de tasas, las reacciones serían más persistentes.

que la brecha de inflación depende de la brecha PIB-PIB potencial (no de la brecha gasto-producto) y que la inflación, dado el alto grado de indización, es más persistente que la cuenta corriente (o sus componentes).

Segundo, en varios de los casos estudiados, y luego de algunos trimestres, existe un cambio de signo en la respuesta de la tasa de interés. Esto significa que la respuesta óptima incluye un ciclo de tasas altas/tasas bajas (o, si se quiere, un aparente sobrerreacción u *overshooting* en la tasa de política). Esta reacción es contraria de la intuición que establece que la mejor política incluye un patrón de movimiento monótono en la tasa de interés.¹⁵

Tercero, existen importantes diferencias en el perfil de las respuestas de los BC tipo H y tipo CE-CF, pero no hay grandes diferencias entre las respuestas de CE y CF. Esto indica que la presencia de la cuenta corriente dentro de los objetivos del BC cambia de manera importante su función óptima de reacción. En particular, las reacciones de H son en general más activas (con movimientos de tasas más amplios), excepto en los casos de shock de términos de intercambio y brecha gasto-PIB, en que reacciona considerablemente menos.

En cambio, una vez que el BC se preocupa de la cuenta corriente, los pesos relativos entre inflación y PIB son menos importantes para determinar la política óptima. En efecto, las respuestas de CE y CF son sorprendentemente similares (la mayor diferencia ocurre en el tamaño de la reacción inicial ante algunos shocks). Por último, cabe destacar que la respuesta de un BC tipo P es similar a la de uno tipo CF, aunque en general es menos activa (con la excepción de shocks en el PIB).

5.2 Dinámica Esperada con un BC Cóndor Estricto

En esta sección analizamos la evolución de la economía ante distintos tipos de shocks cuando el BC es del tipo Cóndor Estricto (CE). La elección de este tipo de BC está motivada por el hecho de que los objetivos formales del BCCh son similares a los de un CE. Como lo plantea Massad (1998), el control de la inflación es un objetivo crucial para el BCCh. No obstante, este objetivo no es el único, ya que dentro del contexto de un “normal funcionamiento del sistema de pagos internos y externos,” surge la mantención del déficit de corriente en un nivel sostenible en el tiempo como otro objetivo explícito

¹⁵Una explicación alternativa y obvia para el comportamiento de sobrerreacción es la existencia de nuevos shocks.

por el que debe velar el BCCh. Adicionalmente, en la ejecución de estos dos primeros objetivos, el BCCh no se olvida de considerar la estabilización de la actividad económica y de llevar a cabo sus políticas de manera gradual. Así, de esta manera el BCCh podría ser considerado como CE, ya que el objetivo de inflación recibe la mayor ponderación de sus preferencias, seguido en importancia por la cuenta corriente y en tercer término se considera la función estabilizadora del producto y la gradualidad en las decisiones.

En primer lugar, en la figura 2 se representa la respuesta de las variables de la economía ante un shock en los términos de intercambio de 5% que desaparece paulatinamente. Dado que este shock tiene un efecto de una magnitud significativa en la cuenta corriente (inicialmente de 1.5%) se rebaja la tasa de interés de instancia en 1% para pronto devolverla a su nivel de equilibrio. Esta rebaja acelera la actividad y genera un mayor gasto disminuyendo el incremento inicial en la cuenta corriente por sobre su nivel objetivo. Esto va acompañado de una apreciación real inicial que ayuda a mantener acotada la inflación a pesar del aumento transitorio de la actividad económica.

Por otra parte, un shock en la tasa de interés internacional se absorbe principalmente en el tipo de cambio real. La depreciación real acelera la inflación por unos pocos períodos, lo cual en parte se contrarresta con una leve contracción de la actividad económica (que, a su vez, obedece al aumento inicial de tasas y la caída de términos de intercambio). Esta contracción, a su vez, permite mantener controlada la cuenta corriente ya que se prevé una disminución en los términos de intercambio como consecuencia del aumento de la tasa internacional. Estos efectos se pueden observar en la figura 3.

En la figura 4 se aprecia la trayectoria de la economía luego de un shock en el premio por riesgo de 1%.¹⁶ Al igual que en el caso de un shock en la tasa de interés internacional, parte fundamental del shock se absorbe en el tipo de cambio real, aunque la reducción en la tasa de instancia es más apresurada. Así, la depreciación real es la que conduce principalmente a una contracción en la brecha Gasto-PIB, mientras que la trayectoria de la tasa de instancia incide en una contracción inicial de la brecha PIB-PIB potencial seguida por una aceleración, aunque la magnitud de este ciclo es acotada. Por su parte, la brecha de inflación se acelera debido a la depreciación real inicial, aunque la posterior apreciación ayuda a devolver a la inflación su nivel objetivo.

Los efectos en la economía de un shock en la brecha de inflación de 1% se presentan en la figura 5. Para mantener el control de la inflación el BC sube transitoriamente la

¹⁶Un shock de premio por riesgo puede, por ejemplo, ser resultado de un cambio en la volatilidad de las condiciones externas y/o un cambio del apetito por riesgo de inversionistas internacionales.

tasa de instancia a cerca de 0.3% por sobre su nivel de tendencia, lo cual ayuda a reducir en forma relativamente rápida el aumento en la inflación tanto a través del efecto de la contracción de la actividad como de la apreciación real asociada. Adicionalmente, la apreciación real transitoria inducida por el aumento de tasa de interés permite que el déficit de cuenta corriente no muestre una mejoría excesiva. Esto se debe a que la apreciación real permite una contracción menor en la brecha Gasto-PIB que en la brecha PIB-PIB potencial.

Si la economía se enfrenta a un shock en la brecha del PIB de 1% (ver figura 6), el BC ajusta la tasa de instancia en 0.15% por sobre su nivel de tendencia. Esto permite que la brecha de inflación retorne a su nivel de equilibrio de manera relativamente rápida, no tan sólo por los efectos directos de la apreciación y de la contracción de la actividad, sino que también porque la inflación futura esperada disminuye respecto del caso en que el BC no hace nada. Aunque estas condiciones monetarias llevan al nivel de la cuenta corriente por sobre el nivel deseado, la magnitud de este movimiento transitorio es de un décimo de punto para decaer lentamente hacia la tendencia de largo plazo.

Por otro lado, un shock en la brecha Gasto-PIB de 1% lleva a que la cuenta corriente muestre déficit de 1% más elevado que el nivel objetivo. Así, la acción del BC en este caso se orienta a reducir prontamente ese mayor déficit de la cuenta corriente sin olvidarse del control de la inflación, lo cual se materializa con un aumento de 0.3% en la tasa de instancia. Ésta puede volver más rápidamente a su nivel de equilibrio dado que la persistencia de los shocks en la brecha Gasto-PIB no es muy elevada. Si bien esta trayectoria de la tasa de interés produce una desaceleración del PIB, la magnitud y duración de ésta es limitada, con lo cual la desaceleración de la inflación no es muy significativa.

Una caracterización más realista del ciclo económica incluye shocks simultáneos tanto en la brecha PIB-PIB potencial como en la brecha Gasto-PIB. En la figura 8 se observa la evolución de la economía cuando se produce un shock conjunto de 1% en la brecha del PIB y en la brecha Gasto-PIB. En este caso, el aumento en la tasa de interés debe ser más agresiva que en los dos casos anteriores dado que se debe controlar tanto los efectos expansivos del gasto sobre el déficit de la cuenta corriente como la incidencia de la aceleración de la actividad sobre la inflación.

En resumen, la política óptima de un BC tipo CE y su incidencia sobre el resto de la economía depende del tipo del shock que esté operando. En general, si se produce un shock que afecta más a la cuenta corriente (v.gr., un shock de términos de intercambio),

el BC reacciona con movimientos de tasas rápidos y de baja persistencia. En estos casos se prefiere un poco más de inflación por sobre su nivel objetivo con una cuenta de corriente acotada cerca de su nivel objetivo. Por otro lado, cuando el shock que afecta la economía tiene un impacto mayor sobre la inflación (v.gr., un shock de brecha inflación o de brecha PIB) los movimiento en la tasa de instancia serán más persistentes. Finalmente, cabe destacar que las acciones monetarias de la autoridad pueden ayudar a controlar la inflación no sólo a través de los efectos directos de los movimientos de la actividad económica y del tipo de cambio real que producen un cambio de tasas de interés, sino que también por los efectos que estas acciones tienen sobre la trayectoria esperada para la inflación futura.

6 Conclusiones

Este trabajo ha presentado distintas reglas de política monetaria para Chile tomado en cuenta explícitamente que el control del déficit de la cuenta corriente es parte de los objetivos del BCCh. Las reglas se basan en un modelo simple pero realista de la economía chilena estimado con datos trimestrales. El método utilizado para encontrar las funciones de reacción se basa en uno de programación dinámica estándar para problemas lineales-cuadráticos modificado para tomar en cuenta variables *forward-looking* y expectativas racionales.

Los resultados obtenidos indican que la inclusión de la cuenta corriente dentro de los objetivos del BC modifica las funciones de reacción de manera considerable. En comparación al caso en que la inflación es el objetivo primordial, la inclusión de la cuenta corriente hace que la política monetaria responda vigorosamente ante shocks de términos de intercambio y de gasto agregado y relativamente menos ante shocks de inflación, PIB y condiciones financieras externas.

Una vez que la cuenta corriente es parte de los objetivos del BC, las reglas óptimas de política cambian sólo moderadamente cuando cambian las preferencias del BC respecto de la evolución del PIB vis-a-vis la inflación. En particular, un BC más estricto con la evolución de la inflación tenderá a ser más activo, pero su perfil de reacción será similar al de un BC menos estricto.

Los resultados también indican que no es extraño encontrar respuestas dinámicas óptimas que incluyen un ciclo de tasas altas/tasas bajas. Existen varios casos en que una aparente sobre-reacción de la política monetaria es la respuesta óptima.

Por último, los resultados indican que un BC con objetivos similares a los que tiene el BCCh en general reacciona con movimientos de tasa de interés rápidos y menos persistentes ante shocks que afectan más a la cuenta corriente. En el caso de shocks que afectan más a la inflación la reacción de política es más persistente.

Desde un punto de vista más general, el método de optimización utilizado permite tomar en cuenta complejidades que son prácticamente imposibles de analizar de manera informal. Por lo tanto, las reglas que se deriva pueden ser una herramienta de gran utilidad para acompañar las decisiones de política. Cabe mencionar, sin embargo, que al igual que todo modelo formal, es imposible tomar en cuenta todas las eventualidades que suceden en la realidad. Por lo tanto, las reglas encontradas pueden ser una guía (*benchmark*) para la política monetaria, pero deben ser en todo momento suplementadas con juicios sobre las características de cada coyuntura económica.

Un caso en el campo de la investigación operativa ayuda a ejemplificar la utilidad de estas reglas. El diseño de caminos para explotar un bosque es un problema de alta complejidad y que involucra costos sustantivos. En una primera etapa es posible modelar el tramado de caminos óptimo con métodos altamente sofisticados. En la práctica, sin embargo, este diseño sirve de guía, pero los caminos finales son contruidos en terreno.

Finalmente, cabe mencionar que el modelo de la economía chilena que se considera en este trabajo es perfectible en varias dimensiones. Entre otros elementos se puede incorporar la dicotomía UF/peso que existe en Chile en forma explícita, evaluar si la tasa de interés ha sido super-exógena (y así evitar críticas tipo Lucas), y considerar otras variables estado como el acceso financiamiento de la cuenta capitales (más allá del riesgo país).

Referencias

- Backus, D. y J. Driffill. 1986. "The Consistency of Optimal Policy in Stochastic Rational Expectations Model." CEPR Discussion Paper No. 124.
- Faruqee, H. 1995. "Long-Run Determinants of the Real Exchange Rate: A Stock-Flow Perspective." *IMF Staff Papers* 42(1): 80–107.
- Massad, C. 1998. "La Política Monetaria en Chile." *Economía Chilena* 1(1): 7–27.
- Sargent, T. J. y L. Ljungqvist. 1999. *Recursive Macroeconomic Theory*. Mimeo,

Stanford University (<http://www.stanford.edu/sargent/ljungqvist.html>).

Söderlind, P. 1998. "Simulation and Estimation of RE Macromodels with Optimal Policy." Mimeo, Stockholm School of Economics (<http://www.hhs.se/personal/PSoderlind/Research/Research.htm>).

Söderlind, P. 1999. "Algorithms for RE Macromodels with Optimal Policy - Lecture Notes." Mimeo, Stockholm School of Economics (<http://www.hhs.se/personal/PSoderlind/Classes/MonAlg.pdf>).

Svensson, L. E. O. 1994. "Why Exchange Rate Bands? Monetary Independence in spite of Exchange Rate Bands." *Journal of Monetary Economics* 33(1): 157–99.

Svensson, L. E. O. 1998. "Open-Economy Inflation Targeting." NBER Working Paper No. 6445.

Anexo 1. Estimación/Calibración del Modelo

Este anexo describe los resultados de las estimaciones y calibraciones de las ecuaciones del modelo para la economía chilena. En todos los casos se utilizan variables de frecuencia trimestral. El número de observaciones varía de acuerdo a la disponibilidad de información.

En el caso de la ecuación del premio por riesgo se asume una persistencia de 0.90, igual a la de la tasa de interés real internacional. La ecuación de la brecha de cuenta corriente se calibra con una log aproximación de Taylor para 1997 (ver texto para detalles). La ecuación de inflación se estima usando una ecuación en niveles como función de la inflación internacional (que incluye depreciación nominal, inflación externa y cambio de aranceles e IVA) y se impone homogeneidad de grado uno en precios. Luego se modifica para incorporar la meta de inflación y el TCR. En este anexo y en el próximo denotamos la expectativa condicional $E[x_{t+\tau} \setminus \Omega_t]$ como $x_{t+\tau|t}$.

- **Términos de intercambio**

$$\begin{aligned} tot_t &= \rho_{tot} \quad tot_{t-1} + \rho_{tot}^r \quad r_{t-1}^* + \xi_t^{tot} \\ &0.86 \qquad \qquad \qquad -0.53 \\ &(21.4) \qquad \qquad \qquad (-3.7) \end{aligned}$$

OLS, Muestra: 77:2-98:2, Test-t robustos Newey-West
 $\bar{R}^2 = 0.85$, F-stat = 237.4, h-Durbin = 1.19

- **Tasa de interés real externa**

$$\begin{aligned} r_t^* &= \rho_r \quad r_{t-1}^* + \xi_t^r \\ &0.90 \\ &(18.8) \end{aligned}$$

OLS, Muestra: 77:2-98:2, Test-t robustos Newey-West
 $\bar{R}^2 = 0.84$, F-stat = 443.0, h-Durbin = 2.30

- Premio por riesgo-país (calibración)

$$\varphi_t = \begin{matrix} \rho_\varphi & \varphi_{t-1} + \xi_t^\varphi \\ 0.90 \end{matrix}$$

- Nivel de inflación

$$\begin{aligned} \pi_t - \pi_{t-1} &= \begin{matrix} \psi_0 & [(\pi_{t-2} + \pi_{t-3} + \pi_{t-4})/3 - \pi_{t-1}] + & \psi_1 & [(\pi_{t+1|t-1} + \pi_{t+2|t-1})/2 - \pi_{t-1}] \\ 0.49 & & 0.19 \\ (3.8) & & (3.0) \end{matrix} \\ &+ \begin{matrix} \psi_2 & [(p_{t-1}^* + e_{t-1} - p_{t-4}^* - e_{t-4})/3 - \pi_{t-1}] \\ 0.17 \\ (2.9) \end{matrix} \\ &+ \begin{matrix} \psi_3 & (y_{t-1} + y_{t-2})/2 + & \psi_4 & D912 + \xi_t^\pi \\ 0.18 & & 0.02 \\ (2.3) & & (6.6) \end{matrix} \end{aligned}$$

TOLS, Muestra: 83:3–98:2, Test-t robustos Newey-West

$$\bar{R}^2 = 0.62, \text{ F-stat} = 20.55$$

Instrumentos: meta de inflación, salarios, R_{t-1} , y rezagos.

- Brecha de inflación (transformación)

$$\begin{aligned} \pi_t &= \begin{matrix} \alpha_{\pi L}^0 & \pi_{t-1} + & \alpha_{\pi L}^1 & (\pi_{t-2} + \pi_{t-3})/2 + & \alpha_{\pi L}^2 & \pi_{t-4} + & \alpha_{\pi F} & (\pi_{t+1|t-1} + \pi_{t+2|t-1})/2 \\ 0.21 & & 0.44 & & 0.16 & & 0.19 \end{matrix} \\ &+ \begin{matrix} \alpha_q & (q_{t-1} - q_{t-4})/3 + & \alpha_y & (y_{t-1} + y_{t-2})/2 + \xi_t^\pi \\ 0.17 & & 0.18 \end{matrix} \end{aligned}$$

- Tasa de interés real de largo plazo

$$R_t = \lambda r_t + (1 - \lambda) R_{t+1|t}$$

$$\begin{array}{ccc} 0.13 & & 0.87 \\ (2.1) & & (18.8) \end{array}$$

TSLS, Muestra: 87:3–98:4, Test-t robustos Newey-West

$$\bar{R}^2 = 0.74, \text{ F-stat} = 110.1, \text{ D-W} = 1.64$$

Instrumentos: π_t , y_t^d , tot_t , y rezagos.

- Brecha PIB-PIB potencial

$$y_t = \beta_y y_{t-1} + \beta_R (R_{t-1} + R_{t-2})/2 + \beta_r r_{t-2}$$

$$\begin{array}{ccc} 0.52 & -0.82 & -0.40 \\ (8.5) & (-2.8) & (-2.4) \end{array}$$

$$+ \beta_{tot} (tot_{t-2} + tot_{t-3})/2 + \xi_t^y$$

$$\begin{array}{c} 0.05 \\ (-3.9) \end{array}$$

OLS, Muestra: 87:3–98:4, Test-t robustos Newey-West

$$\bar{R}^2 = 0.58, \text{ F-stat} = 16.4, \text{ h-Durbin} = -0.48$$

- Brecha gasto-producto

$$y_t^d - y_t = \gamma_d (y_{t-1}^d - y_t) + \gamma_r r_{t-1} + \gamma_q (q_{t-1} + q_{t-2})/2$$

$$\begin{array}{ccc} 0.32 & -0.81 & -0.07 \\ (2.87) & (-3.28) & (-2.16) \end{array}$$

$$+ \gamma_{tot} tot_{t-2} + \xi_t^d$$

$$\begin{array}{c} 0.09 \\ (5.76) \end{array}$$

OLS, Muestra: 85:2–98:4, Test-t robustos Newey-West

$$\bar{R}^2 = 0.50, \text{ F-stat} = 14.3, \text{ h-Durbin} = 1.00$$

- Brecha de cuenta corriente (calibración)

$$cc_t = -(y_t^d - y_t) + \frac{k_0}{0.02} q_t - \frac{k_0}{0.02} y_t + \frac{k_1}{0.30} tot_t$$

Calibración basada en una log-expansión de Taylor con base en 1997

- Paridad descubierta de tasas de interés

$$q_t = q_{t+1|t} + 0.25(r_t^* + \varphi_t - r_t)$$

Anexo 2. Detalles de la Representación en el Espacio de Estados

Para escribir el modelo en forma de espacio de estados notamos primero que, dado expectativas racionales, la brecha de inflación tiene la siguiente regla de comportamiento:

$$\pi_{t+1} = \pi_{t+1|t} + \xi_{t+1}^\pi.$$

Además, adelantando la ecuación de inflación un período y tomando expectativas con información hasta t , se tiene una ecuación que se puede resolver para $\pi_{t+3|t}$ en función de variables conocidas de $\pi_{t+2|t}$ y $\pi_{t+1|t}$. Estas dos consideraciones permiten escribir la matriz A de la ecuación (18) de la siguiente manera:

$$A = \begin{bmatrix} \rho_{tot}E_1 + \rho_{tot}^r E_4 \\ E_1 \\ E_2 \\ \rho_r E_4 \\ \rho_\varphi E_5 \\ E_{19} \\ E_6 \\ E_7 \\ E_{20} \\ E_9 \\ E_{10} \\ E_{11} \\ \beta_y E_{13} + \beta_R (E_{16} + E_{18}) / 2 + \beta_r E_{15} + \beta_{tot} (E_2 + E_3) / 2 \\ E_{13} \\ 0 \\ E_{18} \\ \gamma_d E_{17} + \gamma_q (E_6 + E_{19}) / 2 + \gamma_{tot} E_2 \\ [1 / (1 - \lambda)] E_{18} \\ E_{19} - 0.25 E_4 - 0.25 E_5 \\ E_{21} \\ A_{21}. \end{bmatrix}$$

donde E_j representa un vector fila de $1 \times n$ con un uno en la posición j y ceros en el resto, $A_j.$ es la fila j de la matriz A , y

$$A_{21.} = \frac{2}{\alpha_{\pi F}} \left\{ \begin{array}{l} E_{20} - \alpha_{\pi L}^0 E_9 - \alpha_{\pi L}^1 (E_{10} + E_{11}) / 2 - \alpha_{\pi L}^2 E_{12} \\ -\alpha_{\pi F} E_{21} / 2 - \alpha_q (E_{19} - E_8) / 3 - \alpha_y (E_{13} + E_{14}) / 2 \end{array} \right\}.$$

El vector B , en tanto, está dado por:

$$B = (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, \gamma_r, -\lambda/(1 - \lambda), 0.25, 0, 0)'$$

La matriz C_Z y el vector C_r de (19) están dados por:

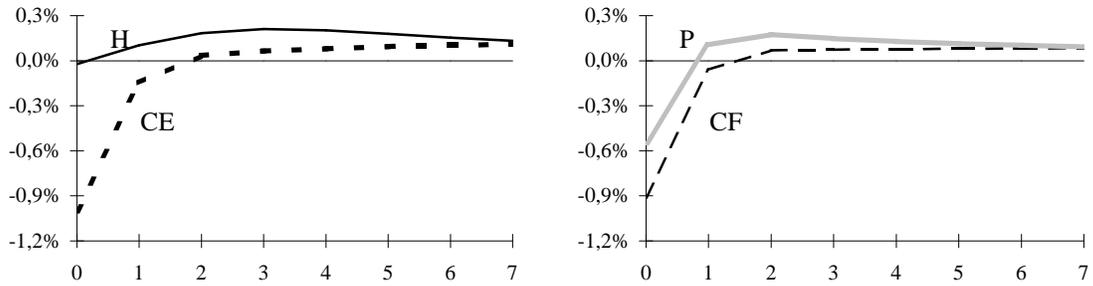
$$C_Z = \begin{bmatrix} E_9 \\ -E_{17} - k_0 E_{19} + k_0 E_{13} + k_1 E_1 \\ E_{13} \\ -E_{15} \end{bmatrix} \text{ y } C_r = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}.$$

Por último, la matriz K de (20) está dada por:

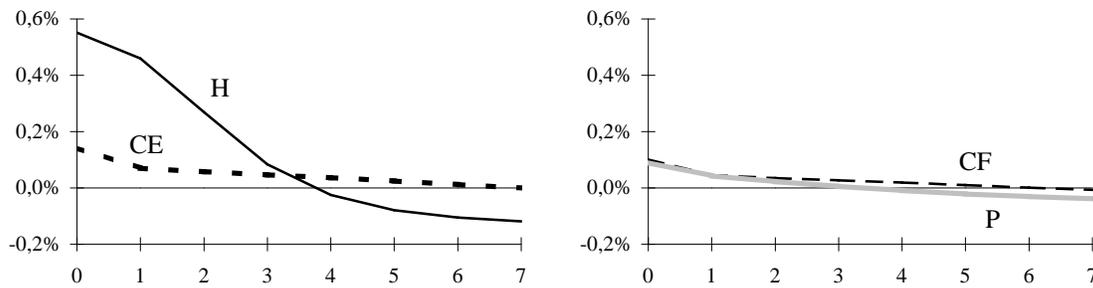
$$K = \begin{bmatrix} \mu_\pi & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \mu_{cc} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \mu_y & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mu_r \end{bmatrix}.$$

Figura 1: Funciones de Respuesta de Distintos BC

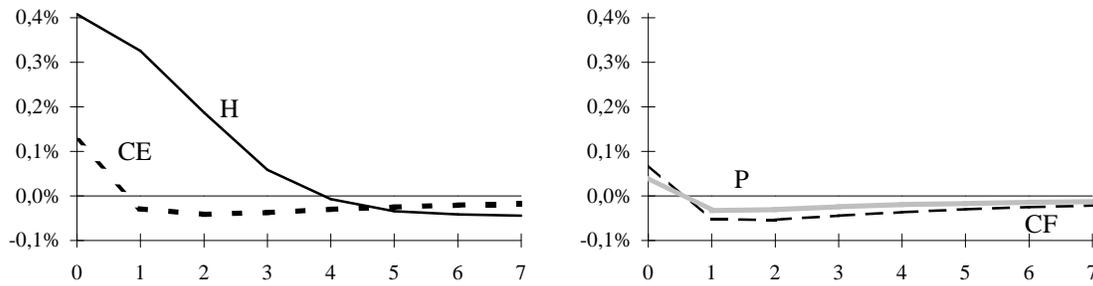
Aumento de los Términos de Intercambio en 5%



Aumento de la Tasa de Interés Real Internacional en 1%



Aumento del Premio por Riesgo-País en 1%



Aumento de la Brecha de Inflación-Inflación Meta en 1%

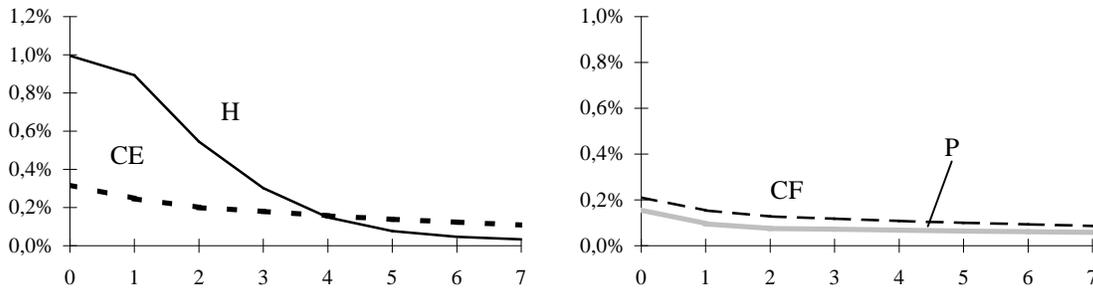
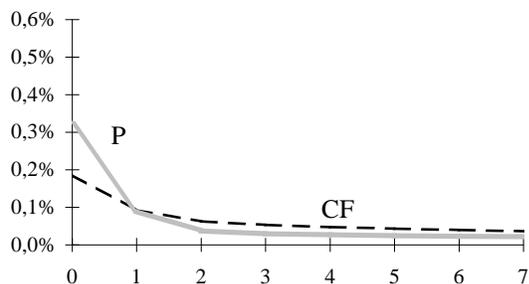
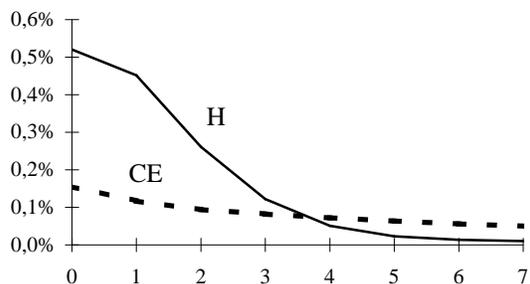
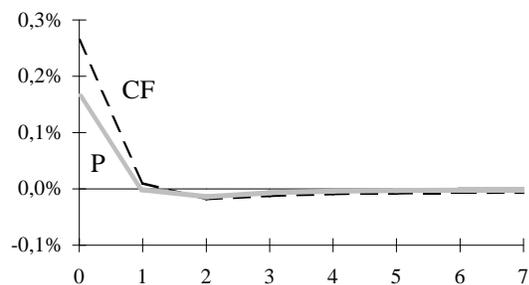
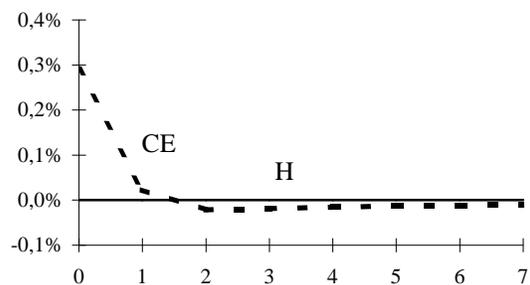


Figura 1: Funciones de Respuesta de Distintos BC (cont.)

Aumento de la Brecha de PIB-PIB Potencial en 1%



Aumento de la Brecha Gasto-PIB en 1%



Aumento Simultáneo de las Brechas PIB y Gasto-PIB en 1%

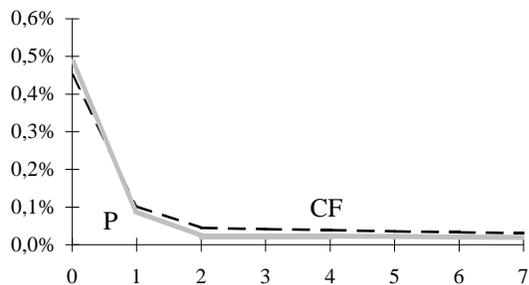
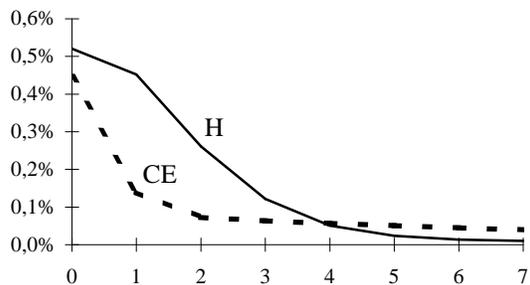


Figura 2: Respuestas a un Shock de Términos de Intercambio de 5% (CE)

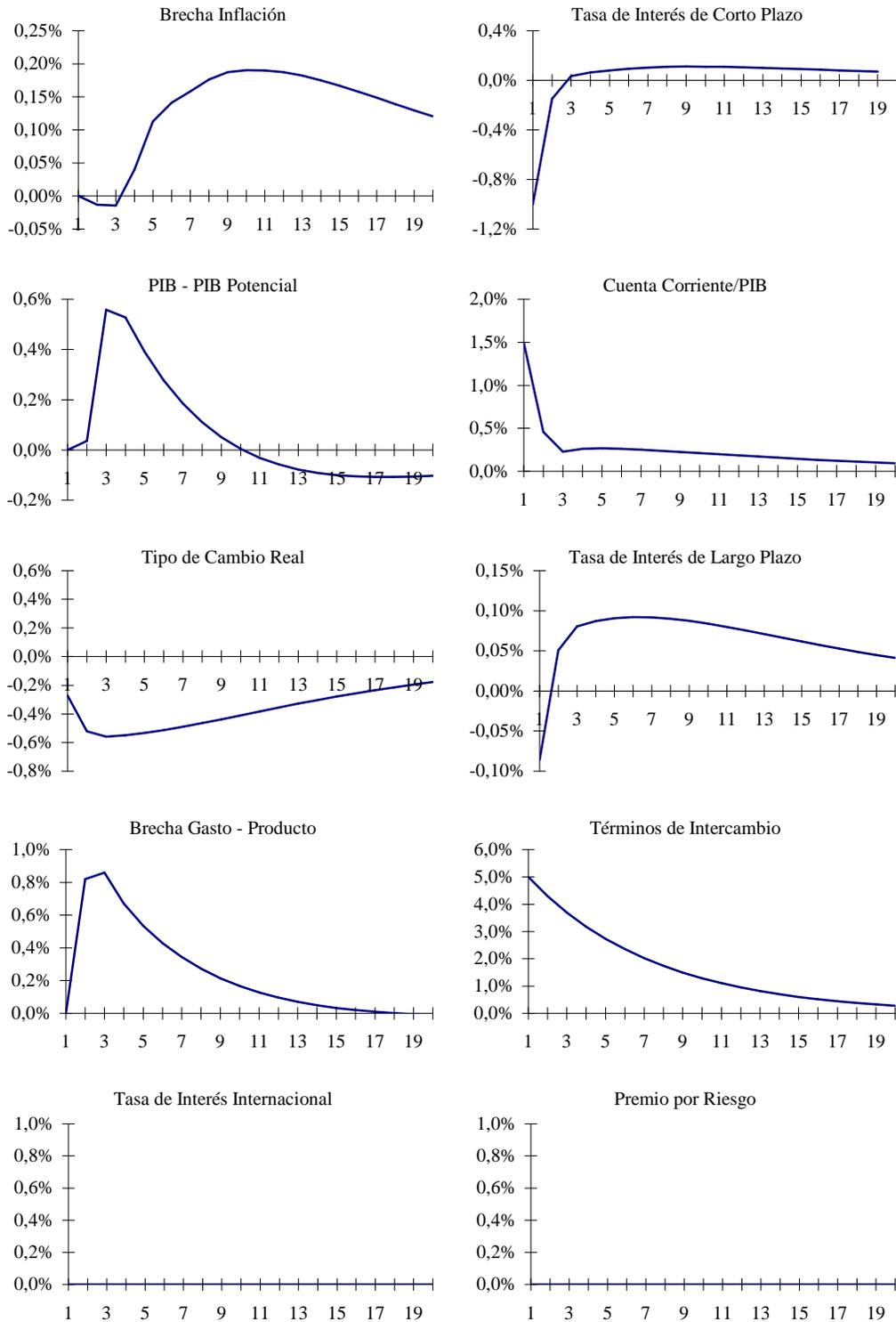


Figura 3: Respuestas a un Shock de Tasa Interés de Internacional de 1% (CE)

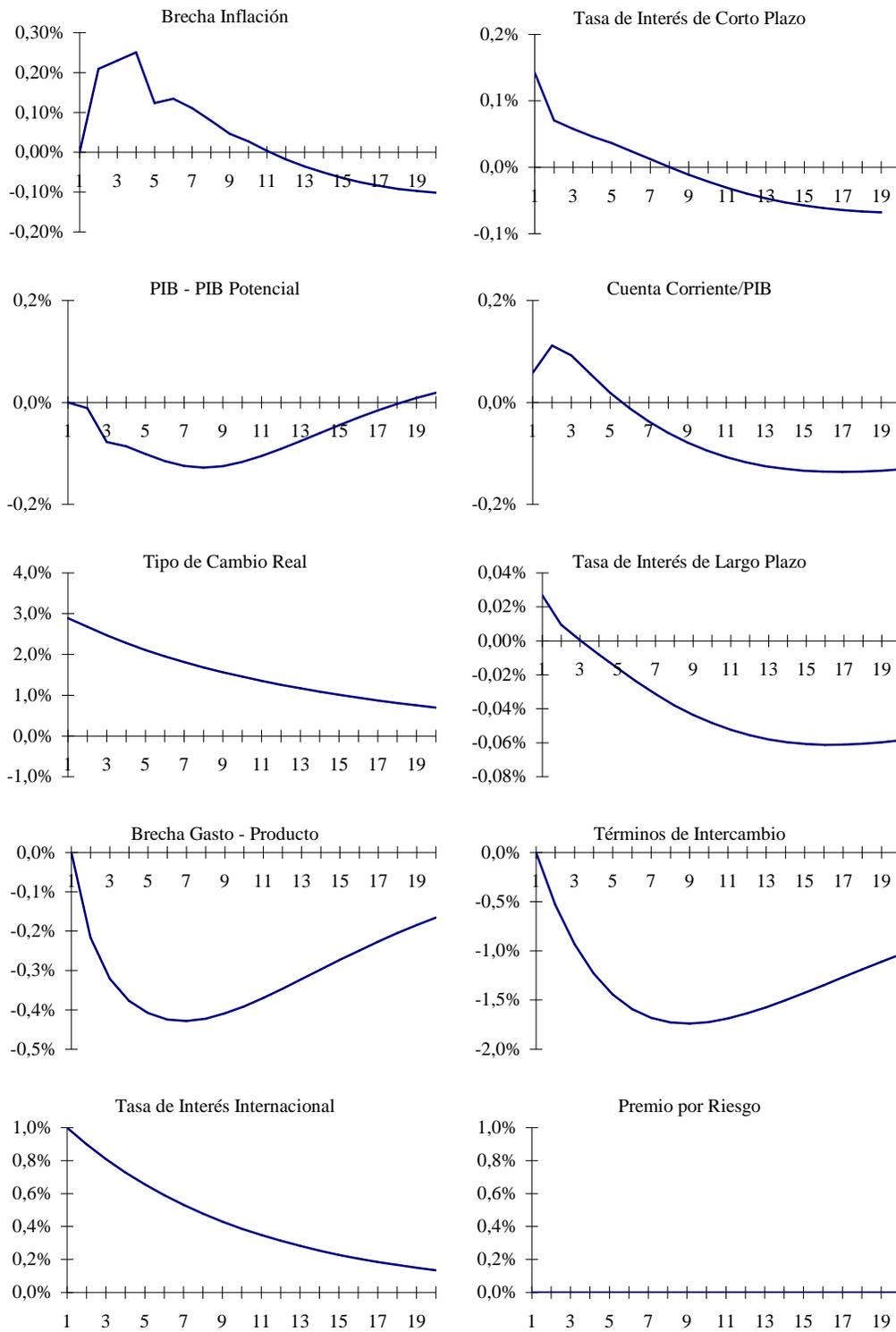


Figura 4: Respuestas a un Shock de Premio por Riesgo de 1% (CE)

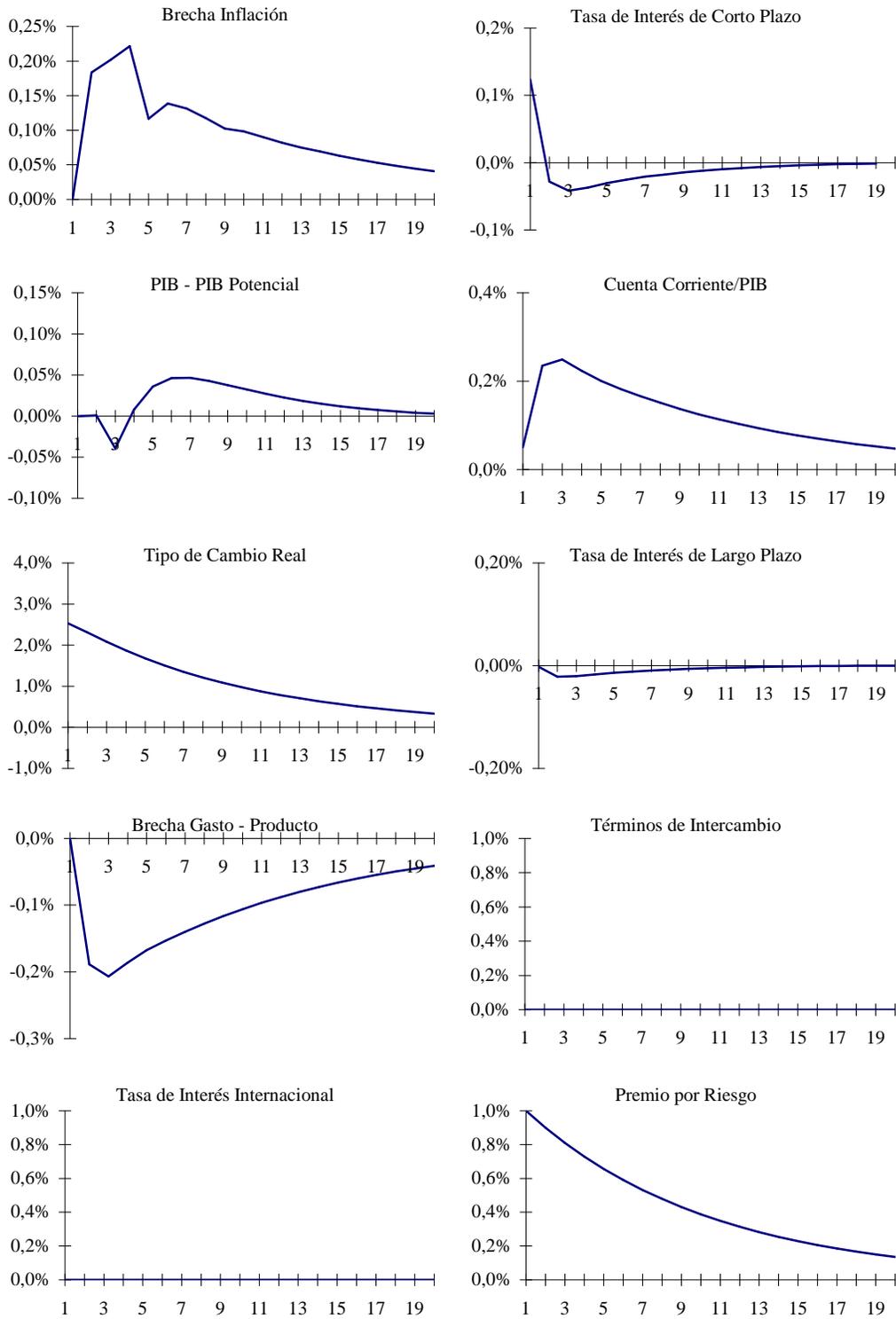


Figura 5: Respuestas a un Shock de Brecha de Inflación de 1% (CE)

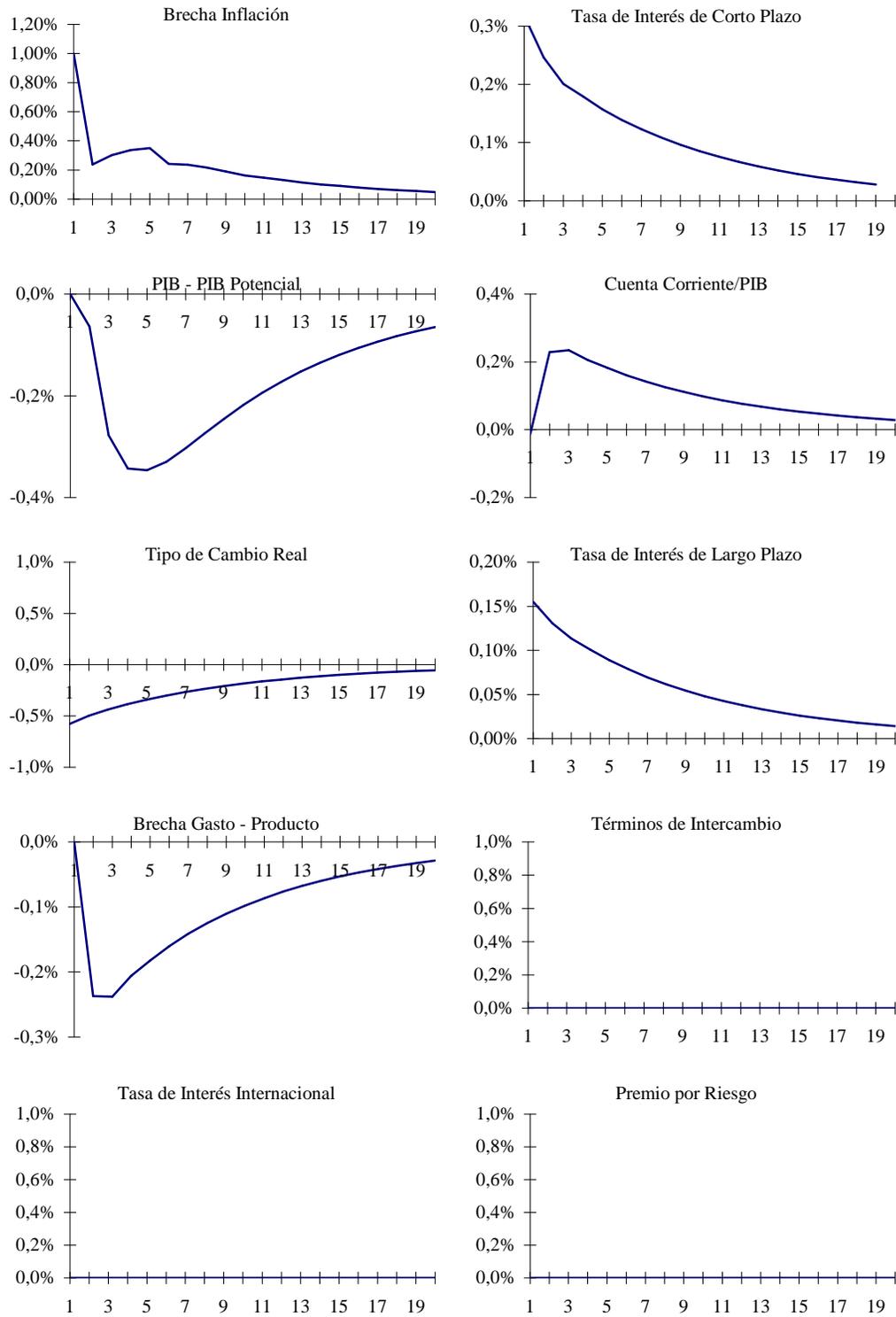


Figura 6: Respuestas a un Shock en la Brecha PIB - PIB Potencial de 1% (CE)

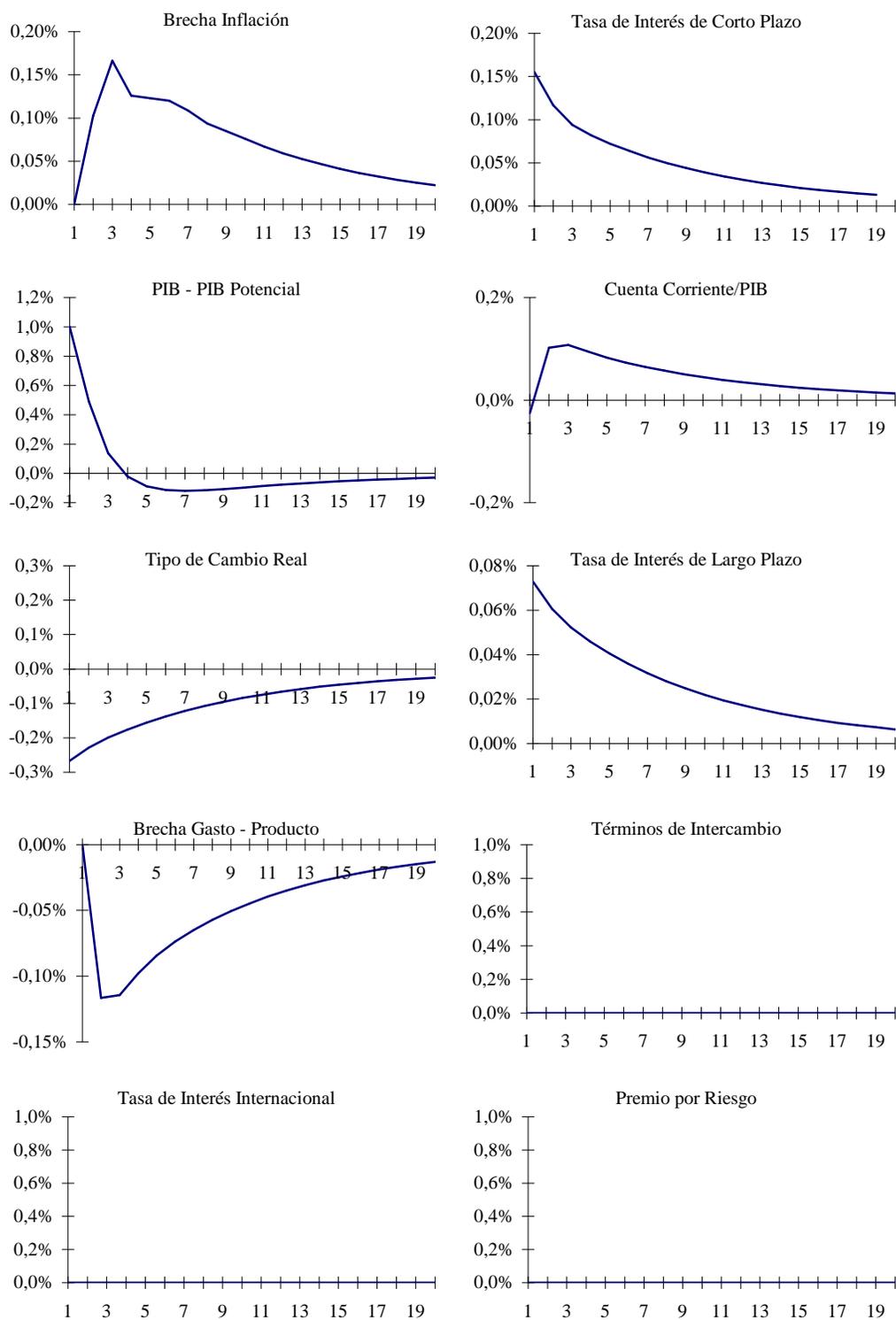


Figura 7: Respuestas a un Shock en la Brecha Gasto-Producto de 1% (CE)

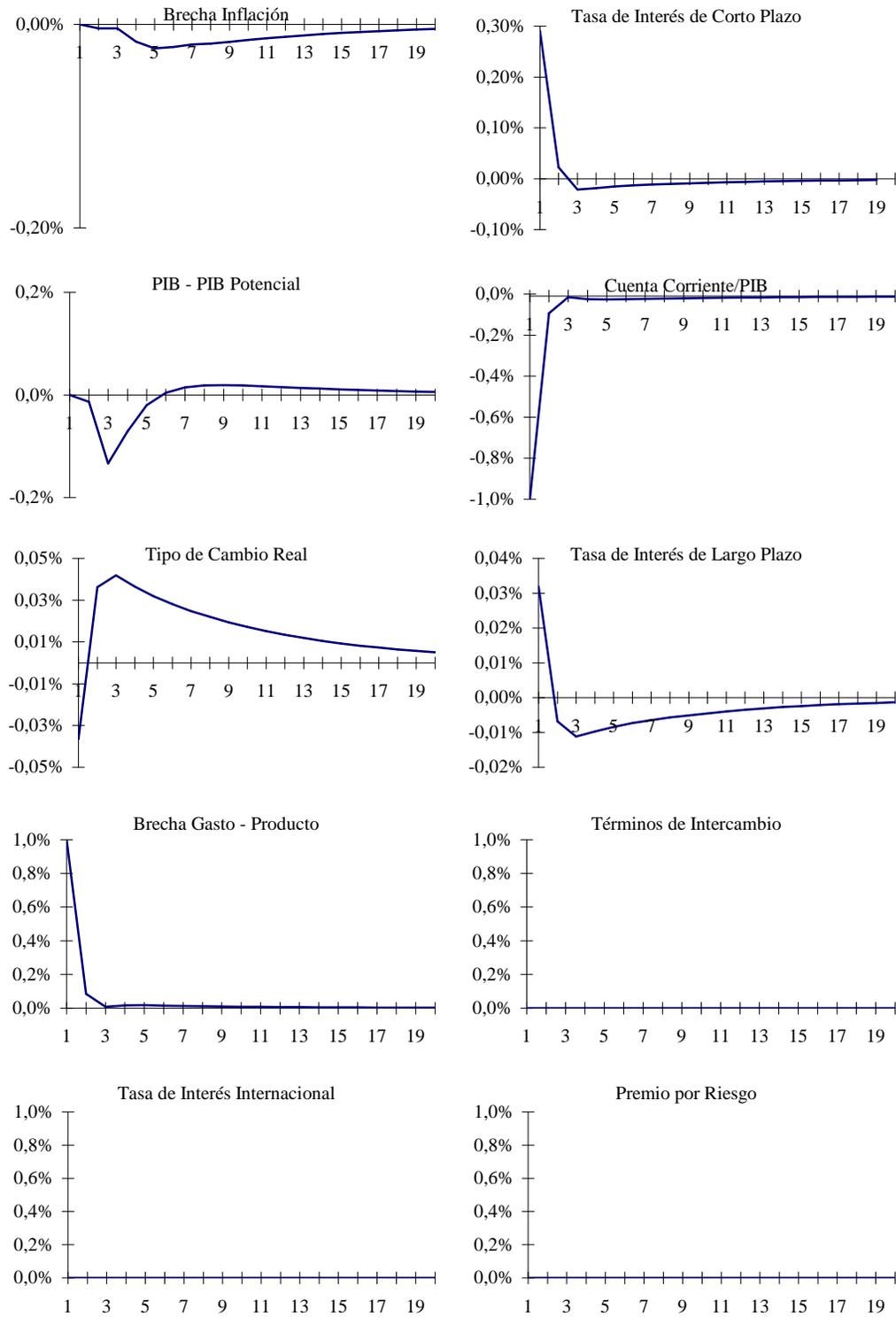


Figura 8: Respuestas a un Shock de combinado de 1% en el PIB y en la Brecha Gasto-Producto (CE)

