REGLA MONETARIA OPTIMA PARA UNA ECONOMÍA PEQUEÑA, ABIERTA Y DOLARIZADA[1]

DIEGO ABOAL[2]
FERNANDO LORENZO[2]

Resumen

Este trabajo incursiona en un área aún no explorada de la política monetaria en Uruguay: la discusión de la política (la regla) monetaria óptima en un contexto de flotación cambiaria. Con este fin, se ha procedido, en primer lugar, a "calibrar" un modelo para una economía pequeña, abierta y dolarizada. En segundo lugar, se analizó el desempeño de la economía bajo diferentes reglas monetarias, considerando distintos parámetros de aversión a las fluctuaciones del producto y la inflación y teniendo en cuenta la frontera de varianza asociada. Finalmente, se han comparado estas varianzas con las que surgirían de una regla simple, al estilo "regla de Taylor", y de una meta de tipo de cambio o devaluación. Los resultados indican que la optimalidad de las reglas monetarias, y las varianzas del producto e inflación asociadas a ellas, depende de los parámetros de la función de pérdida. En especial, y al igual que lo que se ha observado en otros trabajos a nivel internacional, el establecimiento de un peso relativamente alto al objetivo de inflación (estabilidad de precios) implica no sólo una mayor varianza del

---

1 Esta investigación fue realizada gracias al apoyo de la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC) de la Universidad de la República (Uruguay). Agradecemos a Paul Soderlind por poner a disposición su programa de optimización dinámica (en código Matlab), a Guillermo Tolosa y a Gregory Givens por orientarnos en la búsqueda de las rutinas informáticas, a Lars Svensson por su amable respuesta a nuestras inquietudes y por enviarnos sus programas (en código Gauss) y a Gerardo Licandro por sus comentarios. Un agradecimiento especial a Ana Laura Badagián por ayudarnos a realizar modificaciones a las rutinas originales para que este se ajustaran a nuestras necesidades. Todos los errores y limitaciones que permanezcan son de nuestra entera responsabilidad.

2 Universidad de la República y Centro de Investigaciones Económicas (CINVE-Uruguay). Contacto con los autores: d.o.aboal@lse.ac.uk, florenzo@cinve.org.uy.

producto sino, también, mayores niveles de variabilidad de la inflación. El *trade-off* comienza recién cuando el objetivo de estabilización del producto pondera 15 veces más que el de inflación. Por otra parte, los resultados del estudio realizado indican que las varianzas asociadas a objetivos de devaluación son considerablemente mayores que las que se obtienen en el marco de una política de objetivo de inflación. Una política del tipo "regla de Taylor" genera mayor varianza que una meta de inflación apoyada sobre una regla *forward looking* que incluya a todas las variables del sistema, pero exhibe menores niveles de variabilidad que la que surge de una meta tipo de cambio.

Palabras clave: macroeconomía de economías abiertas y dolarizadas, política monetaria, reglas monetarias óptimas, simulación.

Códigos JEL: F41, E52, C61.

> “Para un país que elige no fijar permanentemente su tipo de cambio a través de una caja de conversión o una moneda común o algún tipo de dolarización, la única alternativa de política monetaria que puede funcionar bien en el largo plazo es una que esté basada en la trinidad: (1) tipo de cambio flexible, (2) objetivo inflación y (3) una regla monetaria.” (Taylor, 2001. Traducción propia.).

I. Introducción

En Uruguay se está procesando un intenso debate sobre las ventajas e inconvenientes de distintos regímenes monetarios-cambiarios, y muy especialmente sobre la capacidad o flexibilidad de éstos para absorber o atenuar los *shocks* que provienen del exterior (desde la región y del resto del mundo) a un «costo razonable». El tema es relevante ya que supone comprender el dilema al que está expuesta una economía pequeña, abierta, dolarizada y sujeta a importantes *shocks* externos como la uruguaya, cuando decide adoptar un sistema monetario y cambiario más o menos rígido.

La evaluación del menú de regímenes monetarios y cambiarios disponibles y la determinación de una regla monetaria óptima requiere analizar cuatro aspectos fundamentales: *i)* la construcción de un modelo macroeconómico simplificado y apropiado para una economía pequeña, abierta y dolarizada y la identificación de los principales *shocks* a los que está expuesta; *ii)* la realización de estimaciones que permitan parametrizar el modelo y cuantificar la reacción del producto y la inflación ante dichos *shocks*, o en su defecto, la calibración del modelo a partir de estimaciones disponibles en otros documentos; *iii)* la evaluación de la capacidad de la política económica para enfrentar o suavizar los *shocks* bajo distintos regímenes monetarios y cambiarios; *iv)* la definición de una función de pérdida que permita cuantificar los efectos negativos derivados de la variabilidad del producto y la inflación.

No existen antecedentes de trabajos de este tipo en Uruguay, por lo cual, más que cerrar el tema en esta investigación se pretende hacer una primera contribución. El estudio realizado permite evaluar de manera rigurosa cuál es la regla monetaria óptima para Uruguay, aunque conviene tener en cuenta que el modelo utilizado y la calibración de sus parámetros condicionan los resultados obtenidos.

En síntesis, esta investigación busca evaluar las ventajas y desventajas de distintas reglas monetarias para una economía con las características de la uruguaya. De esta forma, se pretende hacer un aporte para la comprensión del dilema al que está expuesta una economía cuando se elige un régimen que tiene una posición determinada en el eje flexibilidad-credibilidad de las políticas adoptadas.

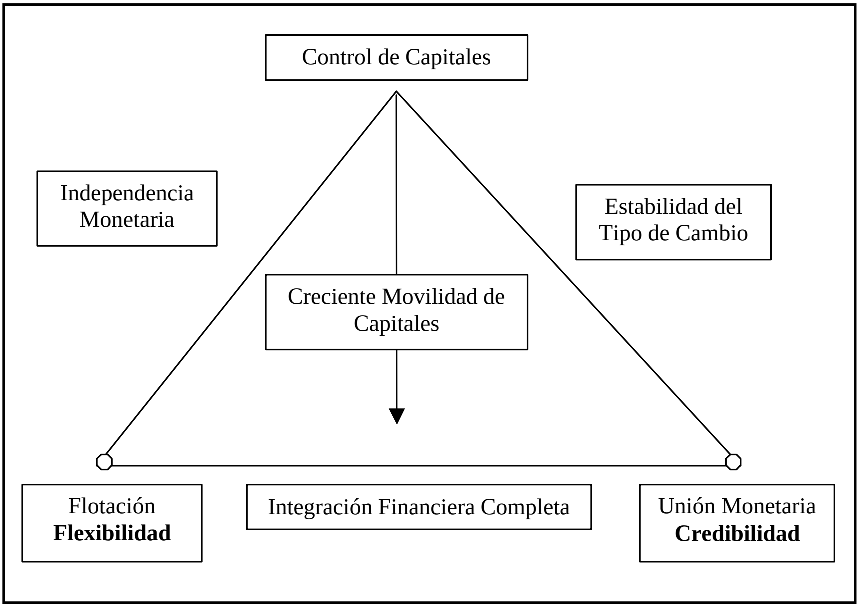
II. Flexibilidad *Versus* Credibilidad

II.1 La "Trinidad" Imposible

La discusión de las ventajas y desventajas de distintos regímenes monetarios tradicionalmente se ha conducido en el eje flexibilidad-credibilidad. El Diagrama 1 propuesto por Frankel (1999) ilustra acerca del tipo de dilema al que se ve enfrentada la autoridad monetaria al momento de plantear sus objetivos y diseñar opciones de política. Los lados del triángulo muestran objetivos que en principio pueden ser deseables. El problema es que la "trinidad", representada por el cumplimiento simultáneo de los tres objetivos, es imposible. Si se pretende lograr independencia monetaria plena y estabilidad absoluta del tipo de cambio, se debe implementar un control estricto sobre los movimientos de capitales. Si por el contrario, se aspira a asegurar la absoluta estabilidad del tipo de cambio y la integración financiera total, de debe optar por una unión monetaria o por la dolarización.

Es importante notar, que aún si se parte de una situación de plena integración financiera es posible elegir una posición intermedia entre la flotación limpia y la dolarización. En ese caso, el dilema se planteará en términos de cuánto se está dispuesto a perder de flexibilidad para obtener mayor credibilidad. A pesar de que esta afirmación parece obvia, tanto las discusiones realizadas en distintos ámbitos públicos (aún en académicos), como la experiencia internacional reciente en materia de regímenes monetarios y cambiarios, no parecen reflejarlo. En todo caso, puede afirmarse que las preferencias de los agentes responsables del diseño y ejecución de las políticas macroeconómicas se han modificado de tal forma que las soluciones de "esquina" parecen imponerse por la vía de los hechos.

Diagrama 1. La trinidad imposible



Fuente: Frankel (1999).

Una vez que se ha aceptado que el dilema está fundamentalmente en el eje credibilidad *versus* flexibilidad aún quedan dos preguntas por responder. A saber: *i)* ¿cuáles son las consecuencias de estar más cerca de un vértice que del otro en una economía pequeña, abierta y dolarizada?; *ii)* ¿cuál es el régimen que podría lograr la máxima utilidad para la sociedad o minimizar una función de pérdida del gobierno (que debería reflejar las preferencias de los ciudadanos). En el correr del trabajo se propone una primera respuesta a estas interrogantes.

A continuación, se esbozan los dos aspectos fundamentales de este problema. El primero está relacionado a las pérdidas que sufre la sociedad cuando se produce un desplazamiento a lo largo del eje flexibilidad-credibilidad. El segundo, que será desarrollado en la sección siguiente, tiene que ver con la definición de la regla óptima.

A partir de los trabajos pioneros de Kydland y Prescott (1977) y Barro y Gordon (1983) ha quedado claro que la consecuencia de la extrema flexibilidad en el manejo de los instrumentos de política económica lleva a la pérdida de credibilidad que afecta directamente al objetivo de estabilización. Esto se debe a que el gobierno tiene objetivos que pueden ser contrapuestos y que sólo pueden ser logrados a través del incumplimiento de los anuncios en materia de inflación. Esto puede verse fácilmente a través de un modelo muy sencillo, inspirado en el modelo propuesto de Barro y Gordon (1983):

$$L = a(p - p^*)^2 - (y - y^*)^2 \qquad \textbf{(1)}$$

$$y = y_n + (p - p^e) + e \qquad \textbf{(2)}$$

La ecuación (1) muestra la función de pérdida del gobierno (L), la que depende del desvío de la inflación (p) con respecto a la inflación objetivo (p^*) y del desvío de la tasa de crecimiento del producto (y) con respecto a la tasa objetivo (y^*). Se supone que esta última se encuentra por encima de la tasa de crecimiento potencial de la economía (y_n). El parámetro a representa la ponderación relativa del objetivo de inflación.

La ecuación (2) puede ser interpretada como una curva de oferta del tipo propuesto por Lucas, donde p^e es la expectativa de inflación de los agentes, la que se forma racionalmente, y e es un *shock* aleatorio que tiene una distribución con media nula y varianza s^2.

Se supone, además, que se cumple la paridad de poderes de compra, por lo cual hablar de inflación es equivalente a hablar de devaluación. Finalmente, se considera que el gobierno puede controlar directamente la inflación. Obviamente esto no es así, pero es un supuesto conveniente para simplificar el modelo y que no altera las conclusiones.

El modelo se utiliza para analizar un juego secuencial en dos períodos. Las fases del juego pueden describirse de la siguiente manera: i) los agentes forman sus expectativas, ii) se observa el *shock* y iii) el gobierno determina su política (elige una tasa de inflación). Si el gobierno actúa en forma discrecional, situación de máxima flexibilidad en la política económica, minimizará la función de pérdida (1) en p sujeto a (2) y teniendo en cuenta que las expectativas de inflación están dadas (una constante a los efectos del problema de optimización considerada). Como los agentes privados conocen estos incentivos, resolverán este problema al formar sus expectativas.

La condición de primer orden del problema es:

$$p = p^* + \frac{1}{a}\left[(y^* - y_n) + (p^e - p) - e\right] \quad \textbf{(3)}$$

Los agentes racionales formarán sus expectativas a partir de (3), por lo tanto, la inflación esperada será:

$$p^e = p^* + \frac{1}{a}(y^* - y_n) \quad \textbf{(4)}$$

Resolviendo (3) y (4) se tiene que la inflación elegida por el gobierno será:

$$p = p^* + \frac{1}{a}(y^* - y_n) - \frac{e}{1+a} \quad \textbf{(5)}$$

El término $(1/a)(y^*\text{-}y_n)$, es conocido como el “sesgo inflacionario” de la política discrecional. Este término surge del deseo del gobierno de incrementar la tasa de crecimiento de la economía por encima de la potencial (no necesariamente la óptima) y es el que justifica la adopción de reglas que permitan hacer creíble un anuncio de p^*, y de esta forma reducir la inflación. Por su parte, el término $e/(1+a)$, es el componente de estabilización de la política y es el que justifica cierto grado de flexibilidad.

Nótese que la tasa de crecimiento del producto será, a partir de (2), (4) y (5):

$$y = y_n + e - \frac{e}{1+a} \quad \textbf{(6)}$$

A partir de los resultados anteriores y del cálculo de la varianza de la inflación y de la tasa de crecimiento del producto, puede apreciarse cuál es la disyuntiva que enfrenta el gobierno a la hora de elegir el grado de flexibilidad óptimo de la política.

$$\mathrm{V}(y) = \left(\frac{a}{1+a}\right)^2 s^2; \ \mathrm{V}(p) = \left(\frac{1}{1+a}\right)^2 s^2 \quad \textbf{(7)}$$

Una solución extrema al problema de credibilidad, sería tener un banco central independiente con un presidente infinitamente conservador ($a \to \infty$). Con esto, la inflación sería idéntica a la anunciada p^* (y el sesgo inflacionario sería cero), o si se prefiere la devaluación sería idéntica a la anunciada, la que eventualmente podría ser nula. Se estaría en un sistema similar al de tipo de cambio fijo, donde los principales beneficios son la reducción de la tasa de inflación (la media) y la minimización de su varianza. Sin embargo, esta rigidez extrema tiene un costo, se maximiza la varianza de la tasa de crecimiento del producto (véase, ecuación (7)).

Por lo tanto, en la medida en que se valore, aún mínimamente, la estabilidad del producto, no se deseará un régimen cambiario absolutamente rígido. Esto es precisamente lo que concluye Rogoff (1985) en su artículo seminal sobre el grado óptimo de "conservadurismo" del presidente del banco central.

Si se acepta que lo general es que se valore tanto la estabilidad del producto como de los precios, debería preocupar la elección del régimen monetario o la regla monetaria, dentro del menú disponible, minimizando la pérdida de bienestar social.

III. El Modelo

III.1 La economía

El modelo que se presenta a continuación sigue en lo fundamental al propuesto por Svensson (1998)[3], pero, a diferencia de aquél, incorpora como determinante del riesgo país al producto del resto del mundo y al producto en dólares del país, siguiendo a Céspedes *et al.* (2000) y a Morón y Winkelried (2003). De esta forma, se da cuenta de la vulnerabilidad financiera (ante las devaluaciones) de un país con alta dolarización de sus activos y pasivos.

i. Curva de oferta o Phillips

La curva de oferta agregada o curva de Phillips se puede representar como:

$$p_{t+2} = a_p p_{t+1} + (1 - a_p) p_{t+3/t} + a_y \left[y_{t+2/t} + b_y (y_{t+1} - y_{t+1/t}) \right] + \\ + a_q q_{t+2/t} + e_{t+2}. \qquad \textbf{(8)}$$

3 Los fundamentos microeconómicos de las ecuaciones de comportamiento se encuentran en Svensson (1998).

Donde para cualquier variable x, $x_{t+\tau/t}$ denota la expectativa racional de la variable en $t+t$ con información hasta el período t. p_t es la inflación doméstica (de los bienes producidos en lo interno) en el período t, la que se expresa como la diferencia en logaritmos con respecto a una media (u objetivo). La variable y_t, es la brecha de producto (*output gap*), definida como

$$y_t = y_t^d - y_t^n, \tag{9}$$

donde y^d y y^n denotan la demanda agregada (PIB) y el nivel natural o potencial de producto, respectivamente. Se supone que este último sigue un proceso estocástico AR(1) estacionario y que se puede expresar como:

$$y_{t+1}^n = g_y^n y_t^n + h_{t+1}^n, \tag{10}$$

donde -1 < g_y^n < 1, y h_t^n es un ruido blanco y se lo puede interpretar como un *shock* de productividad. La variable q_t es el logaritmo del tipo de cambio real y se define como

$$q_t = s_t + p_t^* - p_t, \tag{11}$$

donde p_t y p_t^* son el logaritmo de los precios internos y externos respectivamente (medidos como el desvío con respecto a las tendencias apropiadas en cada caso), s_t es el tipo de cambio nominal (medido como desvío con respecto a una tendencia). El término e_{t+2} es un ruido blanco que representa los *shocks* sobre la inflación (típicamente perturbaciones de costos). Los coeficientes a_p, b_y, a_y, a_q son constantes positivas; los dos primeros son, además, menores que uno.

La ecuación (8) muestra que la inflación actual depende de la inflación pasada y de las expectativas de inflación futura, de la brecha de producto y del tipo de cambio real esperado, el que a su vez muestra cuáles son los costos esperados de los insumos intermedios (o de las compensaciones salariales si éstas están vinculadas a éste).

Por su parte la inflación en el IPC se puede expresar como

$$p_t^c = (1-w)p_t + wp_t^f = p_t + w(q_t - q_{t-1}), \tag{12}$$

donde p_t^f es la inflación proveniente del exterior (de los bienes importados), y que cumple

$$p_t^f = p_t^f - p_{t-1}^f = p_t^* + s_t - s_{t-1} = p_t + q_t - q_{t-1}, \qquad \textbf{(13)}$$

donde $p_t^f = p_t^* + s_t$ y $p_t^* = p_t^* - p_{t-1}^*$.

ii. Demanda agregada

La demanda agregada se puede expresar como:

$$y_{t+1} = b_y y_t - b_r r_{t+1/t} + b_{y*} y_{t+1/t}^* + b_q q_{t+1/t} - (g_y^n - b_y) y_t^n + h_{t+1}^d - h_{t+1}^n, \qquad \textbf{(14)}$$

donde y_t^* es la brecha de producto del resto del mundo, r_t puede ser interpretada como la tasa de interés real de un bono cupón cero.[4] Todos los coeficientes son no negativos y además $b_y < 1$; h_t^d es un *shock* ruido blanco.

La tasa de interés real doméstica se define como

$$r_t = i_t - p_{t+1/t}, \qquad \textbf{(15)}$$

donde i_t es la tasa de interés nominal, que representa el instrumento de la política del banco central.

La demanda agregada depende entonces del producto rezagado, de las tasas de interés real esperadas, del producto esperado del resto del mundo, del tipo de cambio real esperado, del producto potencial y de un *shock* de demanda.

El tipo de cambio cumple la siguiente condición de paridad:

---

4 En sentido estricto Svensson (1998) la define como $r_t = \sum_{t=0}^{\infty} r_{t+t/t}$, a su vez $r_t^T = \frac{1}{T} \sum_{t=0}^{\infty} r_{t+t/t}$, donde r_t^T es la tasa de interés real de un bono cupón cero con período de madurez T.

$$i_t - i_t^* = s_{t+1/t} - s_t + j_t, \tag{16}$$

donde i_t^* es la tasa de interés nominal externa y j_t es un premio por riesgo. Teniendo en cuenta la ecuación (11), la expresión anterior puede expresarse como

$$q_{t+1/t} = q_t + i_t - p_{t+1/t} - i_t^* + p^*_{t+1/t} - j_t. \tag{17}$$

iii. Variables externas

Se supone que las variables externas siguen un proceso estocástico AR(1) estacionario, a excepción de la tasa de interés, variable que sigue una "regla de Taylor",

$$y^*_{t+1} = g_{y^*} y_t^* + e^*_{t+1} \tag{18}$$

$$p^*_{t+1} = g_{p^*} p^*_t + h^*_{t+1} \tag{19}$$

$$i_t^* = f_{p^*} p^*_t + f_{y^*} y_t^* + x^*_{it}, \tag{20}$$

donde $g_{y^*}, g_{p^*}, f_{p^*}$ y f_{y^*} son parámetros y e^*_{t+1}, h^*_{t+1} y x^*_{it} son perturbaciones aleatorias ruido blanco.

iv. Premio por riesgo

La prima por riesgo se puede expresar como

$$j_{t+1} - j_t = -y_1 x_t - y_2 (y_t - q_t) + x_{j\,t+1} \tag{21}$$

donde x_t son las exportaciones y (y_t - q_t) es una medida del producto en dólares o en términos de bienes externos. Los parámetros y_j (j = 1,2), en el caso de una economía vulnerable, son positivos y el término de error es un proceso ruido blanco.

Suponiendo que las exportaciones dependen fundamentalmente del producto del resto del mundo, la ecuación (21) se puede expresar de la siguiente manera:

$$j_{t+1} = j_t - y_{y^*} y_t^* - y_{y-q}(y_t - q_t) + x_{j\,t+1} \qquad \textbf{(22)}$$

Hasta ahora sólo se habían utilizado los supuestos que hacen que este modelo sea apropiado para una economía pequeña y abierta. En la ecuación (22) se introduce el efecto de la devaluación sobre el riesgo país y, por tanto, también sobre la tasa de interés y sobre la demanda agregada, lo que caracteriza a las economías dolarizadas o vulnerables.

La noción tradicional de libro de texto es que las devaluaciones, en la medida en que los precios de los productos nacionales se fijen en moneda doméstica y los precios de los bienes importados en moneda externa, tendrán un efecto positivo sobre la demanda al incrementar el saldo de la balanza comercial y, por ende, serán efectivas para contrarrestar *shocks* negativos que afecten a la economía. También, los modelos de la nueva macroeconomía de economías abiertas asignan un papel "aislante" al tipo de cambio.[5]

En esencia, ésta es la visión de Milton Friedman relativo a la elección del régimen cambiario óptimo. Si la economía presenta rigideces nominales, es más rápido y menos costoso ajustar el tipo de cambio nominal, ante un *shock* externo que requiere un aumento del tipo de cambio real, es decir una modificación de los precios relativos, que esperar a que los excesos de demanda en los mercados de bienes y trabajo, con su consecuente caída del producto y el empleo, comiencen a presionar sobre los salarios y precios. Este ha sido el argumento utilizado en Uruguay por aquéllos que reclamaban la devaluación del peso uruguayo luego del *shock* negativo sobre las exportaciones, consecuencia de la macrodevaluación de Brasil en enero de 1999.

Un contra argumento que se podría esgrimir para rebatir esta visión es que en economías como la uruguaya, donde las deudas están denominadas en dólares y los ingresos de muchas empresas y del gobierno dependen de la moneda local, los cambios repentinos en los precios relativos amenazan la estabilidad financiera y deterioran los balances de estos agentes, con lo cual la prima por riesgo que exigen los inversores en el país se incrementa como consecuencia del ajuste de precios relativos que induce

5 Obstfeld y Rogoff (2000) analizan los efectos de la política cambiaria en un modelo neo-keynesiano con fundamentos microeconómicos.

la devaluación. Desde esta perspectiva, estos efectos negativos pueden ser mayores que los efectos positivos que provienen del aumento del tipo de cambio real, con lo cual las devaluaciones pueden ser recesivas, en lugar de expansivas.

Sin embargo, tal como surge de modelos como el de Céspedes *et al.*(2000), aún teniendo en cuenta los efectos sobre el riesgo país, no es claro que un régimen de tipo de cambio fijo sea preferible a uno flexible. Esto tiene que ver con algunos argumentos que serán desarrollados a continuación.

En primer lugar, un *shock* externo negativo causa una importante depreciación bajo un régimen de tipo de cambio flexible, pero no es menos cierto que también causa una devaluación esperada muy importante bajo un régimen de tipo de cambio fijo. Esto hace que la tasa de interés real bajo tipo de cambio fijo sea mayor que bajo un régimen de flotación, con el consecuente efecto negativo sobre la inversión y el producto.

En segundo lugar, bajo tipo de cambio fijo y con rigideces salariales, la única forma en que la economía puede ajustarse es a través de deflación, lo que temporariamente causa un aumento del salario real, y por lo tanto, una reducción del empleo y del producto.

En tercer lugar, si bien es cierto que la depreciación o devaluación luego de un *shock* negativo genera una reducción de la riqueza neta, ya que las deudas están denominadas en dólares, no es menos cierto que bajo un régimen de tipo de cambio fijo, el proceso deflacionario que se genera hace que las deudas sean más pesadas en términos de los bienes que producen las empresas. Pero adicionalmente al efecto precio, se tiene un efecto negativo atribuible al menor nivel de producción bajo tipo de cambio fijo, por lo ya comentado. Por lo tanto, se vende menos y a menor precio, esto genera al igual que la devaluación un menor nivel de riqueza neta y consecuentemente problemas para servir las deudas.

En cuarto lugar, es cierto que luego de depreciaciones inesperadas la tasa de interés se incrementa, y ésto puede generar mayor endeudamiento futuro, pero también es cierto que la depreciación da lugar a menores importaciones y a menor endeudamiento.

Finalmente, es necesario subrayar que ni aún sobre la prima de riesgo se puede afirmar con certeza que un régimen de tipo de cambio fijo es mejor que uno de tipo de cambio flotante, ya que el efecto neto depende en buena medida de cómo evoluciona la riqueza neta en cada uno de los regímenes y como ya lo hemos mencionado, no es claro que uno sea mayor que en el otro. En definitiva, es una cuestión que sólo se puede contestar empíricamente.

Tal como lo afirman Céspedes *et al*. (2000), las interacciones entre el tipo de cambio real, la riqueza neta y la prima por riesgo son complejas y la literatura recién está comenzando a dar respuestas al respecto.

III.2 Función de pérdida

La función de pérdida, será postulada en función de variables macroeconómicas tal como se hace en la mayoría de los modelos disponibles, véase, por ejemplo, Persson y Tabellini (1995), y es similar a la representada en la ecuación (1), simplemente se agrega un término de suavización del instrumento del banco central: la tasa de interés.

$$L_t = m_c p_t^{c2} + l y_t^2 + d(s_t - s_{t-1})^2 \qquad \textbf{(23)}$$

El gobierno elige el valor de su instrumento del tal forma de minimizar:

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} b^t L_t, \qquad \textbf{(24)}$$

donde b es un factor de descuento.

III.3 El modelo en forma matricial

La regla de política óptima en modelos macroeconómicos con expectativas racionales surge de resolver un problema general como el que se plantea a continuación,

$$\text{Mín. } J_0 = E_0 \sum_{t=0}^{\infty} b^t \left[x_t^{'}\ u_t^{'}\right] P \begin{bmatrix} x_t \\ u_t \end{bmatrix}, \qquad \textbf{(25)}$$

s.a.

$$\begin{bmatrix} x_{1t+1} \\ E_t x_{2t+1} \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} x_{1t} \\ x_{2t} \end{bmatrix} + Bu_t + \begin{bmatrix} e_{t+1} \\ 0 \end{bmatrix}, \text{donde } x_t = \begin{bmatrix} x_{1t} \\ x_{2t} \end{bmatrix} \tag{26}$$

y

$$u_t = Fx_t, \tag{27}$$

donde (25) muestra la función objetivo (de pérdida) a minimizar, donde *P* es una matriz que quedará determinada de acuerdo a la ponderación que se le otorgue a los distintos objetivos (véase, anexo C). x_t es el vector de las variables de estado de la economía, compuesto por variables *backward looking* o predeterminadas x_{1t} y variables *forward looking* x_{2t}. La ecuación (26) es el modelo expresado en forma matricial y poniendo las variables *forward looking* en función de las variables predeterminadas, *A* y *B* son matrices de parámetros constantes. El vector u_t muestra a los instrumentos de política (en principio es la tasa de interés), los que reaccionan ante movimientos en las variables de estado (variables predeterminadas) de acuerdo a constantes (elasticidades) que están implícitas en la matriz *F* en la ecuación (27). El problema a resolver consiste en determinar *F* de tal forma que minimicemos la función de pérdida (25).

En el caso particular considerado en este trabajo, los vectores de variables quedan definidos de la siguiente manera:

$$x_{1t} = (p_t, y_t, p_t^*, y_t^*, i_t^*, j_t, y_t^n, q_{t-1}, i_{t-1}, p_{t+1/t})'$$
$$x_{2t} = (q_t, r_t, p_{t+2/t})'.$$

Las demás variables no consideradas en estos vectores son simplemente combinaciones lineales de éstas, a excepción de $i_{t+1/t}$. En el anexo C se muestra la forma en que se puede dar cuenta de esta variable para dejar al sistema como está expresado en (26).

IV. Los Resultados

IV.1 Reglas Monetarias

La regla monetaria óptima no es más que la mejor reacción de la política monetaria, dadas las preferencias del hacedor de política (*policy maker*), ante movimientos en las variables predeterminadas, véase, la ecuación (28). En el anexo A se presentan los parámetros utilizados para calibrar el modelo. Los programas de optimización dinámica fueron implementados en lenguaje Matlab.[6]

$$i_t = f_p p_t + f_y y_t + f_{p*} p_t^* + f_{y*} y_t^* + f_{i*} i_t^* + f_j j_t + \\ + f_{y^n} y_t^n + f_q q_{t-1} + f_i i_{t-1} + f_{Ep} p_{t+1/t} \qquad \textbf{(28)}$$

Cuadro 1. Reglas optimas

Parámetros de la función de pérdida y desvíos estándar asociados	f_p	f_y	f_{p*}	f_{y*}	f_{i*}	f_j	f_{y^n}	f_q	f_i	f_{Ep}
Meta tipo de cambio *m_c=0, l=0, d=1* *s(y)=60,2%; s(p)=19,0%; s(q)=63,3%; s(j)=18,8%*	0,16	0,17	-0,77	0,11	1,00	0,12	0,01	-0,16	0,00	-0,02
Regla de Taylor *s(y)=19,8% s(p)=17,8%; s(q)=21,6%; s(j)=7,9%*	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
Meta inflación estricta *m_c=1, l=0, d=0* *s(y)=13,2% s(p)=14,6%; s(q)=18,2%; s(j)=15,0%*	0,16	0,19	-0,75	0,12	1,00	0,08	-0,01	-0,16	0,00	-0,03
Meta inflación flexible *m_c=1, l=15, d=0* *s(y)=7,5% s(p)=11,7%; s(q)=12,2%; s(j)=12,8%*	0,43	-2,30	-1,32	-1,61	1,00	3,85	0,60	-0,21	0,00	0,62
Meta producto *m_c=0, l=1, d=0* *s(y)=3,0% s(p)=20,6%; s(q)=8,8%; s(j)=14,7%*	0,00	-12,60	-1,57	-8,25	1,00	5,76	1,66	0,00	0,00	1,00

A partir del Cuadro 1 se puede concluir que el sistema más eficiente en términos de la varianza del producto y la inflación es uno de meta inflación con una regla *forward looking*. Sin embargo, estos sistemas tienen la desventaja de ser más difíciles de implementar que aquéllos que fijan objetivos sobre menos variables y con reglas más simples.

En este sentido, se procedió a la simulación de un modelo con una meta de tipo de cambio y una meta inflación estricta (únicamente la inflación entra en la función objetivo). Es interesante notar como la regla asociada a

6 Estos programas están disponibles bajo solicitud.

una meta estricta de inflación se asemeja a la de meta devaluación o tipo de cambio en términos de las varianzas que brinda, lo que no es de extrañar, en la medida en que considerando las expresiones (12) y (13) se tiene que:

$$(s_t - s_{t-1})^2 = \left(\frac{1}{w} p_t^c + \frac{w-1}{w} p_t - p_t^* \right)^2, \qquad \textbf{(29)}$$

y por tanto, una meta de devaluación no es más que una meta de inflación en IPC, doméstica e internacional. El producto sigue teniendo, por ende, una ponderación cero en la función de pérdida. Sin embargo una meta estricta de inflación IPC (ponderación cero a las demás variables) presenta ventajas en términos de varianza de la inflación doméstica y del producto, en comparación con una meta de devaluación.

Por otra parte, imponiendo una regla simple, como la “regla de Taylor”, se llega a la conclusión de que se genera una mayor varianza, tanto en el producto como en la inflación, en comparación una meta de inflación estricta con una regla *forward looking*, aunque continúa siendo superior a una meta tipo de cambio.

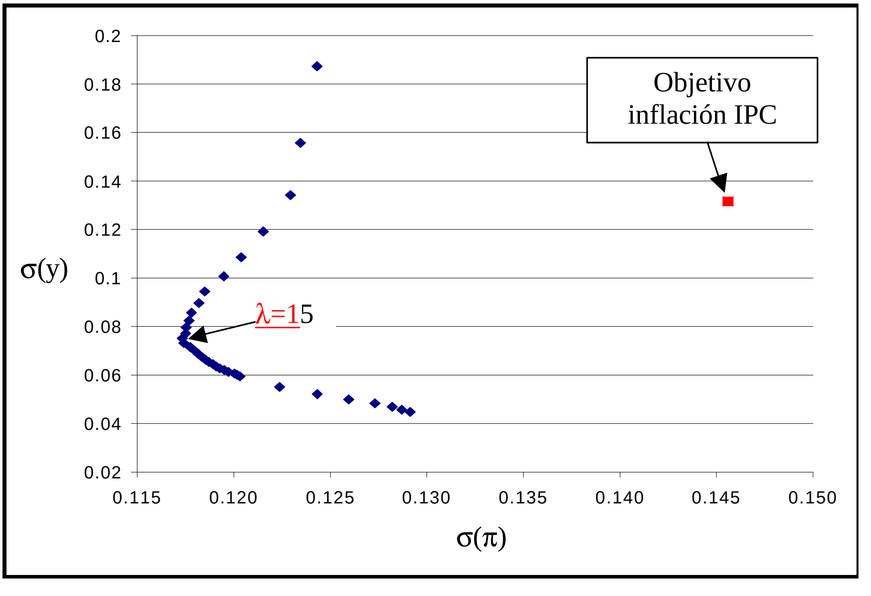
IV.2 Frontera de varianzas

La frontera de varianzas es el lugar geométrico que vincula la varianza de dos variables para distintas preferencias o ponderaciones de los objetivos en la función de pérdida. Para su construcción se realiza un experimento de simulación de Monte Carlo. Se genera una secuencia de términos aleatorios (1.000 vectores de *shocks* independientes) con media cero y varianza igual a la del ruido de cada ecuación del modelo con el fin de obtener estimaciones de las variables predeterminadas bajo diferentes preferencias en la función de pérdida y, por tanto, diferentes reglas, a partir de las mismas, de sus varianzas y sus desvíos estándar. Más específicamente, en este trabajo se ha hecho variar el parámetro l entre 0 y 100 (en el gráfico sólo se muestran los puntos para l entre 3 y 100).

La frontera de varianza entre el producto y la inflación ilustra acerca de dos hechos significativos. En primer lugar, la asignación de ponderaciones relativamente altas a la inflación conduce no sólo a una mayor varianza del producto, sino también de la inflación. Este es un resultado bastante habitual en la literatura de reglas monetarias óptimas (véase, por ejemplo, Bonomo y Brito, 2001; Chang *et al.*, 2002; de Brouer y O’Regan, 1997). La explicación, es que cuando se tiene un objetivo inflación muy estricto al intentar estabilizar la inflación se reacciona muy fuerte con la política monetaria lo que aumenta la varianza del producto, pero a su vez la brecha de producto sirve para la formación de expectativas de inflación, las que a su vez intervienen en la determinación de la trayectoria futura de la inflación. Por tanto, al reaccionar fuertemente se genera una mayor fluctuación de las variables en el largo plazo. Otra forma de expresar esta idea es que al reducir las fluctuaciones del producto hoy se puede reducir la fluctuación de la inflación, ya que éste es un importante predictor de la inflación futura.

Si bien en el Gráfico 1 no se muestra el comportamiento del desvío estándar bajo un régimen de tipo de cambio, la comparación es inmediata a partir de los valores del Cuadro 1, y la conclusión a la que se arriba es que cualquier régimen de objetivo inflación, aún el estricto arroja mejores resultado en términos de la varianza del producto y de la inflación que el de meta tipo de cambio. Una "regla de Taylor" también es superior a este último.

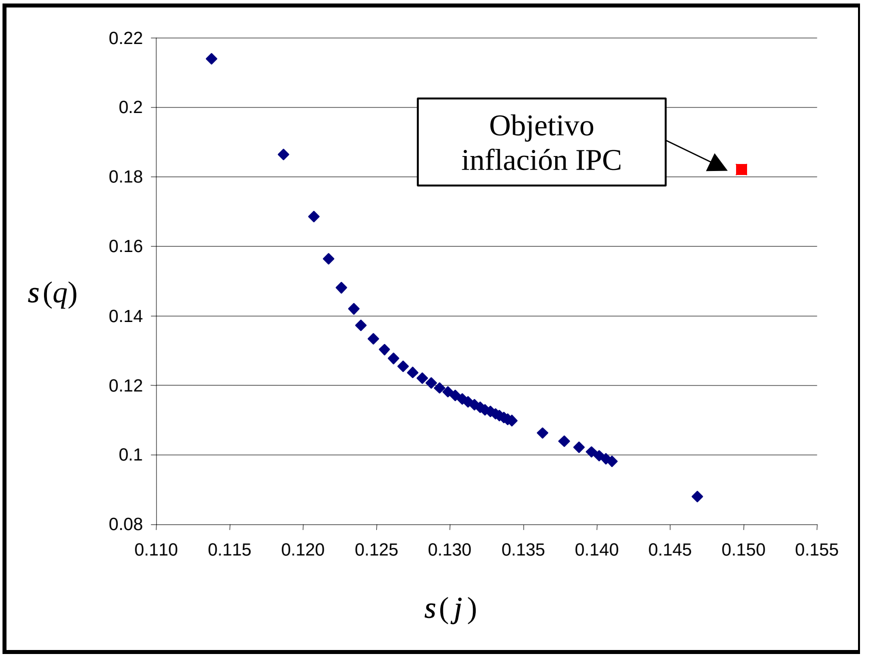
Gráfico 1. Frontera de varianzas para el producto y la inflación



Se podría argumentar que un régimen de tipo de cambio es más transparente y, por tanto, brinda mayor credibilidad, por lo que se justificaría el asumir un mayor costo por la estabilización de precios (fundamentalmente, en términos de variabilidad del producto). Sin embargo, esto no tiene porque ser así necesariamente, como lo demuestra la transparencia en la divulgación de la información y en la explicación de la política monetaria en los regímenes de objetivo inflación, que aporta altos niveles de credibilidad a la gestión bancocentralista.

Por otra parte, como se puede observar en el Gráfico 2, nuevamente para valores de λ comprendidos entre 3 y 100, existe una relación negativa entre la varianza del riego país y la varianza del tipo de cambio real. Esto, con la configuración de parámetros de nuestro modelo, contradice la visión de que un tipo de cambio real estable garantiza la estabilidad del riesgo país (véase, por ejemplo, Morón y Wilkenried, 2001). Por el contrario, con la evidencia preliminar aportada en este trabajo, la flexibilidad del tipo de cambio real parece ser una condición necesaria para la estabilidad del riesgo país.

Gráfico 2.
Frontera de varianzas para el tipo de cambio real y el riesgo país



I. Conclusiones y agenda futura de investigación

Tres son las conclusiones principales de este trabajo. En primer lugar, un régimen de objetivo inflación con una regla *forward looking* (compleja) es el régimen más eficiente en términos de varianza del producto y de inflación. En segundo lugar, sistemas más simples y más ineficientes que un régimen de objetivo inflación flexible con regla compleja, como un régimen de objetivo inflación estricto o una “regla de Taylor” son superiores a un régimen de tipo de cambio fijo. En tercer lugar, existe un *trade off* entre la varianza del tipo de cambio real y del riesgo país lo que sugiere, al contrario de la evidencia presentada en otros estudios, que un tipo de cambio real más variable puede reducir la varianza del riesgo país. Esto implica que el efecto indirecto del tipo de cambio real a través de la estabilización del producto sobre el riesgo país es más importante que el efecto negativo directo sobre el mismo.

Cabe subrayar, no obstante, estas conclusiones deberían tomarse como una primera aproximación al tema, ya que el análisis presenta limitaciones y abre las puertas para el desarrollo de una nueva, y por cierto amplia, agenda de investigación. Algunos de los temas más relevantes de la agenda tienen que ver con la necesidad de evaluar el desempeño de otras reglas monetarias simples (por ejemplo, un índice de condiciones monetarias, véase al respecto el artículo de Svensson, 1998). Asimismo, se debe discutir la conveniencia de utilizar otras reglas, bajo compromiso de la política monetaria, y se debe dar lugar a la posibilidad de reglas no lineales de política. Por otra parte, debería hacerse un esfuerzo por obtener mejores estimaciones de los parámetros e incorporar a modelos más flexibles que los considerados en este trabajo (modelización VAR irrestricta), de modo que puedan realizarse nuevas evaluaciones de las reglas monetarias. Ante la existencia de incertidumbre con respecto a cual es el verdadero modelo de la economía, se debe incorporar al análisis el control robusto, lo que permitirá escoger la regla óptima con un criterio de minimizar el máximo daño que pueda surgir por no conocer adecuadamente la estructura de la economía analizada (véase, Hansen y Sargent, 2000; Giordani y Soderlind, 2003).

Referencias bibliográficas

Aboal, D. (2003), *"Tipo de Cambio Real de Equilibrio en Uruguay"*, Documento de Trabajo 03/02, Instituto de Economía, Universidad de la República de Uruguay.

Aboal, D., F. Lorenzo y N. Noya (2003), *"La Inflación como Objetivo en Uruguay: Consideraciones sobre los Mecanismos de Transmisión de la Política Monetaria y Cambiaria"*, Revista de Economía del Banco Central del Uruguay, N° 10, Segunda Época (mayo).

Agénor P. (2000), "Monetary Policy under Flexible Exchange Rates: An Introduction to inflation Targeting" The World Bank WP, november.

Aizenman, J. y J. Frenkel (1985), *"Optimal Wage Indexation, Foreign Exchange Intervention, and Monetary Policy"*, American Economic Review, 75(3).

Aizenman, J. y R. Hausmann (2000), *"Exchange Rate Regimes and Financial-Market Imperfections"*, NBER Working Paper Nº 7738.

Ball, L. (2000), *"Policy Rules and External Shocks"*, NBER Working Paper Nº 7910.

Ball, L. (1998), *"Policy Rules for Open Economy"*, NBER Working Paper Nº 6760.

Barro, R. y D. Gordon (1983), *"Rules, Discretion, and Reputation in a Model of Monetary Policy"*, Journal of Monetary Economics, 12.

Bonomo, M. y R. Brito (2001), *"Regras Monetárias e Dinámica Macroeconómica no Brasil: Uma Abordagem de Expectativas Racionais"*, Banco Central del Brasil, Documento de Trabajo 28.

Canova, F. (1993), *"Detrending and Business Cycle Facts"*, Center for Economic Policy Research, DP N° 782.

Céspedes, L., R. Chang y A. Velasco (2000), *"Balance Sheets and Exchange Rate Policy"*, NBER Working Paper Nº 7840.

Chang, E., M. Muinhos y J. Teixeira (2002), *"Macroeconomic Coordination and Inflation Targeting in a Two-Country Model"*,Working Paper 50, Banco Central del Brasil.

Devereux, M. y C. Engel (1999), *"The Optimal Choice of Exchange Rate Regime: Price-Setting Rules and Internationalized Production"*, NBER Working Paper Nº 6992.

De Brouwer, G. Y J. O'Regan (1997), *"Evaluationg Simple Monetary Policy Rules for Australia"*, Reserve Bank of Australia Annual Conference Volume 1997-16.

Edwards, S. y M. Savastano (1999), *"Exchange Rates in Emerging Economies: What Do We Know? What Do We Need to Know?"*, NBER Working Paper Nº 7228.

Eichengreen, Barry (1999) *"Kicking the Habit: Moving from Pegged Rates to Greater Exchange Rate Flexibility"*, Economic Journal, 109.

Engel, C. (2002), *"The Responsiveness of Consumer Prices to Exchange Rates and the Implications for Exchange-Rate Policy: A Survey of a Few Recent New Open-Economy Macro Models"*, NBER Working Paper 8725.

Flood, R. y N. Marion (1982), *"The Transmission of Disturbances Under Alternative Exchange-Rate Regimes with Optimal Indexing"*, Quarterly Journal of Economics, 28.

Frankel, J. (1999), *"No Single Currency Regime is Right for All Countries or at All Times"*, NBER Working Paper Nº 7338.

Garcia, P. Herrera, L. y R. Valdés (2002), *"New Frontiers for Monetary Policy in Chile"* en *Inflation Taregetin: Design, Performances and Challenges* editado por Norman Loayza y Raimundo Soto, Banco Central de Chile.

Giordani, P. y P. Soderlind (2003), *"Solution of Macromodels with Hansen-Sargent Robust Policies: Some Extensions"*, mimeo.

Givens, G. (2003), *"Optimal Monetary Policy Design: Solutions and Comparisons of Commitment and Discretion"*, mimeo, University of North Carolina.

Hansen, L., and T. Sargent (2000), *"Robust Control and Filtering of Forward-Looking Models"*, Stanford University Working Paper.

Kamil, H. y F. Lorenzo (1998), *"Caracterización de las Fluctuaciones Cíclicas en la Economía Uruguaya"*, Revista de Economía del BCU, Volumen 5(1).

Kydland F. y E. Prescott (1977), *"Rules Rather than Discretion: The Inconsistency of Optimal Plans"*, Journal of Political Economy, 85(3).

Licandro, G. (1999), *¿Un Area Monetaria Optima para el Mercosur?,* Jornadas Anuales de Economía del Banco Central del Uruguay.

Masoller, A. (1998), *"Shocks Regionales y el Comportamiento de la Economía Uruguaya entre 1974 y 1997"*, Revista de Economía del BCU, Volumen 5(1).

McCallum, B. (1996), *"Inflation Targeting in Canada, New Zealand, Sweden, the United Kingdom and in General"*, NBER Working Paper Nº 5579.

Mishkin, F. (1999), *"International Experiences with Different Monetary Policy Regimes"*, NBER Working Paper Nº 7044.

Mishkin, F. y K. Schmidt-Hebbel (2000), *"One Decade of Inflation Targeting in the World. What Do We Know and What Do We Need to Know?*. Documento presentado a la conferencia *"Ten Years of Inflation Targeting: Design, Performance, Challenges"*, Banco Central de Chile.

Mishkin, F. y Savastano (2000), *"Monetary Policy Strategies for Latin America"*, NBER Working Paper Nº 7617.

Morón, E. y Winkelried, D. (2003), *"Monetary Policy Rules for Financially Vulnerable Economies"*, IMF Working Papers 03/39.

Mussa, M., P. Masson, A. Swoboda, E. Jadresic, P. Mauro y A. Berg (2000), *"Exchange Rate Regimes in an Increasingly Integrated World Economy"*, FMI, mimeo.

Obstfeld, M. y K. Rogoff (2000), *"New Directions for Stochastic Open Economy Models"*, Journal of International Economics, 50, 117-153.

Persson, T. y G. Tabellini (1995), *"Double-Edged Incentives: Institutions and Policy Coordination"*, Handbook of International Economics, Vol. 3, Cáp. 38.

Persson, T. y G. Tabellini, eds. (1994), Monetary and Fiscal Policy: Volume 1 Credibility, MIT Press.

Rogoff, K. (1985), *"The Optimal Degree of Commitment to an Intermediate Monetary Target"*, Quarterly Journal of Economics, 100.

Soderlind, P. (1999), *"Solution and Estimation of RE Macromodels with Optimal Policy"*, European Economic Review, 43, 813-23.

Stock, J. (1994), *"Unit Roots, Structural Breaks and Trends"*, en Handbook of Econometrics, Vol. 6, cap. 46.

Svensson, L. (1998), *"Open-Economy Inflation Targeting"*, NBER Working Paper 6545.

Svensson, L. (2000), *"Open-Economy Inflation Targeting"*, Journal of International Economics 50.

Taylor, J. (2000), *"Using Monetary Policy Rules in Emerging Market Economies"*, Stanford University, mimeo.

Taylor, J. (2001), *"The Role of the Exchange Rate in Monetary Policy Rules"*, American Economic Review, 91 (2).

Anexo A
Los Parámetros Utilizados en la Calibración del Modelo

Los mayoría de los parámetros que presentamos a continuación fueron obtenidos de las estimaciones realizadas para la economía uruguaya por Morón y Wilkenried (2003), véase el apéndice de ese artículo.

Curvas y parámetros de la función	Valor
Brecha de Producto	
g_y^n	**0.960**
$s(h_{t+1}^n)$	**0.020**
Inflación del Resto del Mundo	
g_p^*	**0.910**
$s(e_{t+1}^*)$	**0.005**
Producto del Resto del Mundo	
g_y^*	**0.790**
$s(h_{t+1}^*)$	**0.005**
Regla monetaria del Resto del Mundo	
f_p^*	**0.760**
f_y^*	**0.430**
$s(x_{it+1}^*)$	**0.005**
Curva de Phillips	
a_p	**0.480**
a_y	**0.036**
a_q	**0.075**
$s(e_{t+2})$	**0.007**
Curva de Demanda	
b_y	**0.556**
b_{y*}	**0.404**
b_q	**0.038**
b_r	**0.048**
$s(h_{t+1}^d)$	**0.022**
Riesgo País	
j_{y*}	**0.542**
j_{y-q}	**0.210**
$s(x_{j,t+1})$	**0.012**
Otros	
w	**0.500**
b	**0.950**

Anexo B[7]
El Modelo en Formato Estado-Espacio

En primer lugar téngase en cuenta que por la existencia de expectativas racionales:

$$p_{t+1} = p_{t+1/t} + e_{t+1} \tag{A.1}$$

y tomando expectativas en t + 1 y en t en (8) (haciendo la resta) y teniendo en cuenta que

$$y_{t+1} - y_{t+1/t} = h^d_{t+1} - h^n_{t+1} \quad \text{llegamos a}$$

$$p_{t+2/t+1} = p_{t+2/t} + a_p \, e_{t+1} + a_y b_y (h^d_{t+1} - h^n_{t+1}), \tag{A.2}$$

además,

$$r_{t+1/t} = r_t - i_t + p_{t+1/t}. \tag{A.3}$$

Si ahora tomamos expectativas en t en la ecuación (8) llegamos a,

$$(1-a_p)p_{t+3/t} = p_{t+2/t} - a_p p_{t+1/t} - a_y y_{t+2/t} - a_q q_{t+2/t}.$$

Adelantando (14) un período, timando expectativas en el período y, y sustituyendo por $y_{t+2/t}$; adelantando (A.3) un período, timando expectativas y sustituyendo por $r_{t+2/t}$ y finalmente adelantando (17) un período, timando expectativas y sustituyendo por $q_{t+2/t}$ - $q_{t+1/t}$ llegamos a:

$$\begin{aligned}(1-a_p)p_{t+3/t} = {} & -a_p p_{t+1/t} + [1 + a_y(b_r + b_q) + a_q]p_{t+2/t} - a_y b_y y_{t+1/t} + \\ & + a_y b_r r_{t+1/t} - a_y b^*_y y^*_{t+2/t} - (a_y b_q + a_q) q_{t+1/t} + \\ & + (a_y b_q + a_q)(i^*_{t+1/t} - p^*_{t+2/t} + j_{t+1/t}) + \\ & - a_y (g^n_y - b_y) y^n_{t+1/t} - [a_y(b_q + b_r) + a_q] i_{t+1/t}. \end{aligned} \tag{A.4}$$

7 Este anexo sigue en lo fundamental a Svensson (1998).

Teniendo en cuenta (A.1), (14), (18)-(21) y (A.2) para las variables predeterminadas y las identidades para las variables q_{t-1}, i_{t-1} y $p_{t+2/t}$, y (17), (A.3) y (A.4) para las variables *forward-looking*, llegamos a:

$$A^0 = \begin{bmatrix} e_{10} \\ b_y e_2 + b_r A_{n1+2.} + b_y^* g_y^* e_4 + b_q A_{n1+1.} - (g_y^n - b_y) e_7 \\ g_p^* e_3 \\ g_y^* e_3 \\ f_p^* g_p^* e_3 + f_y^* g_y^* e_3 \\ e_6 - y_1 e_4 - y_2 (e_2 - e_{n1+1}) \\ g_y^n e_7 \\ e_{n1+1} \\ e_0 \\ e_n \\ e_{n+1} - e_{10} + A_{3.} - e_5 - e_6 \\ e_{10} + e_{n1+2} \\ A_{n.} \end{bmatrix}$$

donde

$$A_{n.} = \frac{1}{1 - a_p} \begin{bmatrix} -a_p e_{10} + (1 + a_y (b_r + b_q) + a_q) e_n - a_y b_y A_{2.} + a_y b_r A_{n1+2.} - a_y b_y^* g_y^* A_{4.} \\ -(a_y b_q + a_q) A_{n1+1.} + (a_y b_q + a_q)(A_{5.} - g_p^* A_{3.} + A_{6.}) + a_y (g_y^n - b_y) A_{7.} \end{bmatrix}$$

$$B^0 = \begin{bmatrix} 0 \\ b_q + b_r \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ -1 \\ \frac{-1}{1-a_p}\left[a_y(1+b_y)(b_q+b_r)+a_q\right] \end{bmatrix}, \mathrm{B}^1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \frac{-1}{1-a_p}\left[a_y(b_q+b_r)+a_q\right] \end{bmatrix}$$

donde además e_j, j=0, ..., n_1, es un vector fila de 1xn, para j=0 todos los elementos son ceros y para $j\neq0$ el elemento j es igual a uno y el resto igual a cero, $A_{j.}$ es la fila j de la matriz A^0.

La matriz C_Z y la matriz C_i se definen como:

$$C_Z = \begin{bmatrix} e_1 + w(e_{n1+1} - e_8) \\ e_1 \\ e_2 \\ e_0 \\ -e_9 \\ e_3 \end{bmatrix}, C_i = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Anexo C[8]
El problema a resolver

El problema consiste en elegir i_t en el período t para minimizar (B.1) sujeto a ()

$$\text{Mín. } J_0 = E_0 \sum_{t=0}^{\infty} b^t L_t, \tag{B.1}$$

$s.a.$

$$\begin{bmatrix} x_{1t+1} \\ E_t x_{2t+1} \end{bmatrix} = A^0 x_t + B^0 i_t + B^1 i_{t+1/t} + \begin{bmatrix} e_{t+1} \\ 0 \end{bmatrix}, \text{donde } x_t = \begin{bmatrix} x_{1t} \\ x_{2t} \end{bmatrix}, \tag{B.2}$$

$$Y_t = C_z x_t + C_i i_t, \tag{B.3}$$

$$L_t = Y_t^{'} K Y_t, \quad \text{donde } Y_t = \begin{bmatrix} p_t^c \\ p_t \\ y_t \\ i_t \\ i_t - i_{t-1} \\ p^* \end{bmatrix} \tag{B.4}$$

y

$$K = \begin{bmatrix} d\frac{1}{w^2} + m_c & d\frac{w-1}{w^2} & 0 & 0 & 0 & -d\frac{1}{w} \\ d\frac{w-1}{w^2} & d\left(\frac{w-1}{w}\right)^2 + m_p & 0 & 0 & 0 & -d\frac{w-1}{w} \\ 0 & 0 & l & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & u_i & 0 \\ -d\frac{1}{w} & -d\frac{w-1}{w} & 0 & 0 & 0 & d \end{bmatrix}$$

8 Véase nuevamente Svensson (1998) y Soderlind (1999).

y $(B.5)\quad i_{t+1} = f_{t+1}x_{t+1},$ **(B.5)**

siendo $d, m_c, m_p, l, m_i, v_i,$ los ponderadores en la función objetivo de la devaluación, la inflación en bienes internos, la tasa de inflación, el producto, la tasa de interés y la variación de la tasa de interés, respectivamente. En el ejercicio realizado en el texto, los dos ultimos componentes no fueron considerados, o mejor dicho se les dio un valor cero.

Con el fin de facilitar los cálculos y aplicar de forma directa el algoritmo utilizado en Svensson (1998) de la forma planteada en (26), se elimina $i_{t+1/t}$ de (B.2), lo que resulta en

$$\begin{bmatrix} x_{1t+1} \\ E_t x_{2t+1} \end{bmatrix} = A_t x_t + B_t i_t + \begin{bmatrix} e_{t+1} \\ 0 \end{bmatrix}$$

donde

$$A_t \equiv \left(I - B^1 \left[f_{t+1} \quad 0 \right]\right)^{-1} A^0$$

$$B_t \equiv \left(I - B^1 \left[f_{t+1} \quad 0 \right]\right)^{-1} B^0 .$$

Para comprender de forma más precisa el procedimiento puede suponerse que el valor óptimo de la función objetivo en el período t+1 viene dado por $X'_{t+1}V_{t+1}X_{t+1} + w_{t+1}$, donde V_{t+1} es una matriz semidefinida positiva y w_{t+1} es un escalar. Así, la solución óptima para el problema en el período t satisface

$$X'_t V_t X_t + w_t = \min_{i_t}\left\{L_t + d\; E_t\left[X'_{t+1}V_{t+1}X_{t+1} + w_{t+1}\right]\right\}.$$

La función de pérdida se escribe como

$$L_t = \left[Z'_t i'_t\right] P \begin{bmatrix} Z_t \\ i_t \end{bmatrix} = Z'_t Q Z_t + 2Z'_t U i_t + i'_t R i_t,$$

siendo $Q \equiv C'_Z K C_Z$, $U \equiv C'_Z K C_i$, $R \equiv C'_i K C_i$.

Las matrices A, B, Q y U se particionan de forma conformable a la partición del vector $\left[x_{1t+1} \quad E_t x_{2t+1}\right]'$ resultando

$$A_t = \begin{bmatrix} A_{t11} & A_{t12} \\ A_{t21} & A_{t22} \end{bmatrix},\ B_t = \begin{bmatrix} B_{t1} \\ B_{t2} \end{bmatrix},\ Q = \begin{bmatrix} Q_{11} & Q_{12} \\ Q_{21} & Q_{22} \end{bmatrix},\ U = \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \end{bmatrix}.$$

De esta forma, se calcula $\begin{bmatrix} M_t & F_t & V_t \end{bmatrix}$ de acuerdo a la matriz A y las siguientes matrices:

$$D_t = \left(A_{t22} - M_{t+1}A_{t12}\right)^{-1}\left(M_{t+1}A_{t11} - A_{t21}\right)$$

$$G_t = \left(A_{t22} - M_{t+1}A_{t12}\right)^{-1}\left(M_{t+1}B_{t1} - B_{t2}\right)$$

$$A_t^* = A_{t11} - A_{t12}D_t$$

$$B_t^* = B_{t11} - A_{t12}G_t$$

$$Q_t^* = Q_{11} + Q_{12}D_t + D_t^{'}Q_{21} + D_t^{'}Q_{22}D_t$$

$$U_t^* = Q_{12}G_t + D_t^{'}Q_{22}G_t + U_1 + D_t^{'}U_2$$

$$R_t^* = R + G_t^{'}Q_{22}G_t + G_t^{'}U_2 + U_2^{'}G_t$$

$$f_t = -\left(R_t^* + d\ B_t^{*'}V_{t+1}B_t^*\right)^{-1}\left(U_t^{*'} + d\ B_t^{*'}V_{t+1}A_t^*\right)$$

$$M_t = D_t + G_t f_t$$

$$V_t = Q_t^* + U_t^* f_t + f_t^{'}U_t^{*'} + f_t^{'}R_t^* f_t + d\left(A_t^* + B_t^* f_t\right)^{'}V_{t+1}\left(A_t^* + B_t^* f_t\right).$$

En el caso de una “regla de Taylor” (bajo compromiso) la solución es distinta a la discrecional y el algoritmo utilizado también (véase, Soderlind (1999) sección 1.3).

9 Véase nuevamente Svensson (1998) y Soderlind (1999).