

# EFICIENCIA DE LA POLÍTICA MONETARIA EN CHILE ¿EXISTIERON MEJORAS?\*

Juan Marcelo Ochoa C.\*\*

## I. INTRODUCCIÓN

Chile experimentó una caída en la volatilidad de la tasa de inflación y del producto desde principios de los noventa. Según Cechetti, Flores-Lagunes y Krause (2006), esta mejora del desempeño económico se puede explicar tanto por una caída de los *shocks* que enfrenta la economía como por un mejor manejo de la política monetaria. En este documento intento explorar la contribución de ambos factores al buen desempeño económico en Chile en los últimos quince años a través de tres medidas derivadas de la frontera de eficiencia de la economía; la primera captura el desempeño de la economía utilizando la volatilidad de la inflación y del producto efectivamente observadas; la segunda captura la magnitud de los *shocks* que enfrenta la economía, medida como la distancia de la frontera de eficiencia del origen, y la tercera captura la eficiencia de la política monetaria, calculada como la distancia de las volatilidades observadas de la curva de la eficiencia.

Los resultados del documento muestran que la disminución de la volatilidad de la inflación y del producto se traducen en una mejora (caída) importante en la medida de desempeño económico. En promedio, la medida de desempeño disminuyó más del 200% entre los períodos 1992-2000 y 2001-2007. Esta mejora del desempeño económico se explica, por un lado, por la disminución de los *shocks* que enfrenta la economía (123%) y, por otro lado, por la eficiencia de la política monetaria (83%). Los resultados sugieren que los *shocks* que enfrentó la economía chilena disminuyeron de manera importante entre 1992 y 2006 (65%), llegando a su nivel más bajo en 2001-2006. Este fue un período de alta estabilidad, durante el cual la política monetaria fue eficiente, pues mantuvo la economía muy cerca de la frontera de eficiencia. Por ejemplo, entre los años 1992 y 2001, la economía estuvo alejada de la frontera de eficiencia, mientras

que el en período 2001-2007 se mantuvo en promedio sobre la frontera. Es importante notar que este último período coincidió con la implementación plena del esquema de metas de inflación iniciado en 1991, que incluyó la transición desde un esquema de banda cambiaria a la libre flotación del tipo de cambio.<sup>1</sup>

Este trabajo sigue de cerca los artículos de Cechetti, Flores-Lagunes y Krause (2006) y Mishkin y Schmidt-Hebbel (2007). El primer artículo descompone la disminución de la volatilidad macroeconómica en 24 países entre 1983-1990 y 1991-1998 entre caída del tamaño de los *shocks* que afectan a la economía y mejoras en la eficiencia de la política monetaria. El artículo de Mishkin y Schmidt-Hebbel (2007) descompone la disminución de la volatilidad macroeconómica en países que adoptaron un esquema de metas de inflación antes y después del cambio en la manera de conducir la política monetaria. Asimismo, exploran si las ganancias en eficiencia de la política monetaria fueron mayores en países que adoptaron un esquema de metas de inflación o en países industrializados.

Este trabajo se distingue de los trabajos de Cechetti, Flores-Lagunes y Krause (2006) y de Mishkin y Schmidt-Hebbel (2007) en dos aspectos importantes. Primero, la manera de calcular cada una de las medidas de desempeño, *shocks* y eficiencia de la política monetaria se basa en un modelo estilizado de la economía con coeficientes variables en el tiempo y que acomoda estados de alta y baja volatilidad. Esto

\* Agradezco los comentarios de todos los participantes del seminario interno del Banco Central de Chile, en especial las sugerencias de Klaus Schmidt-Hebbel, Juan Pablo Medina, Luis Felipe Céspedes y un árbitro anónimo. Este documento fue elaborado en gran parte mientras trabajaba en la Gerencia de Investigación Económica del BCCCh.

\*\* Departamento de Economía de la Universidad de Duke. E-mail: marcelo.ochoa@duke.edu.

<sup>1</sup> Véanse los trabajos de Morandé (2001), De Gregorio, Tokman y Valdés (2005) y Schmidt-Hebbel (2006) para una exposición de las reformas en materia de política monetaria y cambiaria introducidas en Chile desde principios de los noventa.

permite que los períodos de alta y baja volatilidad de las innovaciones sean revelados por los datos y no de manera *ad hoc* fijando períodos de alta y baja volatilidad. Asimismo, existe evidencia de que la profundización del esquema de metas de inflación ha generado cambios en la función de reacción de la autoridad monetaria, hecho que se traduciría en cambios de los coeficientes del modelo estilizado que describe la economía (por ejemplo, Schmidt-Hebbel y Tapia, 2002; Caputo y Liendo, 2005). Segundo, los resultados permiten evaluar la caída de volatilidad de la economía que acompañó la profundización del esquema de metas de inflación en el período 1992-2007, período que no es analizado en Cechetti, Flores-Lagunes y Krause (2006), y que no es objeto de análisis en Mishkin y Schmidt-Hebbel (2007).

La siguiente sección presenta y describe cada una de las medidas de desempeño, magnitud de los *shocks* y eficiencia de la política monetaria. La tercera sección presenta la estrategia de estimación y los resultados. La cuarta sección concluye.

## II. CUANTIFICACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA POLÍTICA MONETARIA

### 1. Una Medida de Eficiencia de la Política Monetaria

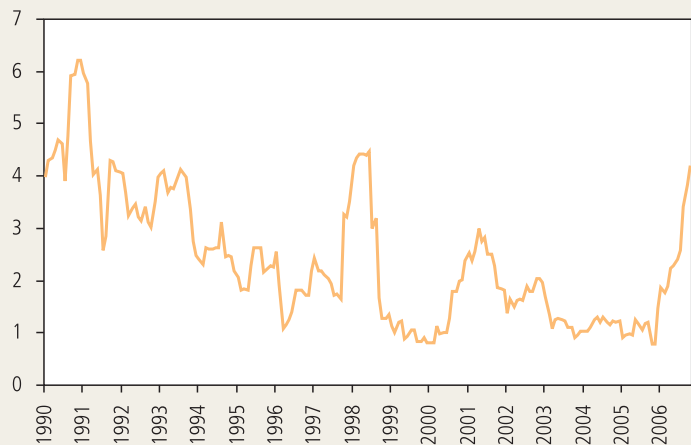
Desde que se implementó el esquema de metas de inflación en Chile, a principios de la década de los noventa, se observó una disminución no solamente de la tasa de inflación sino también de la volatilidad de la inflación y del producto. En los gráficos 1 y 2 se presentan la volatilidad de la tasa de inflación en torno a su meta y la volatilidad de la brecha del producto. Es evidente que la volatilidad de ambas variables ha decaído de manera importante, hecho que Betancour, De Gregorio y Medina (2006) llaman la “gran moderación” en Chile. La caída de la volatilidad de las variables se hace más evidente en los

últimos cinco años, etapa que coincide con la implementación de un esquema de metas de inflación pleno. No obstante, el año 2007 se ha caracterizado por un aumento de la volatilidad de ambas variables.

Existen dos posibles explicaciones a estos cambios en el desempeño económico; una caída de los *shocks*

GRÁFICO 1

### Desviación Estándar de la Inflación<sup>a</sup>

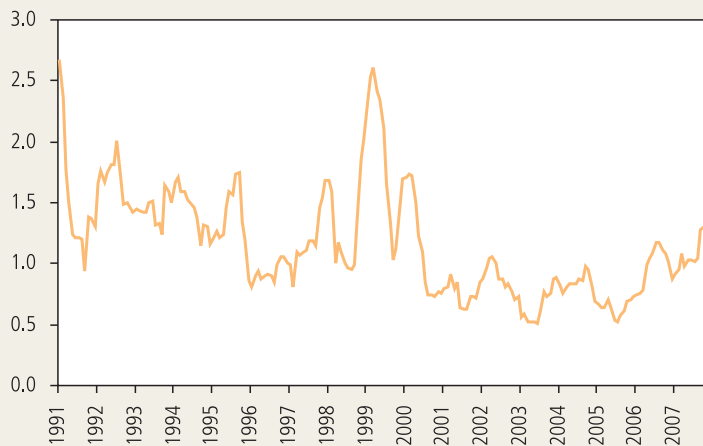


Fuente: Cálculos del autor.

a. Desviación estándar las desviaciones de la tasa de inflación mensual anualizada con respecto a la meta de de inflación fijada por la autoridad monetaria utilizando una ventana de doce meses durante el período 1990:1-2007:10.

GRÁFICO 2

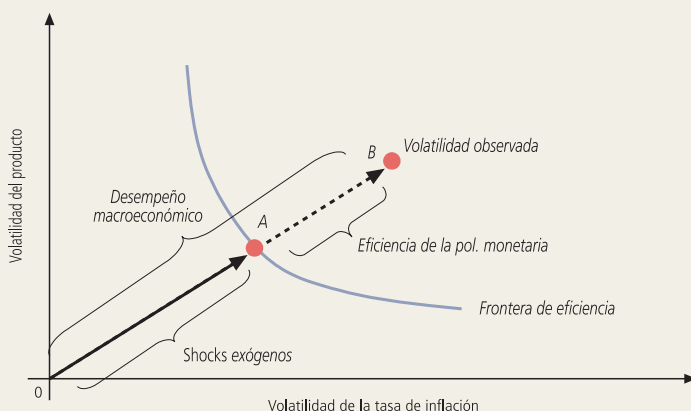
### Desviación Estándar del Imacec<sup>a</sup>



Fuente: Cálculos del autor.

a. Desviación estándar de las desviaciones del Índice Mensual de Actividad Económica con respecto a su tendencia obtenida a través de un filtro Hodrick-Prescott utilizando una ventana de doce meses durante el período 1990:1-2007:10.

### Frontera de eficiencia entre volatilidad del producto y la volatilidad de la inflación



Fuente: Construcción del autor.

que enfrenta la economía, y/o una mayor eficiencia de la política monetaria, como observan Cechetti, Flores-Lagunes y Krause (2006). Esto se puede ver con mayor claridad en la frontera de eficiencia, que representa la volatilidad del producto y de la inflación que una economía alcanzaría si la política monetaria fuese óptima (gráfico 3). El punto sobre el cual se posiciona la economía dependerá de las preferencias de la autoridad monetaria, mientras que la posición de la frontera de eficiencia dependerá de los *shocks* de oferta que enfrente la economía. Mientras mayores sean los *shocks*, mayores serán las volatilidades que podrá alcanzar una política óptima. Esto implica que, ante *shocks* más grandes, la curva de eficiencia se alejará más del origen.

Si la política monetaria no es óptima, la volatilidad experimentada por esta economía no se encontrará sobre la frontera de eficiencia y podría encontrarse, por ejemplo, en un punto como B. Es posible ver que la distancia entre el origen O y el punto de desempeño observado por la economía B tiene dos componentes; la distancia entre el origen y la frontera de eficiencia ( $\overline{OA}$ ), y la distancia entre la frontera de eficiencia y el punto B, es decir, ( $\overline{AB}$ ). Por lo tanto, si los *shocks* que afectan a la economía disminuyen y la frontera de eficiencia se desplaza hacia el origen, *ceteris paribus*, la distancia  $\overline{OA}$  disminuirá implicando una disminución de la volatilidad macroeconómica. De manera similar, si

la autoridad monetaria se acerca más a la política óptima, *ceteris paribus*, la distancia  $\overline{AB}$  caerá trayendo consigo una disminución de la volatilidad macroeconómica observada en la economía.

En consecuencia, siguiendo a Cechetti, Flores-Lagunes y Krause (2006), es posible definir como una medida de desempeño macroeconómico a la distancia  $\overline{OB}$ ,

$$\overline{OB} = D = \sqrt{\text{var}(\pi)^2 + \text{var}(y)^2} \quad (1)$$

donde  $\text{var}(\pi)$  y  $\text{var}(y)$  son la varianza observada de la inflación y la brecha del producto, respectivamente.

Esta medida se puede explicar por la magnitud de los *shocks* calculada como la distancia ( $\overline{OA}$ ),

$$\overline{OA} = S = \sqrt{\text{var}(\pi^*)^2 + \text{var}(y^*)^2}, \quad (2)$$

donde  $\text{var}(\pi^*)$  y  $\text{var}(y^*)$  son la varianza óptima de la inflación y la brecha del producto. El segundo componente que explica el desempeño es la distancia entre el desempeño observado y la frontera de eficiencia,

$$\overline{AB} = E = D - S. \quad (3)$$

Esta medida refleja la capacidad de la autoridad monetaria de alcanzar un desempeño óptimo, capturando la eficiencia de la autoridad monetaria.

El estudio de la evolución de estas medidas de desempeño a través del tiempo permite obtener evidencia de la contribución de la política monetaria y de la disminución de los *shocks* a la “gran moderación” de Chile. Asimismo, la medida de eficiencia E permite evaluar si la economía se acercó o se alejó de la frontera de eficiencia conforme se profundizó la implementación del esquema de metas de inflación; es decir, si existieron ganancias de eficiencia en la política monetaria los últimos quince años.

## 2. Un Modelo de la Economía Chilena

Para estimar cuánto ha contribuido la política monetaria a la reducción de la volatilidad de la inflación y del producto, es necesario definir una representación dinámica de la economía chilena que será insumo para la estimación de la frontera de eficiencia. Siguiendo a Grilli y Roubini (1996), Kim (2001) y Scholl y Uhlig (2006), asumo que la economía chilena se puede representar por el siguiente sistema de ecuaciones,

$$\begin{pmatrix} y_t \\ \pi_t \\ \tilde{e}_t \end{pmatrix} = \sum_{i=1}^p \Phi_{i,t} \begin{pmatrix} y_{t-i} \\ \pi_{t-i} \\ \tilde{e}_{t-i} \end{pmatrix} + \sum_{j=1}^p \Theta_{j,t} i_{t-j} + \sum_{k=1}^q \Psi_{k,t} \begin{pmatrix} y_{t-k}^* \\ \pi_{t-k}^* \\ i_{t-k}^* \\ \tilde{o}_{t-k} \end{pmatrix} + \mathbf{c}_t + \varepsilon_t \quad (4)$$

donde  $y_t$  es la desviación del producto con respecto de su tendencia,  $\pi_t$  representa la tasa de inflación,  $\tilde{e}_t$  es la tasa de variación del tipo de cambio nominal, y la tasa de interés real de corto plazo esta definida por  $i_t$ . Asimismo, el sistema incluye la brecha del producto ( $y_t^*$ ), la tasa de inflación ( $\pi_{t-1}^*$ ) y la tasa de interés de corto plazo ( $i_t^*$ ) de Estados Unidos, así como la tasa de variación del precio del petróleo ( $\tilde{o}_t$ ).<sup>2</sup>

El modelo (4) está compuesto por una demanda agregada, una curva de Phillips y una ecuación para el tipo de cambio. Adicionalmente, se incluyen variables externas dado que la economía chilena es abierta. No obstante, al ser una economía pequeña, estas variables se asumen exógenas por lo que cambios en la tasa de interés bajo control de la autoridad monetaria u otra variable interna no tiene efecto sobre ninguna de estas variables.<sup>3</sup>

El modelo (4) tiene dos características adicionales. Primero, los parámetros del modelo varían en el tiempo siguiendo un proceso de camino aleatorio. Engel y Watson (1987) sugieren que esta es una buena representación cuando existe evidencia de cambios estructurales y los agentes actualizan sus estimaciones solo cuando nueva información se hace disponible. Por otro lado, la evidencia presentada en Schmidt-Hebbel y Tapia (2002), Céspedes, Ochoa

y Soto (2005), Aguirre y Schmidt-Hebbel (2005), Caputo y Liendo (2005), Betancour, De Gregorio y Medina (2006) y Céspedes y Soto (2007), entre otros, sugieren que los mecanismos de transmisión, i.e., la manera en la que la economía reacciona a *shocks*, ha presentado cambios importantes conforme se ha profundizado la implementación del esquema de metas de inflación.

El modelo (4) no presenta incertidumbre proveniente solo de los parámetros que varían en el tiempo, adicionalmente supone que existe incertidumbre acerca de la volatilidad de los *shocks* que afectan a la economía. Asumo dos estados posibles  $S_t = 0, 1$  con probabilidades de transición  $\Pr(S_t = 0 | S_{t-1} = 0) = p_{00}$  y  $\Pr(S_t = 1 | S_{t-1} = 1) = p_{11}$  (Hamilton, 1994). La introducción de innovaciones heterocedásticas permite que no existan cambios solamente en los mecanismos de transmisión, sino también en la gravedad de los *shocks* que enfrenta la economía. Así como sugieren Blanchard y Simon (2001), Stock y Watson (2002) o Sims y Zha (2006) para Estados Unidos, es razonable pensar que la economía chilena atravesó por períodos de alta y baja volatilidad de *shocks*.

## 3. Construcción de la Frontera de Eficiencia

Para la derivación de la frontera de eficiencia, es necesario encontrar la política óptima de la autoridad monetaria dada la economía a la que se ve enfrentada. Como es común en la literatura, supongo que la autoridad monetaria escoge una senda de la tasa de interés tal que minimice la desviación de la tasa de inflación de la meta fijada por la autoridad y las desviaciones del producto de su nivel de tendencia. La función de pérdida de la autoridad monetaria se puede formular como la siguiente función cuadrática:

$$L = E_t \left( \sum_{\tau=t}^{\infty} \lambda (\pi_{\tau} - \bar{\pi}_{\tau})^2 + (1 - \lambda) (y_{\tau})^2 \right), \quad (5)$$

<sup>2</sup> El Apéndice presenta la definición y la fuente de cada una de las variables utilizadas en la estimación de este modelo.

<sup>3</sup> Kim (2001) y Scholl y Uhlig (2006) consideran modelos similares, pero para economías como Alemania y Estados Unidos, en las que es razonable suponer que todas las variables son endógenas.

donde  $\bar{\pi}_t$  es la meta de inflación, la valoración de la autoridad monetaria a las desviaciones de la tasa de inflación está dada por  $\lambda$ , mientras  $(1 - \lambda)$  representa el peso que adquieren las desviaciones del producto.

Para obtener la función de reacción de la autoridad monetaria, reformulamos el sistema que describe la economía (4) de manera más compacta, como

$$\tilde{\mathbf{Y}}_t = \mathbf{A}_t \tilde{\mathbf{Y}}_{t-1} + \mathbf{C}_t i_{t-1} + \mathbf{B}_t b_t + \varepsilon_t,$$

donde el vector  $\tilde{\mathbf{Y}}_t$  contiene valores actuales y rezagos de  $y_t$ ,  $\pi_t$ ,  $\tilde{e}_t$ , y rezagos de  $i_t$ , en tanto  $b_t$  agrupa todas las variables exógenas no influenciadas por la variable de control (i.e., la constante,  $y_t^*$ ,  $\pi_t^*$ ,  $i_t^*$ , y  $\tilde{o}_t$ ). Las matrices  $\mathbf{A}_t$ ,  $\mathbf{B}_t$  y  $\mathbf{C}_t$  contienen constantes y los coeficientes de (4).

De manera similar, la función de pérdida de la autoridad monetaria (5) se puede reformular de manera más compacta como

$$L = E_t \left( \sum_{t=1}^T (\tilde{\mathbf{Y}}_t - \mathbf{a}_t)' \mathbf{K}_t (\tilde{\mathbf{Y}}_t - \mathbf{a}_t) \right),$$

donde  $\mathbf{a}_t$  es un vector que contiene los valores objetivos para el vector  $\tilde{\mathbf{Y}}_t$ , y  $\mathbf{K}_t$  es una matriz simétrica, usualmente diagonal que contiene ceros en la posición de las variables rezagadas, y  $\lambda$  o  $1 - \lambda$  en la posición relevante a la desviación de la inflación de su meta  $(\pi_t - \bar{\pi}_t)^2$  o la volatilidad del producto  $(y_t)^2$ .

Chow (1975) muestra que la solución al problema,

$$\min L = E_t \left( \sum_{t=1}^T (\tilde{\mathbf{Y}}_t - \mathbf{a}_t)' \mathbf{K}_t (\tilde{\mathbf{Y}}_t - \mathbf{a}_t) \right)$$

sujeto a

$$\tilde{\mathbf{Y}}_t = \mathbf{A}_t \tilde{\mathbf{Y}}_{t-1} + \mathbf{C}_t i_{t-1} + \mathbf{B}_t b_t + \varepsilon_t, \quad (6)$$

da como resultado la siguiente regla para la variable de control:

$$i_t = \mathbf{G}_t \tilde{\mathbf{Y}}_t + \mathbf{g}_t, \quad (7)$$

donde

$$\begin{aligned} \mathbf{G}_t &= -(\mathbf{C}_t' \mathbf{H}_t \mathbf{C}_t)^{-1} \mathbf{C}_t' \mathbf{H}_t \mathbf{A}_t \\ \mathbf{g}_t &= -(\mathbf{C}_t' \mathbf{H}_t \mathbf{C}_t)^{-1} \mathbf{C}_t' (\mathbf{H}_t \mathbf{b}_t - \mathbf{h}_t) \\ \mathbf{H}_t &= \mathbf{K}_t + (\mathbf{A}_{t+1} + \mathbf{C}_{t+1} \mathbf{G}_{t+1})' \mathbf{H}_{t+1} (\mathbf{A}_{t+1} + \mathbf{C}_{t+1} \mathbf{G}_{t+1}) \\ \mathbf{h}_t &= \mathbf{K}_t \mathbf{a}_t + (\mathbf{A}_{t+1} + \mathbf{C}_{t+1} \mathbf{G}_{t+1})' (\mathbf{h}_{t+1} - \mathbf{H}_{t+1} \mathbf{b}_{t+1}). \end{aligned} \quad (8)$$

Con este resultado, es posible calcular la volatilidad óptima de las variables en  $\tilde{\mathbf{Y}}_t$  a partir de la siguiente ecuación en diferencias:

$$\mathbf{\Gamma}_t = \mathbf{V}_t + (\mathbf{A}_t + \mathbf{C}_t \mathbf{G}_t) \mathbf{\Gamma}_{t-1} (\mathbf{A}_t + \mathbf{C}_t \mathbf{G}_t). \quad (9)$$

### III. ESTIMACIÓN Y RESULTADOS

La estimación de la medida de desempeño económico requiere simplemente del cálculo de la varianza de la inflación y del producto observada (punto B en el gráfico 3). Para calcular las medidas de eficiencia de la política monetaria y la magnitud de los *shocks*, es necesario construir la frontera de eficiencia de la economía y determinar los valores de la volatilidad de la inflación y del producto que se pueden obtener bajo una política óptima (punto A).

Para el cálculo de la frontera de eficiencia, dadas ciertas estimaciones de los parámetros del sistema que describe la economía para cada período (6), se obtiene la función de política de la autoridad monetaria (7) y seguidamente la volatilidad óptima de cada variable utilizando (9) para diferentes valores de  $\lambda \in (0,1)$ . Con estos diferentes puntos podemos trazar toda la frontera de eficiencia. La medida  $S = \overline{OA}$  es la mínima distancia entre el origen y la frontera de eficiencia estimada, y la medida de eficiencia de la política monetaria es la distancia entre este punto y las volatilizadas observadas. ( $E = \overline{AB}$ ).<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Cecchetti, Flores-Lagunes y Krause (2006) fijan un valor de  $\lambda = 0.8$  para cada subperíodo y calculan la medida  $\overline{OA}$  como la distancia entre el punto de la frontera de eficiencia asociado a  $\lambda = 0.8$  y el origen. En contraste, la medida propuesta no depende del valor de  $\lambda$ . Por lo tanto, fijar un valor arbitrario cada período daría como resultado un mayor valor para  $\overline{OA}$ , y en muchos casos un menor valor para  $\overline{AB}$ . Es decir, un mayor rol de los shocks, y una política monetaria más eficiente.



En lo que sigue de esta sección, se describen los datos y la metodología de estimación del modelo con coeficientes de variables que representan la economía (4). Seguidamente, utilizando estas estimaciones, discuto los resultados obtenidos del cómputo de las medidas de desempeño, magnitud de los *shocks* y eficiencia de la política monetaria.

### 1. Datos y Metodología de Estimación

Para la estimación del modelo estilizado (4) de la economía chilena, utilizo información mensual desde el primer mes de 1990 hasta octubre de 2007. Los datos para Chile, así como la información acerca del precio del petróleo, provienen de la base de datos del Banco Central de Chile. Los datos para Estados Unidos provienen de la Reserva Federal de Estados Unidos. La manera de cálculo de cada variable del modelo así como su definición se detallan en el Apéndice.

Para la estimación del modelo estilizado de la economía chilena utilizo la metodología desarrollada en Kim y Nelson (1999), estableciendo los rezagos de las variables internas iguales a  $p = 3$  y los rezagos de las variables externas iguales a  $q = 1$ . Siguiendo la notación de estos autores, la representación matricial del modelo (4) se puede obtener agrupando los coeficientes del modelo en el vector  $\mathbf{B}_p$  definido como

$$\tilde{\mathbf{B}}_t = [\mathbf{c}_t \quad \Phi_{1,t} \quad \Theta_{1,t} \quad \dots \quad \Phi_{p,t} \quad \Theta_{p,t} \quad \Psi_{1,t} \quad \dots \quad \Psi_{q,t}]$$

$$\mathbf{B}_t = \text{vecr}(\tilde{\mathbf{B}}_t),$$

donde el operador *vecr* transforma la matriz  $\tilde{\mathbf{B}}_t$  en un vector acumulando las filas transpuestas de esta matriz. Bajo los supuestos del modelo, la dinámica de los coeficientes del mismo está representada por el siguiente proceso estocástico:

$$\mathbf{B}_t = \mathbf{B}_{t-1} + v_t \tag{10}$$

con  $v_t \sim N(1, \mathbf{Q})$ , así que es independiente de  $\epsilon_t$ .

Asimismo, la matriz de varianza y covarianza  $\Omega_{S_t}$  del término de error  $\epsilon_t$  se describe por

$$\Omega_{S_t} = \Omega_0 + (\Omega_1 - \Omega_0)S_t, \tag{11}$$

donde los dos estados posibles  $S_t = 0,1$  tienen probabilidades de transición  $\Pr(S_t = 0 | S_{t-1} = 0) = p_{00}$  y  $\Pr(S_t = 1 | S_{t-1} = 1) = p_{11}$  (Hamilton 1994).

Si definimos  $\mathbf{Y}_t = [y_t, \pi_t, \tilde{\epsilon}_t]'$  y  $\mathbf{Y}_t^* = [y_t^*, \pi_t^*, \tilde{\epsilon}_t^*]'$ , es posible obtener la siguiente representación matricial del modelo (4):

$$\mathbf{Y}_t = \mathbf{X}_t' \mathbf{B}_t + \epsilon_t$$

$$\mathbf{X}_t' = I_n \otimes \begin{bmatrix} 1, \mathbf{Y}_{t-1}', i_{t-1}, \dots, \mathbf{Y}_{t-p}' \\ i_{t-p}, \mathbf{Y}_{t-1}^*, \dots, \mathbf{Y}_{t-q}^* \end{bmatrix} \tag{12}$$

con

$$\mathbf{B}_t = \mathbf{B}_{t-1} + v_t$$

$$\Omega_{S_t} = \Omega_0 + (\Omega_1 - \Omega_0)S_t. \tag{13}$$

Utilizando (12), es posible estimar los parámetros que caracterizan el modelo utilizando el filtro de Kalman propuesto en Harvey (1990) y la modificación de esta metodología propuesta en Kim y Nelson (1999) para modelos sujetos a cambios de régimen. Este algoritmo consta de dos etapas, una de predicción y una de actualización. En la etapa de predicción obtenemos una estimación de las variables de estado con información disponible hasta  $t-1$ .

$$\mathbf{B}_{t|t-1}^{(i,j)} = E(\mathbf{B}_t | \Xi_{t-1}, S_t = j, S_{t-1} = i) = \mathbf{B}_{t-1|t-1}^{(i)} \tag{14}$$

con un error cuadrático medio igual a

$$\mathbf{P}_{t|t-1}^{(i,j)} = \xi \left[ \begin{array}{c} (\mathbf{B}_t - \mathbf{B}_{t|t-1})(\mathbf{B}_t - \mathbf{B}_{t|t-1})' \\ \Xi_{t-1}, S_t = j, S_{t-1} = i \end{array} \right]$$

$$= \mathbf{P}_{t-1|t-1}^{(i)} + \mathbf{Q} \tag{15}$$

y el error de predicción de  $\mathbf{Y}_t$  condicional a la información en  $t-1$  y a  $S_t = j$  y  $S_{t-1} = i$  es igual a,

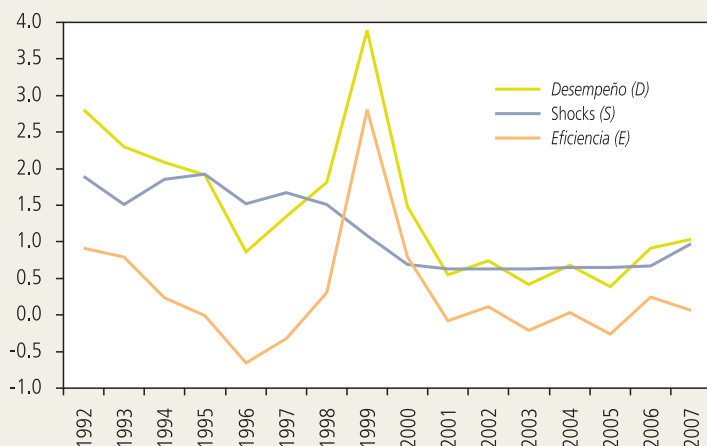
$$\eta_{t|t-1}^{(i,j)} = \mathbf{Y}_t - \mathbf{X}_t' \mathbf{B}_{t|t-1}^{(i,j)}$$

con un error cuadrático medio igual a

$$f_{t|t-1}^{(i,j)} = \mathbf{X}_t' \mathbf{P}_{t|t-1}^{(i,j)} \mathbf{X}_t + \Omega_j,$$

donde  $\Xi_{t-1}$  representa el set de información disponible hasta  $t-1$ ,  $\mathbf{B}_{t|t-1}^{(i,j)}$  es la inferencia de  $\mathbf{B}_t$  utilizando información hasta  $t-1$  dados  $S_t = j$  y  $S_{t-1} = i$ ,  $\mathbf{B}_{t-1|t-1}^{(i)}$

## Desempeño Macroeconómico, Magnitud de los *Shocks*, y Eficiencia de la Política Monetaria



Fuente: Cálculos del autor.

es la inferencia de  $\mathbf{B}_{t-1}$  utilizando información hasta  $t-1$  dado  $S_{t-1} = i$ .

En la etapa de actualización, utilizo información del error de predicción de  $\mathbf{Y}_t$  para obtener un estimador más preciso de las variables de estado.

$$\begin{aligned} \mathbf{B}_{t|t}^{(i,j)} &= E(\mathbf{B}_t | \Xi_t, S_t = j, S_{t-1} = i) \\ &= \mathbf{B}_{t|t-1}^{(i,j)} + \mathbf{P}_{t|t-1}^{(i,j)} \mathbf{X}_t [f_{t|t-1}^{(i,j)}]^{-1} \eta_{t|t-1}^{(i,j)} \\ \mathbf{P}_{t|t}^{(i,j)} &= E \left( \frac{(\mathbf{B}_t - \mathbf{B}_{t|t})(\mathbf{B}_t - \mathbf{B}_{t|t})'}{\left| \Xi_t, S_t = j, S_{t-1} = i \right.} \right) \\ &= (I - \mathbf{P}_{t|t-1}^{(i,j)} \mathbf{X}_t [f_{t|t-1}^{(i,j)}]^{-1} \mathbf{X}_t') \mathbf{P}_{t|t-1}^{(i,j)} \end{aligned} \quad (16)$$

Para implementar el filtro de Kalman representado por las ecuaciones (14) a (16), Kim y Nelson (1999) sugieren disminuir el número de inferencias posteriores  $\mathbf{B}_{t|t}^{(i,j)}$  y  $\mathbf{P}_{t|t}^{(i,j)}$  de  $2 \times 2$  a  $2 \times 1$  utilizando la siguiente aproximación:

$$\begin{aligned} \mathbf{B}_{t|t}^j &= \frac{\sum_{j=1}^2 \Pr(S_t = j, S_{t-1} = i | \Xi_t) \mathbf{B}_{t|t}^{(i,j)}}{\Pr(S_t = j | \Xi_t)} \\ \mathbf{P}_{t|t}^j &= \frac{\sum_{j=1}^2 \Pr(S_t = j, S_{t-1} = i | \Xi_t) \left[ \frac{\mathbf{P}_{t|t}^{(i,j)} + (\mathbf{B}_{t|t}^j - \mathbf{B}_{t|t}^{(i,j)})}{(\mathbf{B}_{t|t}^j - \mathbf{B}_{t|t}^{(i,j)})'} \right]}{\Pr(S_t = j | \Xi_t)} \end{aligned}$$

Finalmente, utilizando los resultados anteriores podemos calcular la función de densidad de  $\mathbf{Y}_t$  como

$$\begin{aligned} F(\mathbf{Y}_t | \Xi_{t-1}) &= \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 F(\mathbf{Y}_t | S_t = j, S_{t-1} = i, \Xi_{t-1}) \\ &= \sum_{i=1}^2 \Pr(S_t = j, S_{t-1} = i | \Xi_{t-1}) \Pr(\mathbf{Y}_t = \mathbf{y}_t | \Xi_{t-1}), \end{aligned}$$

donde la densidad condicional  $F(\mathbf{Y}_t | S_t = j, S_{t-1} = i, \Xi_{t-1})$  se obtiene a través de la descomposición del error de predicción

$$\begin{aligned} F(\mathbf{Y}_t | S_t = j, S_{t-1} = i, \Xi_{t-1}) &= (2\pi)^{-1/2} \left| f_{t|t-1}^{(i,j)} \right|^{-1/2} \\ &\exp \left( -\frac{1}{2} \eta_{t|t-1}^{(i,j)}, f_{t|t-1}^{(i,j)-1} \eta_{t|t-1}^{(i,j)} \right). \end{aligned}$$

## 2. Cambios en la Eficiencia de la Política Monetaria

El gráfico 4 y el cuadro 1 presentan el promedio anual de las medidas de desempeño macroeconómico ( $D$ ), así como la medida de la magnitud de los *shocks* ( $S$ ) y la medida de eficiencia de la política monetaria ( $E$ ) introducidas en la sección II. Asimismo, los gráficos 5 y 6 presentan la probabilidad de los períodos de baja y alta volatilidad entre los años 1992 y 2007.

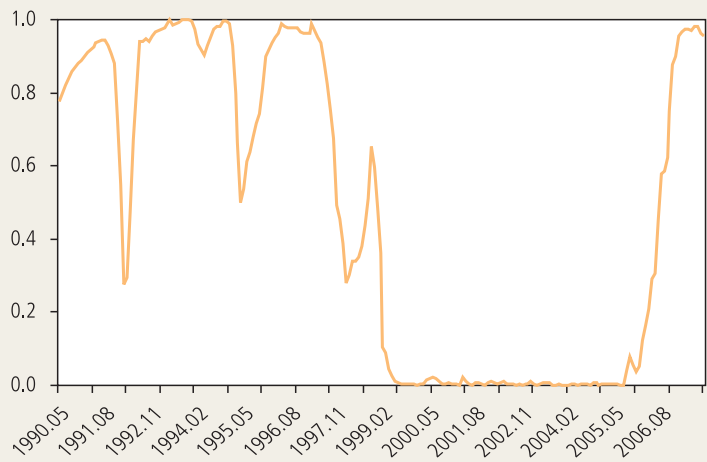
Como primer resultado, se observa que la medida de desempeño macroeconómico tiene una tendencia descendente entre 1992 y 2007, es decir, se observa una caída de la volatilidad de la inflación y del producto que se traduce en una mejora del desempeño económico. En particular, si comparamos 1992 con los años 2001-2005, se evidencia una caída promedio de 80% de esta medida. Sin embargo, el año 1999 ha sido particular ya que ha sido el único de la muestra en el que se observa un aumento importante de esta medida con respecto a 1992 (38.6% superior).

Por otro lado, la medida que explica la magnitud de los *shocks* que experimentó la economía chilena ( $S$ ) tiene una tendencia descendente entre 1992 y 2007, llegando a su punto más bajo el año 2001 y manteniéndose casi constante hasta el año 2006. Según

esta medida, la magnitud de los *shocks* disminuyó en aproximadamente un 60% entre los períodos 1992-1999 y 2000-2007. Esta transición a un período de mayor estabilidad se observa también en la probabilidad estimada de períodos de baja y alta volatilidad presentadas en los gráficos 5 y 6. Los resultados muestran que el año 2000 la economía chilena observó una transición desde un período de alta volatilidad a un período de baja volatilidad. No obstante, tanto la medida  $S$  como la probabilidad de un estado de alta volatilidad aumentaron para el año 2007, sugiriendo un aumento de la magnitud de los *shocks* en este período.

Al momento de evaluar la medida de eficiencia de la política monetaria, es

GRÁFICO 5

Probabilidad Filtrada de un Estado de Alta Volatilidad<sup>a</sup>

Fuente: Cálculos del autor.  
a.  $\Pr[S_t = 0 | \Xi_t]$ .

CUADRO 1

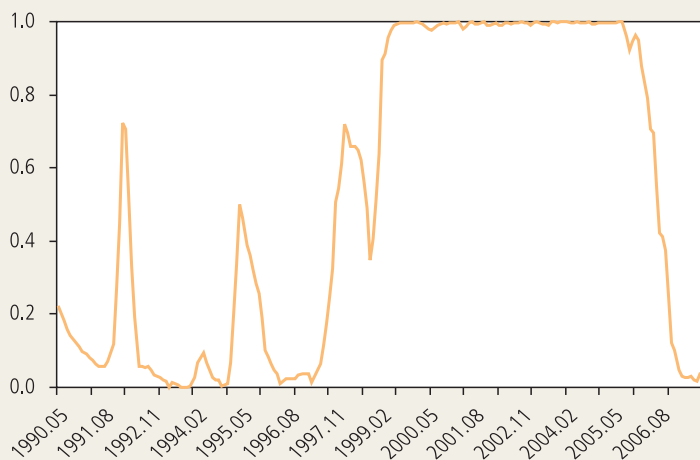
Medidas de Desempeño, Eficiencia y *Shocks*  
(promedios anuales y variaciones con respecto al año 1992)

Año	$D_t$	$S_t$	$E_t$	$D_t/D_{92} - 1$ (%)	$S_t/S_{92} - 1$ (%)	$E_t/E_{92} - 1$ (%)
1992	2.81	1.90	0.91	.	.	.
1993	2.30	1.51	0.79	-18.1	-20.5	-13.2
1994	2.09	1.86	0.23	-25.7	-2.1	-74.7
1995	1.91	1.92	-0.01	-32.0	1.4	-101.4
1996	0.86	1.52	-0.66	-69.4	-20.0	-172.3
1997	1.35	1.67	-0.32	-51.9	-12.0	-135.0
1998	1.81	1.51	0.30	-35.4	-20.2	-66.9
1999	3.89	1.08	2.81	-38.6	43.0	208.5
2000	1.48	0.69	0.79	-47.4	-63.9	-13.2
2001	0.55	0.63	-0.08	-80.4	-66.5	-109.2
2002	0.74	0.63	0.11	-66.8	-87.6	-87.6
2003	0.42	0.63	-0.21	-85.1	-66.8	-123.1
2004	0.69	0.65	0.03	-75.6	-65.5	-96.6
2005	0.39	0.65	-0.27	-82.2	-65.6	-129.1
2006	0.92	0.67	0.25	-67.3	-64.7	-72.7
2007	1.04	0.97	0.06	-63.1	-48.7	-93.0
1992-2000	2.05	1.51	0.53	.	.	.
2001-2007	0.67	0.69	-0.02	.	.	.

Fuente: Cálculos del autor..



GRÁFICO 6

Probabilidad Filtrada de un Estado de Baja Volatilidad<sup>a</sup>

Fuente: Cálculos del autor.

a.  $Pr\{S_t = 1 | \Xi_t\}$ .

evidente que existen dos períodos importantes por los que atraviesa la economía chilena; en el período 1992-2000, la medida de eficiencia fluctúa manteniéndose en promedio por encima de cero, sugiriendo que la economía se encontraba alejada de la frontera de eficiencia. En efecto, el desempeño observado de la economía chilena en el período 1992-2000 se explica en un 74% por *shocks* exógenos, y un 26% por las acciones de la autoridad monetaria. Por otro lado, en el período 2001-2007 la medida de eficiencia de la política monetaria se mantiene cercana a cero, sugiriendo que la autoridad monetaria mantuvo la economía chilena en promedio sobre la frontera de eficiencia, es decir, la volatilidad observada en la inflación y el producto se atribuyen en su totalidad a *shocks* exógenos (ver cuadro 1 y gráfico 4).

#### IV. CONCLUSIONES

Los resultados presentados sugieren que la economía chilena ha experimentado una mejora importante de su desempeño macroeconómico explicada por la disminución de la volatilidad de la inflación y del producto. Esta mejora se explica tanto por la disminución de los *shocks* que golpean la economía como por la mejora en la eficiencia de la política monetaria. Mientras el período 2001 y 2007 se caracterizó por mostrar la menor magnitud de

*shocks* golpeando la economía, la autoridad monetaria la pudo mantener en promedio por sobre la frontera de eficiencia. Resalta el hecho de que este período coincida con el período de implementación plena del esquema de metas de inflación.

#### REFERENCIAS

- Aguirre, A. y K. Schmidt-Hebbel (2005). "Monetary Policy in Transition from Partial to Full-fledged Inflation Targeting in Chile." Mimeo, Banco Central de Chile.
- Betancour, C., J. De Gregorio y J.P. Medina (2006). "The 'Great Moderation' and the Monetary Transmission Mechanism in Chile." Documento de Trabajo N°393, Banco Central de Chile.
- Blanchard, O. y J. Simon (2001). "The Long and Large Decline on U.S. Output Volatility." *Brooking Papers on Economic Activity* 1, 135-164.
- Caputo, R. y F. Liendo (2005). "Monetary Policy, Exchange Rate and Inflation Inertia in Chile: A Structural Approach." Documento de Trabajo N°352, Banco Central de Chile.
- Cecchetti, S.G., A. Flores-Lagunes y S. Krause (2006). "Has Monetary Policy Become More Efficient? A Cross-Country Analysis." *The Economic Journal* 116: 408-33.
- Céspedes, L.F., M. Ochoa y C. Soto (2005). "The New Keynesian Phillips Curve in an Emerging Market Economy: The Case of Chile." Documento de Trabajo N°355, Banco Central de Chile.
- Céspedes, L.F. y C. Soto (2007). "Credibility and Inflation Targeting in Chile." En *Monetary Policy Under Inflation Targeting*, editado por F.S. Mishkin y K. Schmidt-Hebbel, Banco Central de Chile.
- Chow, G. (1975). *Analysis and Control of Dynamic Economic Systems*. Nueva York, NY. EE.UU.: John Wiley.
- De Gregorio, J., A. Tokman y R.O. Valdés (2005). "Tipo de Cambio Flexible con Metas de inflación en Chile: Experiencia y Temas de Interés." Documento de Política Económica N°14, Banco Central de Chile.
- Engel, R.F. y M. Watson (1987). "Kalman Filter: Applications to Forecasting and Rational-Expectations Models." *Advances in Econometrics* 1: 245-81.
- Grilli, V. y N. Roubini (1996). "Liquidity models in open economies: Theory and Empirical Evidence." *European Economic Review* 40: 847-59.

- Hamilton, J. D. (1994). *Time Series Analysis*. Princeton, NJ, EE.UU.: Princeton University Press.
- Harvey, A.C. (1990). "Forecasting Structural Time Series Models and the Kalman Filter." Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kim, C.-J. y C.R. Nelson (1999). "State-Space Models with Regime Switching: Classical and Gibbs-Sampling Approaches with Applications." Cambridge, MA, EE.UU.: The MIT Press.
- Kim, S. (2001). International Transmission of U.S. Monetary Policy Shocks: Evidence from VARs. *Journal of Monetary Economics* 48: 339–72.
- Mishkin, F.S. y K. Schmidt-Hebbel (2007). "Does Inflation Targeting Make a Difference?" En *Monetary Policy Under Inflation Targeting*, editado por F.S. Mishkin y K. Schmidt-Hebbel, Banco Central de Chile.
- Morandé, F. (2001). Una Década de Metas de Inflación en Chile: Desarrollos, Lecciones y Desafíos. *Economía Chilena* 4(1): 35–62.
- Schmidt-Hebbel, K. (2006). "La Gran Transición de Regímenes Cambiarios y Monetarios en América Latina." Documento de Política Económica N°17, Banco Central de Chile.
- Schmidt-Hebbel, K. y M. Tapia (2002). "Inflation Targeting in Chile." *North American Journal of Economics and Finance* 13: 125–46.
- Scholl, A. y H. Uhlig (2006). *Agnostic Identification on Monetary Policy and Exchange Rates*. Humboldt-Universität zu Berlin.
- Sims, C. y T. Zha (2006). Were There Regime Switches in U.S. Monetary Policy? *American Economic Review* 96: 54–81.
- Stock, J. H. y M. W. Watson (2002). Has the Business Cycle Changed and Why? NBER Working Paper 9127.

## APÉNDICE

CUADRO A1		
Definición y fuente de las variables		
Variable	Definición	Fuente
$y_t$	Brecha del producto calculada como la desviación del IMACEC de su tendencia obtenida con el filtro Hodrick-Prescott	Banco Central de Chile
$\pi_t$	Variación mensual del IPC-X1 ajustado por cambios estacionales	Banco Central de Chile
$\tilde{e}_t$	Variación mensual del tipo de cambio nominal	Banco Central de Chile
$i_t$	Tasa de interés de colocaciones en U.F. entre 30 y 90 días	Banco Central de Chile
$y_t^*$	Brecha del producto calculada como la desviación de la producción industrial de Estados Unidos de su tendencia obtenida con el filtro Hodrick-Prescott	Reserva Federal de Estados Unidos
$\pi_t^*$	Variación mensual del IPC ajustado por cambios estacionales	Reserva Federal de Estados Unidos
$i_t^*$	Tasa de interés nominal a 90 días de instrumentos del Tesoro de Estados Unidos	Reserva Federal de Estados Unidos
$\tilde{o}_t$	Variación del precio del petróleo	Banco Central de Chile