

UN MODELO DE EQUILIBRIO GENERAL DINÁMICO ESTOCÁSTICO PARA EL ANÁLISIS DE LA POLÍTICA MONETARIA EN BOLIVIA

Sergio Cerezo A.*
Banco Central de Bolivia

* El presente documento no necesariamente refleja la visión del BCB y sus autoridades; y sus conclusiones son de exclusiva responsabilidad del autor. Se agradece los comentarios de los participantes de la Reunión sobre Modelos DSGE en Bancos Centrales de América Latina y el Caribe organizado por el CEMLA en Salvador Bahía-Brasil el 10 de noviembre de 2009. Comentarios son bienvenidos a: scerezo@bcb.gob.bo

RESUMEN

En este trabajo se presentan simulaciones a partir de un Modelo de Equilibrio General Dinámico Estocástico calibrado para la economía boliviana con el propósito de evaluar la efectividad de la respuesta de política monetaria a *shocks* exógenos en las exportaciones, productividad y tasas de interés. Los resultados sugieren que ante estos *shocks*, una orientación monetaria que se preocupa únicamente de los desvíos de la inflación es menos exitosa para estabilizar la economía real e incluso los precios, que aquella que además considera las desviaciones del producto. Los hallazgos constatan el carácter contra cíclico de la política monetaria en Bolivia que tiene como objeto principal controlar la inflación y estabilizar el producto como uno no tan explícito.

Clasificación JEL: E47, E52, F37

Palabras clave: Modelos de equilibrio general dinámicos estocásticos para economías abiertas, rigideces nominales, mecanismos de transmisión de la política monetaria.

I. Introducción

En años recientes ha crecido el interés en académicos, instituciones internacionales y fundamentalmente bancos centrales en desarrollar pequeños, medianos y en algunos casos grandes modelos macroeconómicos para economías abiertas llamados Modelos de Equilibrio General Dinámicos Estocásticos (MEDGE o DSGE por sus siglas en inglés) basados en una estructura Neo-Keynesiana. El término “DSGE Models” originalmente fue usado por Kydland y Prescott (1982) en su contribución seminal a los modelos de Ciclos Económicos Reales (CER). Los modelos de CER están basados en una estructura neoclásica con fundamentos microeconómicos de optimización en los agentes económicos con precios flexibles. Una de las críticas a los supuestos de estos modelos fue que las fluctuaciones de las variables reales eran causadas solo por *shocks* reales, es decir, solo por *shocks* tecnológicos o de gasto público. Sin embargo, investigaciones posteriores en MEGDE incluyen características macroeconómicas keynesianas de corto plazo (llamadas rigideces nominales), como en Calvo (1983) con rigideces en precios o como en Taylor (1980) con contratos salariales rígidos. Estos MEGDE son llamados también modelos de síntesis neo-clásica o de paradigma neo-keynesiano.

Este nuevo enfoque combina micro fundamentos en las decisiones de optimización de ambos agentes familias y empresas y adiciona rigideces nominales y reales (precios/salarios) que proveen una dinámica en las fluctuaciones macroeconómicas de corto plazo plausibles, con un articulado mecanismo de transmisión de la política monetaria, [Christiano *et. al.* (2005)] y [Smets y Wouters (2003)]. La principal ventaja de los MEGDE sobre los modelos macroeconómicos tradicionales de forma reducida, es que la interpretación estructural de los parámetros supera la crítica de Lucas (1976)¹. Los modelos tradicionales contienen ecuaciones relacionados por variables de interés explicadas por diversos factores tales como las variables de

1 Lucas (1976) y Lucas y Sargent (1979) arguyen que si los agentes privados se comportan de acuerdo a una optimización dinámica y utilizan racionalmente toda la información disponible, deben ajustar su comportamiento ante futuros eventos esperados en la conducción de la política económica. Por tanto, los parámetros de forma reducida de los modelos tradicionales están sujetos a la crítica de Lucas. Pero como los MEGDE están basadas en la optimización de los agentes, los parámetros profundos de estos modelos son menos susceptibles a esta crítica.

política económica. Entonces uno de los usos de estos modelos es examinar cómo los cambios en la política económica afecta a las variables de interés, manteniendo todo lo demás constante.

En el uso de los MEGDE para propósitos prácticos y para recomendar como deben reaccionar los bancos centrales e instituciones que establecen políticas ante fluctuaciones de corto plazo, es necesario primero examinar las posibles fuentes, como es evaluar el grado de rigideces nominales y reales presentes en la economía. En economías desarrolladas, como en EEUU y la zona del Euro, es fácil determinar el grado de rigideces por la literatura existente al respecto para estas economías. En economías en desarrollo como la boliviana, donde la mayoría de las actividades y fenómenos económicos están no documentados (como la economía informal, subterránea, o la economía ilícita), es muy dificultoso determinar el grado de rigideces presentes en la economía. Sin embargo, para algunos parámetros se puede subsanar este problema por medio del juicio sobre el valor de estos o por medio de métodos econométricos.

Más allá de las limitaciones existentes para el desarrollo de un MEGDE para Bolivia, ésta investigación tiene las siguientes motivaciones:

- a) Construir un modelo micro-fundado para una economía pequeña y abierta como la boliviana, que replique algunas regularidades empíricas que puedan ser validadas por medio de un contraste de los momentos no condicionados teóricos del modelo con la información que proveen las series macro estadísticas. En ese caso el modelo serviría como instrumento para la evaluación de la política monetaria ante una serie de *shocks* exógenos.
- b) En la actualidad el Banco Central de Bolivia instrumenta su política monetaria a través de la fijación de metas intermedias de cantidad de dinero (enfoque monetario), pero ésta tiene efectos sobre las tasas de interés nominales y sobre las reales a través de las expectativas de inflación. Por tanto, se propone evaluar una regla de política monetaria en la cual la tasa de interés responda a ciertos objetivos de política (inflación y/o producto).
- c) En línea con las motivaciones antes señaladas, se evalúa la evolución de algunas variables de interés ante la presencia de

shocks de demanda externa, productividad y de política monetaria bajo la regla de política monetaria que mejor se ajuste a las regularidades empíricas de la economía boliviana.

El documento está organizado de la siguiente manera. La sección 2 presenta la evidencia empírica en la construcción de MEGDE's y la estructura del modelo para Bolivia; la sección 3 plantea, resuelve, calibra y evalúa las reglas de política monetaria del modelo; la sección 4 presenta algunos resultados empíricos y simulaciones; algunas conclusiones son expuestas en la sesión 5.

II. Estructura de los MEGDE

II.1 Breve revisión de la evidencia empírica sobre MEGDEs

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de algunas investigaciones que emplean MEGDEs donde se especifica el país, autores, descripción del modelo y de la información, las técnicas de estimación y las principales conclusiones:

Cuadro 1: ALGUNA EVIDENCIA EMPÍRICA EN MEGDES

País	Autor(es)	Descripción del modelo	Descripción de la información	Técnicas de Estimación	Principales conclusiones
Zona Euro	Wouters y Smets (2005)	Se desarrolla un MEGDE con precios y salarios rígidos para la zona del Euro. Este modelo introduce otras características como formación de hábitos, costos de ajuste en la acumulación de capital y una variable de capacidad utilizada.	Las variables fundamentales son el producto, consumo, inversión, precios, salarios reales, empleo y tasa de interés nominal.	Este modelo es estimado utilizando técnicas Bayesianas. Como parte de una estrategia empírica se cuantifica los shocks estructurales y su contribución a los ciclos económicos.	La investigación sugiere que existen un alto grado de rigideces de salarios y precios en la zona del Euro. El modelo basado en el producto y brecha de tasas de interés muestra una considerable incertidumbre acerca de estos. No se observa un impacto en la liquidez y las expectativas toman tiempo en ajustarse y los efectos sobre el producto son limitados.
Estados Unidos y la zona del Euro	Negro, Schorfheide, Wouters y Smets (2005)	Este documento presenta una modificación a la versión del MEGDE para la zona del Euro. Este incorpora tendencia estocástica para que esta pueda ser ajustado con las series observadas no filtradas. Además contiene un gran número de fricciones nominales y reales y varios shocks estructurales.	Para el análisis empírico se emplea una muestra trimestral de 1986:1 a 2002:4. Las variables son el producto per cápita, inversión, salarios nominales por hora, deflactor del producto, M2 per cápita y tasas de interés nominales de corto plazo.	El MEGDE es estimado aplicando una estructura de VAR.	Este documento en vez de enfocarse en las conclusiones provee algunas lecciones sobre inferencia mostrando una comparación de los valores <i>del prior</i> .
América Latina	Tovar (2006)	Este estudio esta enfocado en el análisis del efecto de una devaluación sobre el producto en Chile, Colombia y México usando un MEGDE. También hace una comparación de estas economías a través de los parámetros estimados.	Se emplea series trimestrales desestacionalizadas para 1981:1 a 2005:4. Las variables empleadas son inflación, producto, trabajo, consumo privado, tasa de depreciación, tasa de interés y el tipo de cambio nominal en niveles.	El MEGDE es estimado por el método de Máxima Verosimilitud. Este estudio afirma que este método es el óptimo para estimar MEGDES para economías abiertas. Sin embargo, estimaciones con esta técnica genera problemas de singularidad estocástica. Por ello, se crean shocks adicionales para mejorar el problema.	Las estimaciones y las FIR muestran que durante las dos últimas décadas los shocks de política han sido expansivos en términos de producto. También muestra que el efecto contractivo de la hoja de balance ha sido dominado por el efecto sustitución. El mecanismo de transmisión de hoja de balance ha sido más débil en México que en Chile y Colombia.
Colombia	Hamann, Perez y Rodriguez (2006)	Este estudio desarrolla un MEGDE para una economía pequeña y abierta como la colombiana. El modelo considera dos sectores transable y no transable con tres agentes: familias, empresas y gobierno. También exhibe dos características: primero, rigideces nominales de la forma Calvo en el sector no transable y segundo, un efecto traspaso perfecto/imperfecto del tipo de cambio en los precios de bienes importados.	Emplea información trimestral para el periodo 1987:1 a 2005:4. Las variables empleadas son la inflación, tasa de interés nominal, producto real y tipo de cambio real.	Se emplearon tres tipos de técnicas. Estos son: calibración, análisis espectral de distancia mínima y técnicas bayesianas.	El modelo muestra que los shocks de política explican solo el 3,7% de las variaciones de la inflación, 2,2% en el tipo de cambio real y solo 0,1% en el producto. La mayor parte de las variaciones vienen de shocks en PIT en el sector no transable. Los shocks externos cobran relevancia, los términos de intercambio explican el 62% de las variaciones del TCR y cerca de un tercio en la volatilidad del producto, tasas de interés e inflación.
Chile	Medina y Soto (2006)	Este documento presenta un MEGDE para análisis de política y simulación.	Se emplea series trimestrales para el periodo 1990:1 a 2005:4. Las variables incluidas son producto real, consumo, inversión, exportación, producción de commodities, tasa de interés real de corto plazo, inflación core, tipo de cambio real, devaluación nominal y salarios reales. También se incluye el producto e inflación externa relevante para Chile, la tasa de interés internacional y el precio del cobre de futuro.	Se emplea técnicas bayesianas para la estimación de los parámetros del MEGDE. Este estudio emplea información a priori de estudios empíricos previos para Chile o supone algunos parámetros. Por medio de estimaciones se provee algunas FIR ante shocks en la exportación de commodities producto externo y uno monetario.	FIR muestra que un shock en el precio de los commodities genera un efecto suave en el consumo, pero uno considerable en la inversión y en el producto. También muestra que una apreciación del tipo de cambio reduce la inflación y reduce el empleo. Un shock monetario genera una respuesta positiva en el producto, consumo e inversión y una caída en la inflación.
Brasil	da Silveira, M.A.C. (2006)	Esta investigación presenta un MEGDE para una economía pequeña y abierta como la brasilera con especial referencia en la política monetaria. Una característica importante es que los términos de intercambio entran directamente en la Curva de Phillips keynesiana como una nueva variable que presiona sobre los costos.	El modelo emplea información trimestral para Brasil y EEUU para el periodo 1999:3 a 2005:3. Las variables utilizadas son el producto, inflación, T bill de 3 meses, tipo de cambio real, términos de intercambio, producto per cápita e inflación para EEUU.	Se emplean técnicas bayesianas y parámetros a priori de investigaciones anteriores en Brasil.	Los principales hallazgos son: a) una mejora en los TDI mejora la competitividad, eleva la demanda mundial hacia los productos brasileros. Mejora el producto, empleos y salarios reales, b) Manteniendo todo lo demás constante, una mejora en los TDI mejora los salarios reales y los costos marginales en términos de bienes domésticos, llevando a cada empresa a ajustar los precios nominales en la medida que incrementan los precios relativos para preservar el <i>mark up</i> .

Elaboración: Propia

Nota: También se pueden citar a Dib, Gammoudi y Moran (2008); Sadeq (2008); Kolasa (2008); Buncic y Melecky (2008); DiCecio y Nelson (2007); Peiris y Saxegaard (2007); Liu (2006); y Benes, Hledik y Vavra (2005) como investigaciones recientes en MEGDES.

II.2 Aspectos generales del modelo para Bolivia

II.2.1 Descripción y características adicionales

En Cerezo (2009) se desarrolló un modelo de equilibrio para el análisis de política monetaria en Bolivia, que contaba con las siguientes características: a) competencia monopolística en el mercado de bienes finales, b) rigideces al ajuste de precios y c) expectativas racionales en los agentes económicos. Adicionalmente el presente documento incorpora: d) una regla de política monetaria cuyos argumentos son los desvíos del tipo de cambio nominal respecto a su tendencia y la brecha del producto y/o de la inflación.

La existencia de competencia monopolística permite que en el modelo las empresas fijen precios, y no sean tomadoras de precios como en el caso del modelo neoclásico. En este caso el precio óptimo de las empresas es proporcional a sus costos marginales, los que a su vez dependen de los salarios reales y la productividad. Por otro lado, la existencia de rigideces de precios, implica que las empresas no pueden cambiar precios todos los periodos sin incurrir en costos. Por tanto, cuando éstas fijan precios deben considerar no sólo los costos marginales actuales sino también los esperados para futuros periodos.

En línea con Calvo (1983), Galí y Gertler (2007), Galí, Gertler y Lopez – Salido (2001) entre otros, la combinación de competencia monopolística y rigideces de precios, determinan en el modelo la curva de Oferta Agregada (o también llamada curva de Phillips) para los precios domésticos, la misma que relaciona la dinámica de la inflación doméstica a tres factores: a) expectativas de inflación (*forward looking*), b) inercia inflacionaria (*backward looking*) y c) costos marginales reales². En el modelo existen principalmente tres canales de transmisión de la política monetaria a la inflación y a la actividad económica: la tasa de interés, las expectativas y el tipo de cambio.

El modelo se centra en el rol del consumo en la economía abierta, dejando para futuras extensiones el rol de la inversión y el gasto público. Esta simplificación no afecta los resultados esperados como se verá en la sección de aplicación, puesto que en Bolivia el consumo representa

2 Esta es conocida como la Curva de Phillips Híbrida Nueva Keynesiana (HNKPC)

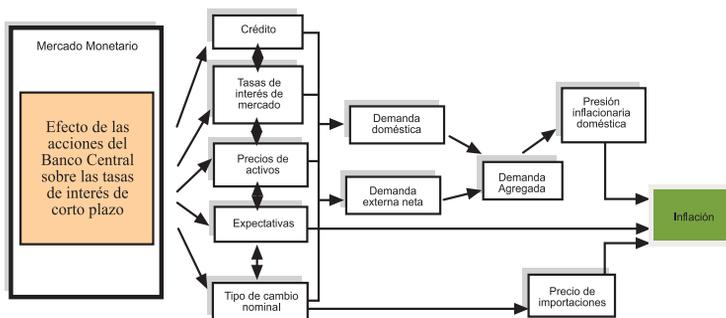
en promedio aproximadamente el 70% de la demanda agregada y el comercio 5%. Sin embargo, en una extensión a este modelo se incorporarán estos dos componentes de la demanda agregada hasta ahora ausentes.

II.2.2 Mecanismo de transmisión de la política monetaria y hechos estilizados

Los efectos de la política monetaria sobre la economía y los canales por los que estos transitan, son objeto de una continua discusión y sobre la cual no se ha obtenido un consenso claro aún. No obstante, para que las autoridades monetarias logren perfeccionar el diseño e implementación de la política monetaria es necesario el conocimiento, con algún grado de detalle, de la forma y el rezago con que sus acciones fluyen e impactan sobre la economía. Según Mishkin (1996), esa situación necesariamente conlleva la identificación y entendimiento de los mecanismos bajo los cuales la política monetaria afecta a los principales fundamentos económicos.

De acuerdo con Schwartz (1998), el proceso del mecanismo de transmisión se inicia a partir del momento en que el banco central actúa sobre el mercado de dinero y sus acciones tienen efecto sobre las tasas de interés de corto plazo. Posteriormente, éstas afectan las tasas de interés de largo plazo, los precios de los activos, las expectativas y el tipo de cambio, las cuales finalmente impactarán (con cierto rezago) sobre la demanda y por ende, en los precios. El Diagrama 1 describe simplificado este proceso .

Diagrama 1: MECANISMOS DE TRANSMISIÓN DE LA POLÍTICA MONETARIA



Fuente: Schwartz (1998) y Cerezo (2009)

Existe abundante literatura económica sobre el tema, reconociéndose cinco grandes canales de transmisión a saber:³ crédito, tasas de interés de mercado, precios de activos (valor de acciones de las empresas, terrenos, viviendas y edificaciones, entre otros), expectativas de inflación de los agentes y tipo de cambio.⁴ Varios de estos canales no son mecanismos independientes, sino más bien procesos simultáneos y en ocasiones complementarios. En esta literatura se critica la ausencia de un esquema analítico que integre de manera conjunta y detallada, los distintos mecanismos de transmisión, ya que los diferentes trabajos se han preocupado de estudiarlos de forma separada.

A continuación se revisarán brevemente los principales canales de transmisión monetaria que éste trabajo intenta abordar y su impacto final sobre algunas variables económicas relevantes, así como algunos hechos estilizados para el caso de Bolivia.

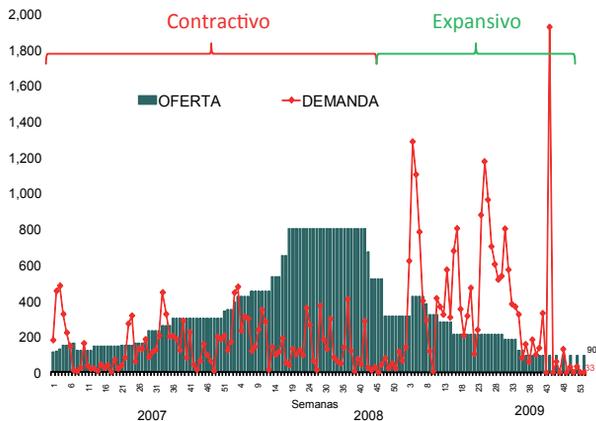
a) Canal de tasa de interés: En este canal la autoridad monetaria, mediante operaciones de mercado abierto (OMA), provoca variaciones en la cantidad de dinero en circulación que se traduce en cambios en la tasa de interés nominal de mercado que, dada alguna rigidez en el mecanismo de ajuste en la economía, se convierte en variaciones en la tasa de interés real con los respectivos efectos sobre los planes de consumo e inversión y, por ende, en el nivel de producto y precios.

En Bolivia las OMA constituyen el principal instrumento de regulación monetaria del BCB. La postura expansiva de la política monetaria dada la crisis económica internacional se puso en evidencia cuando se redujo la oferta de OMA en Moneda Nacional (MN) a partir de la semana 41 en 2008 (Gráfico 1), luego de mantenerse constante en montos elevados durante casi un semestre.

3 Esta investigación no considera el canal de crédito ni el de precio de activos.

4 Véase [Ireland, 2005], [Kuttner y Mosser, 2002], [Mies *et. al.*, 2002] y [Miskin, 1996], entre otros.

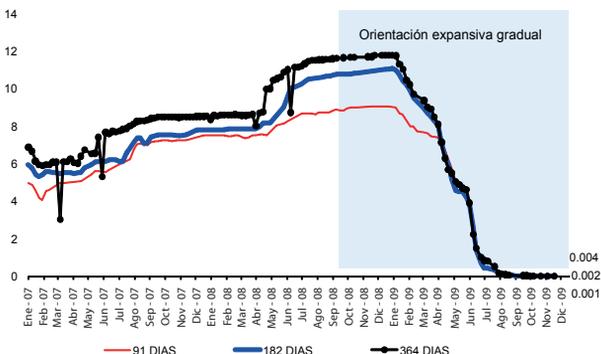
Gráfico 1: ORIENTACIÓN DE LA POLÍTICA MONETARIA EN BOLIVIA- OFERTA DE OMA EN MN



Fuente: Banco Central de Bolivia

Como resultado del cambio de la orientación monetaria, las tasas de Letras en MN (91, 182 y 364 días) cayeron significativamente desde inicios de 2009 hasta ubicarse en valores cercanos a cero (Gráfico 2). La reducción de las tasas de interés de OMA, promovieron aunque en menor ritmo, descensos en las tasas de intermediación financiera en operaciones activas y pasivas en ME y MN, para diferentes plazos.

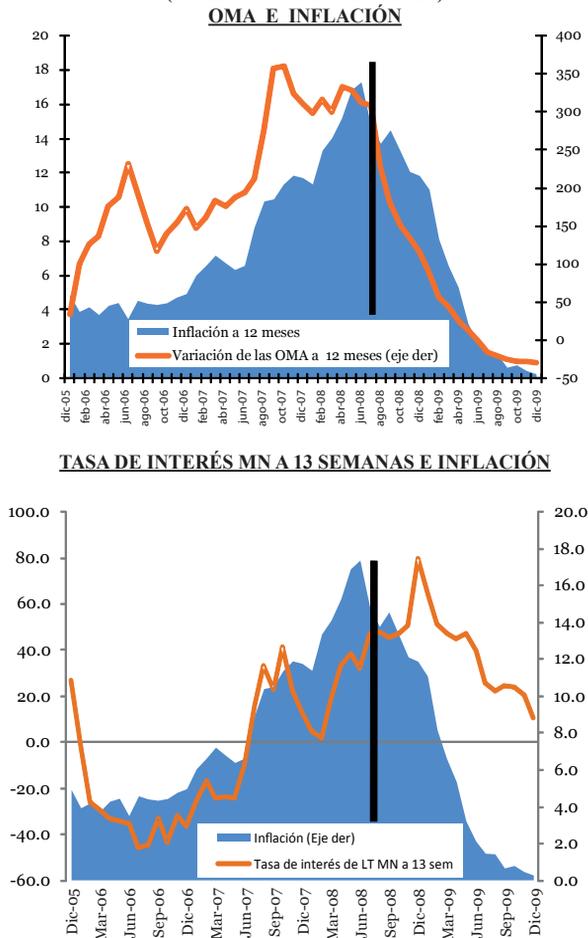
Gráfico 2: TASA DE RENDIMIENTO DE TÍTULOS PÚBLICOS EN MN (En porcentajes)



Fuente: Banco Central de Bolivia

El periodo inflacionario de 2007-08 que tuvo su pico en junio 2008 estuvo acompañado de fuertes colocaciones para contraer la liquidez del sistema financiero. En cambio cuando la inflación comenzó a moderarse a partir de julio de 2008 también lo hicieron las operaciones de mercado abierto. Este hecho se manifiesta en una estrecha relación entre la tasa de variación a 12 meses de los precios (inflación) y de las OMA y tasas de interés de LT a 13 semanas en MN (Gráfico 3)

Gráfico 3: OMA, TASA DE INTERÉS MN A 13 SEMANAS E INFLACIÓN (VARIACIÓN A DOCE MESES)

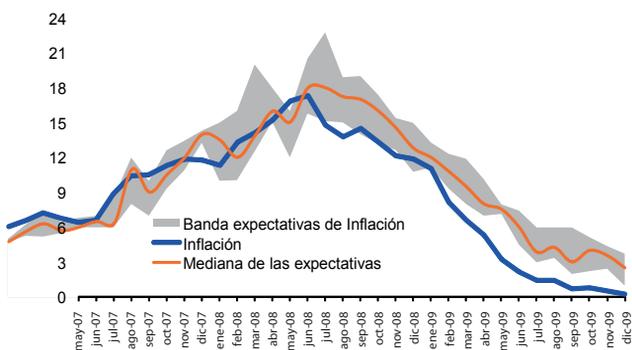


Fuente: Banco Central de Bolivia

b) Canal de expectativas de los agentes económicos: Este canal se concentra en la influencia directa que ejercen los anuncios de política monetaria sobre la formación de las expectativas inflacionarias de los agentes económicos. La propia credibilidad del banco central jugará un papel principal, al permitir influir en los planes de gasto de los agentes económicos. Se supone que las expectativas de los agentes se forman racionalmente, es decir que estos se comportan como si tuvieran conocimiento del modelo que describe la economía, por lo que no cometen errores sistemáticos al predecir el comportamiento de las variables. Una vez formuladas las expectativas, los agentes actuarán en el mercado laboral y financiero de cierta forma que podría perjudicar o favorecer el objetivo de estabilidad de precios de la autoridad monetaria.

En Bolivia, un factor importante en la evolución de precios en el periodo de inflación y también en el de desinflación fueron las expectativas inflacionarias de los agentes económicos. El descenso en la inflación esperada responde principalmente a la reducción efectiva de las tasas de inflación en los últimos meses, que llevó a que las personas modificaran sus expectativas de inflación hacia la baja. Tal como se observa en el Gráfico 4 las expectativas se mueven casi a la par que la inflación observada, comportamiento conocido como “expectativas adaptativas”.⁵

Gráfico 4: EXPECTATIVAS DE INFLACIÓN A UN AÑO
(Variación a 12 meses, en porcentaje)



Fuente: Banco Central de Bolivia

Nota: La banda muestra el rango entre el 25% y 75% de las respuestas ordenadas de menor a mayor.

⁵ La Encuesta de Expectativas Económicas del Banco Central de Bolivia es realizada a un grupo de 30 analistas económicos, académicos y ejecutivos de empresas privadas.

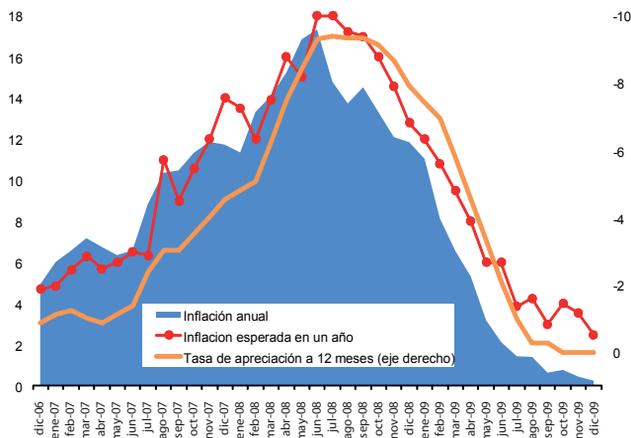
c) Canal de tipo de cambio: De acuerdo con Mies *et. al.* (2002), si el tipo de cambio no es fijo, su comportamiento debería depender de la tasa de interés, según lo indica la paridad descubierta de tasas de interés. Es decir, un incremento inesperado en la tasa de interés doméstica (*ceteris paribus*) debiera apreciar la moneda local. El mayor valor de la moneda incrementa el precio de los bienes del país en relación con los externos, generando una caída en las exportaciones netas y en la demanda agregada. A su vez, el tipo de cambio afecta directamente la inflación por medio del componente de las importaciones (*pass through*). Es decir, una política monetaria restrictiva, disminuirá el componente importado de la inflación.⁶

El régimen cambiario boliviano vigente es el *crawling peg* o flotación administrada. El tipo de cambio más allá de haber respondido al movimiento de las tasas de interés domésticas y foráneas ha sido un instrumento más para contener la inflación principalmente de origen externa. La apreciación registrada hasta antes de octubre de 2008 fue una instrumento de política más para mitigar el incremento de la inflación y el exceso de liquidez en ME, mientras que la posterior estabilidad del tipo de cambio se debió a la caída de la inflación observada y esperada en un entorno de crisis económica internacional. (Gráfico 5).⁷

6 Si se supone simetría en los efectos del tipo de cambio, el proceso opuesto se genera mediante una política monetaria laxa.

7 La estabilidad cambiaria tuvo el propósito de evitar los efectos negativos que la alta variabilidad cambiaria habría tenido sobre la actividad productiva y el sistema financiero.

Gráfico 5: APRECIACIÓN NOMINAL E INFLACIÓN OBSERVADA Y ESPERADA (Variación porcentual)



Fuente: Banco Central de Bolivia

III. El modelo

Establecidas las características del modelo de equilibrio general y los mecanismos de transmisión de la política monetaria en particular para Bolivia, en esta siguiente sección se plantea, resuelve, calibra y evalúa un MEGDE para la economía boliviana. Posteriormente se realizan algunas simulaciones ante la presencia de *shocks* exógenos.

III.1 Planteamiento

III.1.1 Familias: Función de utilidad y restricción presupuestaria

a. Preferencias

La economía está poblada por un continuo de individuos de densidad 1. Cada individuo j en la economía doméstica recibe utilidad por consumir una canasta de bienes, $C_t(j)$ y recibe desutilidad por trabajar, $L_t(j)$. Las preferencias del individuo están representadas por la siguiente función de utilidad genérica no separable:

$$u_t(j) = E_t \left[\sum_{s=0}^{\infty} \beta^{t+s} U \{ C_{t+s}(j), (1 - L_{t+s}(j)) \} \right] \quad (1)$$

Donde E_t es la expectativa condicional sobre el conjunto de información en el período t , β es el factor de descuento intertemporal, con $0 < \beta < 1$ y v es el inverso de la elasticidad trabajo a salario. Adicionalmente, las preferencias señalan que los individuos disfrutan de mayor utilidad en tanto mayor sea su consumo y ocio. La forma funcional de la utilidad esta definida como:

$$u_t(j) = E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \frac{C(j)^{1-1/\sigma}}{1-1/\sigma} \exp \left[\frac{1/\sigma-1}{1+v} L(j)^{v+1} \right] \quad \sigma > 1, v > 0 \text{ y } 0 < \beta < 1, \quad (2)$$

b. Restricción presupuestaria y estructura de activos

Por simplicidad, se asume una estructura de mercado de activos en la que existen dos bonos nominales de un período libres de riesgo, los mismos que son domésticos ($B_t(j)$) y foráneos ($B_t^*(j)$), respectivamente. Bajo esta estructura de activos, la restricción presupuestaria del agente representativo (j) expresada en términos reales viene dada por:

$$\frac{B_t(j)}{P_{c,t}} + \frac{e_t B_t^*(j)}{P_{c,t}} = \quad (3)$$

$$(1 + i_{t-1}) \frac{P_{c,t-1}}{P_{c,t}} \frac{B_{t-1}(j)}{P_{c,t-1}} + (1 + i_{t-1}^*) \frac{P_{c,t-1}}{P_{c,t}} \frac{e_t B_{t-1}^*(j)}{P_{c,t-1}} + \frac{W_t}{P_{c,t}} L_t(j) + \frac{\Pi_t(j)}{P_{c,t}} - C_t(j)$$

Donde P_c es el índice de precios del consumo, W_t es el salario nominal, $C_t(j)$ es el consumo, i_{t-1} la tasa de interés nominal doméstica, i_{t-1}^* , la tasa de interés nominal externa, e_t es el tipo de cambio nominal y $\pi_t(j)$ son los beneficios reales en términos de unidades de consumo que son distribuidos de todas las firmas de la economía al agente j . Se asume que cada individuo es dueño de una fracción $1/n$ de todas las firmas de la economía y no existe un mercado para las acciones de las firmas. Este supuesto permite trabajar con la economía agregada como un modelo de agente representativo, de lo contrario se tendría que hacer seguimiento de la riqueza de cada individuo. El individuo maximiza (2) sujeto a (3).

c. *Decisiones de Consumo/Ahorro, Oferta de Trabajo y la Paridad Descubierta de Tasas de Interés*

De las condiciones de primer orden para el consumo, trabajo y bonos y combinando algunas de ellas tenemos las siguientes relaciones:⁸

$$E_t \left[\frac{C_t(j)^{-1/\sigma}}{C_{t+1}(j)^{-1/\sigma}} \exp\left(-\frac{1/\sigma-1}{1+\nu} \Delta L_{t+1}^{1+\nu}\right) \right] = \beta(1+i_{t+1}) \frac{P_{c,t}}{P_{c,t+1}} = \beta R_{t+1} \quad (4)$$

$$C_t(j)L_t(j)^\nu = \frac{W}{P_{c,t}} = TMS_t \quad (5)$$

$$E_t \left[\frac{e_t}{e_{t+1}} \frac{(1+i_t)}{(1+i_t^*)} \right] = 1 \quad (6)$$

La ecuación (4) es la ecuación de Euler que determina la trayectoria óptima del consumo al igualar los beneficios marginales de ahorrar con sus costos marginales.

La condición de primer orden que determina la oferta de trabajo está dada por la ecuación (5), donde $W_t/P_{c,t}$ es el salario real, TMS_t es la tasa marginal de sustitución entre consumo y horas trabajadas. En un mercado competitivo de trabajo TMS_t debería ser igual al salario real.

A su vez, de la condición de equilibrio que determina la tenencia de bonos foráneos por parte del agente doméstico y de la ecuación de Euler se obtiene la ecuación (6) que es una versión no-lineal de la relación de paridad descubierta de tasas de interés (PDI), dicha relación vincula la depreciación esperada del tipo de cambio nominal con el diferencial nominal de tasas de interés.

III.1.2 Consumo y precio relativo de bienes domésticos e importados

Por otro lado, la canasta de consumo está compuesta de bienes domésticos y de bienes importados del exterior. Estos bienes se agregan utilizando el siguiente índice de consumo:

⁸ Eliminamos el índice j por el supuesto de agente representativo.

$$C_t = \left[\gamma_c^{1/\eta_c} (Y_{D,t}(c))^{\frac{(\eta_c-1)}{\eta_c}} + (1 - \gamma_c)^{1/\eta_c} (Y_{F,t}(c))^{\frac{(\eta_c-1)}{\eta_c}} \right]^{\frac{\eta_c}{(\eta_c-1)}} \quad (7)$$

Donde η_c es la elasticidad de sustitución tanto para los bienes producidos domésticamente ($Y_{D,t}(c)$) y bienes importados ($Y_{F,t}(c)$), y γ_c representa la fracción de bienes producidos domésticamente que contiene la canasta total de consumo en la economía pequeña.

A su vez, ($Y_{D,t}(c)$) y ($Y_{F,t}(c)$) son índices de un continuo de bienes diferenciados producidos domésticamente y en el exterior, respectivamente. Estos índices de consumo se definen a continuación:

$$Y_{D,t}(c) = \left[\int_0^1 Y_{D,t}(z)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} dz \right]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \quad Y_{F,t}(c) = \left[\int_0^1 Y_{F,t}(z)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} dz \right]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \quad (8)$$

Donde $\varepsilon > 1$ es la elasticidad de sustitución tanto para los bienes producidos domésticamente, $Y_{D,t}(z)$; como para aquellos producidos en el exterior, $Y_{F,t}(z)$. Las demandas óptimas de los individuos por bienes domésticos y externos están dadas por:

$$Y_{D,t}(c) = \gamma_c \left(\frac{P_{D,t}}{P_{c,t}} \right)^{-\eta_c} C_t \quad Y_{F,t}(c) = (1 - \gamma_c) \left(\frac{P_{F,t}}{P_{c,t}} \right)^{-\eta_c} C_t \quad (9)$$

Ambas demandas se obtienen de minimizar el gasto total en consumo $P_t C_t$; donde P_t es el índice de precios al consumidor.⁹ Cabe destacar, que el consumo de cada tipo de bien (doméstico y foráneo) es creciente en el consumo agregado y decreciente en su correspondiente precio relativo.

Bajo el supuesto de las preferencias descritas en esta sección, se puede mostrar que el índice de precios al consumidor está determinado por la siguiente condición:

$$P_{c,t} = \left[\gamma_c P_{D,t}^{(1-\eta_c)} + (1 - \gamma_c) P_{F,t}^{(1-\eta_c)} \right]^{\frac{1}{(1-\eta_c)}} \quad (10)$$

9 Ver Apéndice A para el detalle de la obtención de las demandas.

Donde $P_{D,t}$ y $P_{F,t}$ representan los niveles de precios de los bienes producidos domésticamente e importados, respectivamente. Cada uno de estos índices a su vez está definido de la siguiente manera:¹⁰

$$P_{D,t}(c) = \left[\int_0^1 P_{D,t}(z)^{\varepsilon-1} dz \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon}} \quad P_{F,t}(c) = \left[\int_0^1 P_{F,t}(z)^{\varepsilon-1} dz \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon}} \quad (11)$$

Donde $P_{D,t}(z)$ y $P_{F,t}(z)$ representan los precios de la variedad z expresados en moneda doméstica tanto para bienes producidos domésticamente como para bienes importados.

A partir de (10) podemos formular una relación de precios relativos entre los de consumos totales y los de bienes importados:

$$\frac{P_{c,t}}{P_{D,t}} = \left[\gamma c + (1 - \gamma c) \left(\frac{P_{F,t}}{P_{D,t}} \right)^{1-\eta c} \right]^{\frac{1}{\eta c-1}} \quad (12)$$

Además, si suponemos que el precio de exportación tiene un *pass-through* perfecto con respecto al precio de los bienes domésticos ($P_{F,t} = e_t P_{F,t}^*$) y que el precio del bien importado en el país de origen está normalizado a 1 ($P_{F,t}^* = 1$), tenemos:

$$\frac{P_{F,t}}{P_{D,t}} = \frac{e_t P_{F,t}^*}{P_{D,t}} = \frac{e_t}{P_{D,t}} = \frac{1}{TOT_t} \quad (13)$$

Donde e_t es el tipo de cambio nominal. Por tanto, esta relación proporciona los términos de intercambio TOT_t .

III.1.3 Firms

La economía está habitada por empresas domésticas en un entorno de competencia monopolística. Existe un continuo de firmas indexadas por $z \in (1,0)$ donde cada firma una vez que ha fijado sus precios minimiza su función de costos, sujeto a su función de producción. Se considera que cada empresa opera con la misma función de producción ($Y_{D,t}(z)$)

¹⁰ A la forma Dixit-Stiglitz.

con Rendimientos Constantes a Escala - Tecnológico (RCE-T) (i.e. las empresas tienen acceso a una tecnología lineal de producción) que emplea trabajo ($L_t(z)$) como su único factor de producción:¹¹

$$Y_{D,t}(z) = A_{D,t}L_t(z) \quad (14)$$

Donde $A_{D,t}$ es el shock de productividad al trabajo específico para la economía.

Del proceso de optimización obtenemos los costos marginales reales (S_t) definidos como:

$$S_t = \frac{CM_{D,t}}{P_{D,t}(z_t)} = \frac{1}{A_{D,t}} \frac{W_t}{P_{D,t}(z_t)} \quad (15)$$

Donde $CM_{D,t}$ es el costo marginal nominal de la producción de bienes domésticos; W_t es el salario nominal y $P_{D,t}(z)$ es el nivel de precios domésticos. Esta expresión muestra que los costos marginales reales están directamente relacionados con los salarios reales e inversamente relacionados con la productividad del factor trabajo.

III.1.4 Agregación

a. Equilibrio en el mercado doméstico

La oferta de bienes domésticos será igual a la suma del consumo ($Y_{D,t}(C)$) y las exportaciones (X_t). La demanda óptima de los individuos por bienes domésticos fue definida en la sección 2.2 y para la demanda foránea por bienes domésticos (exportaciones) se asume que el precio de exportación tiene un *pass-through* perfecto y el precio del bien de consumo en el exterior es uno. Bajo estas condiciones la oferta de bienes domésticos será:

$$Y_{D,t} = Y_{D,t}(C) + X_t = \gamma_c \left(\frac{P_{D,t}}{P_{c,t}} \right)^{-\eta_c} C_t + \left(\frac{P_{D,t}}{e_t} \right)^{-\eta_c^*} C_t^* \quad (16)$$

11 Esta formulación toma en cuenta el argumento de McCallum y Nelson (1999) que indica que la dinámica del stock de capital es irrelevante en el corto plazo para la dinámica de la economía agregada, es por eso que se la puede excluir del análisis de los ciclos económicos.

b. Demanda por bienes importados

De la misma manera de la sección 2.2 se tiene la demanda para consumo de bienes importados ($Y_{F,t}(c)$).¹²

$$Y_{F,t}(c) = (1 - \gamma_c) \left(\frac{P_{F,t}}{P_{c,t}} \right)^{-\eta_c} C_t = (1 - \gamma_c) \left(\frac{e_t}{P_{c,t}} \right)^{-\eta_c} C_t \quad (17)$$

c. Activos Internacionales Netos Reales y Riesgo País

Operando en la restricción presupuestaria del agente representativo y considerando que los Activos Internacionales Netos Reales agrega los bonos nacionales y foráneos en términos reales ($(B_t + e_t B_t^*) / P_{C,t} = AINR_t$), tenemos:¹³

$$AINR_t = AINR_{t-1} (1 + i_{t-1}) \frac{P_{c,t-1}}{P_{c,t}} + \frac{P_{D,t}}{P_{c,t}} Y_{D,t} - C_t \quad (18)$$

Por otro lado, asumimos un riesgo país endógeno en el modelo el cual es muy importante para que el sistema converja al estado estacionario vía ajuste en el consumo:

$$E_t[(1 + i_{t+1}^*)] = (1 + i^*) - E_t \left[\psi \left[\exp(\widetilde{ainr}_t - \widetilde{y}_{D,t+1}) - 1 \right] \right] \quad (19)$$

Donde i^* es la tasa de interés externa de equilibrio y ψ es un coeficiente de respuesta de la tasa de interés externa a la diferencia entre la acumulación de activos (deuda) y la producción doméstica esperada.

III.1.5 Regla de Política Monetaria

El banco central implementa su política monetaria fijando su tasa de interés nominal i_t ; siguiendo una regla de tasa de interés tipo Taylor. Esta regla refleja la conducta sistemática del banco central. Usualmente esta regla depende de la inflación al consumidor $\pi_{c,t}$; la dinámica del producto $y_{D,t}$ y es suavizada con las tasas de interés en forma de inercia

12 Se debe tomar en cuenta los supuestos empleados sobre la relación de precios internos externos de la sección 2.2.

13 Además se asume que las tasas de interés nacionales y foráneas son iguales ($i=i^*$) en el largo plazo

i_{t-1} y que además puede estar expuesta a un *shock* monetario sm_t el cual es gobernado por un proceso autorregresivo de primer orden en logaritmos.

En este documento se adiciona a la *regla de Taylor* el tipo de cambio e_t por ser para la economía boliviana un precio clave. Adicionalmente se estiman dos reglas una que considera las desviaciones del producto (20) y otra que no (21). Por tanto, la forma log-linealizada¹⁴ de ambas *reglas de Taylor* adoptan la siguiente forma:¹⁵

$$\widetilde{(1+i_t)} = \rho_i \widetilde{(1+i_{t-1})} + \rho_e \widetilde{e}_t + \rho_\pi \widetilde{\pi}_{c,t} + \rho_y \widetilde{y}_{D,t} + sm_t \quad (20)$$

$$\widetilde{(1+i_t)} = \rho_i \widetilde{(1+i_{t-1})} + \rho_e \widetilde{e}_t + \rho_\pi \widetilde{\pi}_{c,t} + sm_t \quad (21)$$

Donde $\rho_p, \rho_y, \rho_e > 0$ y $\rho_\pi > 1$ este último parámetro muestra la mayor importancia que el banco central le da al control de la inflación. Por otro lado, ρ_y es un parámetro que determina en la calibración la importancia relativa que le da la autoridad monetaria a la estabilización del producto que en el caso extremo podría ser cero.

III.2 Solución y calibración del modelo

A las condiciones de primer orden y a las relaciones establecidas en la sección de planteamiento se aplica la técnica de log – linealización que requiere que las variables sean log – desviadas respecto al estado estacionario. Note que es posible organizar el sistema de ecuaciones en cuatro grandes bloques: demanda agregada, oferta agregada, economía externa y política monetaria. En el cuadro 2 y 3 se muestra la representación canónica del modelo log-linealizado y la lista de variables endógenas, innovaciones y *shocks* exógenos, respectivamente.

14 Esto es: $\bar{x}_t^* = \log(x_t) - \log(\bar{x})$ donde \bar{x}_t^* es la log linealización de la variable x_t respecto al estado estacionario \bar{x} . En el Apéndice B se presenta el estado estacionario teórico del modelo. Sin embargo, para fines prácticos se utilizará la tendencia de la serie como una medida de estado estacionario por ser un componente de largo plazo.

15 Para fijar esta tasa se asume que el banco central inyecta la cantidad de dinero suficiente en la economía de tal forma que la tasa de interés de equilibrio sea la tasa establecida por el banco central.

Cuadro 2: REPRESENTACIÓN CANÓNICA DEL MODELO

Nro.	Descripción	Ecuaciones log-linealizadas del modelo
1	Inflación doméstica	$\widetilde{\pi}_{D,t} = \beta \widetilde{\pi}_{D,t+1} + \frac{(1-\beta\phi_D)(1-\phi_D)}{\phi_D} \widetilde{S}_t$
2	Inflación total	$\widetilde{\pi}_{c,t} = \gamma_c \widetilde{\pi}_{D,t} + (1 - \gamma_c) \widetilde{e}_t - (1 - \gamma_c) \widetilde{e}_{t-1}$
3	Costos marginales	$\widetilde{S}_t = \widetilde{w}_t \widetilde{P}_{D,t} - \widetilde{a}_{D,t}$
4	Salarios reales	$\widetilde{w}_t \widetilde{P}_{D,t} = \nu \widetilde{y}_{D,t} + \widetilde{c}_t - (1 - \gamma_c) \widetilde{tot}_t - \nu \widetilde{a}_{D,t}$
5	Tipo de cambio nominal	$\widetilde{e}_t = \widetilde{e}_{t-1} - (\widetilde{1} + \widetilde{i}_t) - \frac{\nu}{(1+i^*)} \widetilde{ainr}_t + \frac{\nu}{(1+i^*)} \widetilde{y}_{D,t+1}$
6	Términos de intercambio	$\widetilde{tot}_t = \widetilde{p}_{D,t} - \widetilde{e}_t$
7	Precios domésticos	$\widetilde{p}_{D,t} = \widetilde{p}_{D,t-1} + \widetilde{\pi}_{D,t}$
8	Activos internacionales	$\widetilde{ainr}_t = (1 + i^*) \widetilde{ainr}_{t-1} + (1 + i^*) r_t + \frac{P_D}{P_C} \frac{Y_D}{AINR} \widetilde{y}_{D,t} - \frac{C}{AINR} \widetilde{c}_t$
9	Tasa de interés real	$(\widetilde{1} + r_t) = (\widetilde{1} + \widetilde{i}_t) - \widetilde{\pi}_{c,t}$
10	Ecuación de Euler del consumo	$\widetilde{c}_t = \widetilde{c}_{t+1} - \theta (\widetilde{1} + r_{t+1})$
11	Condición de vaciado de mercado	$\widetilde{y}_{D,t} = - \left[\gamma_c (1 - \gamma_c) \eta_c \left(\frac{P_D}{P_C} \right)^{-\eta_c} \frac{C}{Y_D} + \eta_c^* \left(\frac{P_D}{e} \right)^{-\eta_c} \frac{C^*}{Y_D} \right] \widetilde{tot}_t + \left[\gamma_c \left(\frac{P_D}{P_C} \right)^{-\eta_c} \frac{C}{Y_D} \right] \widetilde{c}_t + \left[\left(\frac{P_D}{e} \right)^{-\eta_c} \frac{C^*}{Y_D} \right] \widetilde{c}_t^*$
12	Función de reacción de la política monetaria	$(\widetilde{1} + \widetilde{i}_t) = \rho_i (\widetilde{1} + \widetilde{i}_{t-1}) + \rho_e \widetilde{e}_t + \rho_\pi \widetilde{\pi}_{c,t} + \rho_y \widetilde{y}_{D,t} + sm_t$
13	Procesos exógenos	$\widetilde{c}_t^* = \rho_c \widetilde{c}_{t-1}^* + \varepsilon_{c^*}$ $\widetilde{sm}_t = \rho_m \widetilde{sm}_{t-1} + \varepsilon_m$ $\widetilde{a}_{D,t} = \rho_a \widetilde{a}_{D,t-1} + \varepsilon_a$

Nota: La ecuación 1 es la conocida Curva de Phillips Híbrida Neok Keynesiana cuya derivación y calibración para Bolivia puede ser revisada en Valdivia (2009).

Cuadro 3: LISTA DE VARIABLES ENDÓGENAS Y EXÓGENAS EN EL MODELO

1	VARIABLES ENDÓGENAS	$\{ \widetilde{y}_{D,t}, \widetilde{c}_t, \widetilde{\pi}_{c,t}, \widetilde{\pi}_{D,t}, \widetilde{p}_{D,t}, \widetilde{S}_t, \widetilde{w}_t \widetilde{P}_{D,t}, \widetilde{tot}_t, \widetilde{e}_t, \widetilde{ainr}_t, (\widetilde{1} + \widetilde{i}_t), (\widetilde{1} + r_t) \}$
2	INNOVACIONES ENDÓGENAS	$\{ \widetilde{c}_t^*, \widetilde{sm}_t, \widetilde{a}_{D,t} \}$
3	SHOCKS EXÓGENOS DEL MODELO	$\{ \varepsilon_{c^*}, \varepsilon_m, \varepsilon_a \}$

La calibración del modelo asume algunos parámetros estándar de la literatura sobre MEGDEs y para algunos se recurre a estimaciones econométricas para obtenerlos. La descripción, parámetro, valor asumido o fuente es reportada en el siguiente cuadro:

Cuadro 4: CALIBRACIÓN DEL MODELO

Descripción	Parámetro	Valor	Fuente
Factor de descuento	β	0.98	Valdivia (2008)
Subconjunto de firmas que fije precios en base a un comportamiento backward – looking	ω	0.28	Valdivia (2008)
Inversa de la elasticidad de trabajo al salario	ν	0.50	Duncan (2004)
Probabilidad de mantener fijos los precios	ϕ_D	0.39	Valdivia (2008)
Elasticidad de sustitución entre bienes domésticos e importados	η_c	1.01	Duncan (2004)
Elasticidad de sustitución entre bienes domésticos y de exportación.	η_c^*	1.01	Duncan (2004)
Fracción de bienes producidos domésticamente que contiene la canasta total de consumo	γ_c	0.75	Porcentaje de bienes domésticos dentro la canasta del IPC
<i>Mark Up</i>	$\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}$	1,2	Asumiendo $\varepsilon = 6$
Coefficiente de respuesta de la tasa de interés externa a la diferencia entre la acumulación de activos (deuda) y la producción doméstica esperada	ψ	0.01	Schmidt-Hebbel , Chumacero y Fuentes (2004)
Tasa de interés externa de largo plazo	i^*	2.90	Promedio dela LIBOR a 90 dias de los últimos 3 años
Coefficiente de autocorrelación de los shocks externos (exportaciones)	ρ_c^*	0.78	Estimado con un AR(1) a las exportaciones netas
Coefficiente de autocorrelación de los shocks de política monetaria	ρ_m	0.70	Estimado con un AR(1) a la tasa de interés de política monetaria
Coefficiente de autocorrelación de los shocks de productividad	ρ_a	0.51	Estimado con un AR(1) al residuo de solow

Por otro lado, en el cuadro 5 también se calibró dos reglas de política monetaria. La primera es la regla en la cual el banco central persigue objetivos de inflación y producto (O-I-P)¹⁶; en cambio la segunda persigue únicamente objetivos de inflación (O-I).

16 La regla fue estimada a partir de MCO

Cuadro 5: CALIBRACIÓN DE LA REGLA DE POLÍTICA MONETARIA

	Parámetro	Valor	
		O-I-P	O-I
Parámetro de persistencia en la tasa de interés.	ρ_i	0.95	0.98
Parámetro de respuesta de la tasa de interés a desvíos del tipo de cambio respecto a su tendencia	ρ_e	-0.84	-0.34
Parámetro de respuesta de la tasa de interés a desvíos de la inflación respecto a su tendencia	ρ_π	0.62	0.30
Parámetro de respuesta de la tasa de interés a desvíos del producto respecto a su tendencia	ρ_y	0.61	0.00

Nota: Estos resultados fueron estadísticamente significativos con 90% de confianza

III.3 Evaluación y simulación del MEGDE

Para resolver, simular y evaluar el modelo se utiliza la plataforma ofrecida por DYNARE.¹⁷

III.3.1 Momentos No Condicionados

En ésta sección se reportan los momentos no condicionados simulados con el MEGDE, con la regla de política monetaria que considera objetivos de inflación y producto, frente a aquellos calculados a partir de las series históricas trimestrales del período 2000-2009.¹⁸ Para que sean comparables se filtran las series con Hodrick y Prescott (HP)¹⁹ y se obtienen las variables como desviaciones alrededor del estado estacionario (tendencia de largo plazo por HP).²⁰

17 Ver <http://www.cepremap.cnrs.fr/dynare/>.

18 Las series se desestacionalizan con X12.

19 Con un factor igual a 7185 encontrado en Rodríguez (2007) para Bolivia.

20 Si bien el filtro HP tiene como principal ventaja su amplio uso, no está exento de críticas ya que los componentes que obtiene son sensibles a los valores extremos de la serie y que tendería a amplificar los ciclos de periodos normales. Pero pese a ello, los resultados fueron complementados con el uso de primeras diferencias y filtros alternativos que no modificaron los resultados del estudio.

Cuadro 6: ANÁLISIS DE MOMENTOS

	Datos Bolivia (2000-2009)	Modelo
Desviación Estándar		
Relativa al PIB		
PIB	0.07	0.13
Consumo privado	0.76	0.84
Inflación Doméstica (NI)	0.47	0.44
Inflación Total	0.47	0.53
Exportaciones netas	2.69	1.55
TOT	0.93	1.79
Tasa de interés (LT -13s)	0.26	0.49
Correlación con PIB		
Consumo privado	0.81	0.83
Inflación Doméstica (NI)	-0.22	-0.15
Inflación Total	-0.25	-0.18
Exportaciones netas	0.66	0.37
TOT	0.15	0.35
Tasa de interés (LT -13s)	-0.48	-0.59
Autocorrelación		
PIB	0.12	0.15
Consumo privado	0.39	0.45
Inflación Doméstica (NI)	0.86	0.90
Inflación Total	0.86	0.90
Exportaciones netas	0.10	0.25
TOT	0.49	0.56
Tasa de interés (LT -13s)	0.70	0.93

En general se encuentra que el modelo base reproduce momentos no condicionados, tanto para las variables reales como para las nominales, cercanos a lo que se observa en los datos. El modelo tiene un buen ajuste en varias dimensiones. En primer lugar el modelo hace un buen trabajo en aproximar las volatilidades relativas respecto al producto para el caso de las variables reales. Así se obtienen volatilidades relativas respecto al producto para el consumo, inflación doméstica (no importada) e inflación total de 0.84, 0.44 y 0.53, en tanto que en la data se registran valores de 0.76, 0.47 y 0.47, respectivamente.

Sin embargo, el modelo presenta algunas debilidades en algunas variables externas y la tasa de interés. Por ejemplo, en el modelo, las exportaciones netas son bastante menos volátiles que los valores reportados en los datos (1.55 en el modelo versus 2.69 en los datos).

Por otro lado, la volatilidad relativa de los TOT y tasas de interés que reporta el modelo son superiores a los que se evidencia en la data.

En la misma tabla también se reportan las correlaciones cíclicas de las variables con relación al producto. En todos los casos el modelo produce correlaciones con el signo correcto, tal y como se observa en los datos. El modelo genera un buen comovimiento del consumo con el producto. El modelo predice una correlación de 0.83 en tanto que en la data se observan valores de 0.81. Sin embargo, el modelo subestima la correlación cíclica de la inflación doméstica y total. El resultado anterior puede mejorar incluyendo en la serie del PIB y en el modelo dos componentes ausentes como son la inversión y el consumo del gobierno.

Finalmente, el modelo predice coeficientes de autocorrelación más altos que los valores que se obtienen en los datos. Los mecanismos de persistencia endógena, que se han considerado en el modelo base, juegan un rol importante en este resultado.

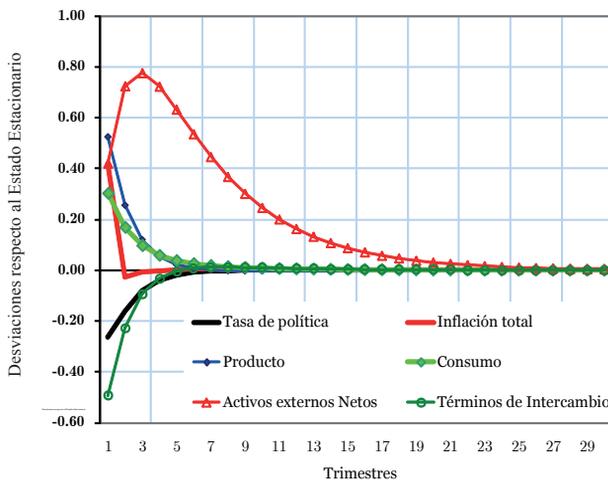
III.3.2 Simulaciones y Funciones de Respuestas a Impulsos (FRIs)

Esta sección muestra la respuesta de las variables del modelo a distintos *shocks* considerando que la autoridad monetaria persigue objetivos de inflación y producto (O-I-P). Finalmente se realiza una comparación de los resultados de ese modelo respecto a uno cuyo banco central considera como única prioridad el control de la inflación (O-I).

a. Shock de Política Monetaria

El Gráfico 6 resume la interacción dinámica de los principales mecanismos de transmisión de la política monetaria en el modelo. El gráfico muestra la respuesta de la inflación total, el producto, el consumo, los activos externos (RIN), la tasa de interés nominal y real, y términos de intercambio a una reducción transitorio no anticipado en 22% respecto a su tendencia de la tasa de interés de referencia del banco central o aquella que surja de las operaciones monetarias.

**Gráfico 6: RESPUESTAS A IMPULSOS:
SHOCK EN LA TASA DE INTERÉS NOMINAL**



Elaboración: Propia con información del BCB e INE

Las respuestas son consistentes con los mecanismos de transmisión contenidos en el modelo. Así, una reducción en la tasa de interés nominal por operaciones del banco central, debido a que los precios se ajustan lentamente, genera una caída en la tasa de interés real. A su vez, la menor tasa de interés real crea una expansión marginal en el consumo como se observa en el gráfico, pero se converge rápidamente después del *shock* lo cual puede ser explicado por el racionamiento del crédito en el caso de la economía boliviana.

Asimismo, la depreciación cambiaria genera un incremento marginal en las exportaciones debido a la reducción en su precio relativo que las hace más baratas que los productos producidos fuera del país. En el gráfico puede verse la mejora en la acumulación de activos externos.

La respuesta conjunta del consumo y las exportaciones netas determinan la respuesta del PIB. Tal como se muestra en el gráfico, el PIB responde al *shock* de política monetaria, alcanzando su nivel máximo en el primer trimestre y luego revirtiendo a su senda de crecimiento de largo plazo gradualmente. El modelo implica que luego del *shock*, el PIB se incrementa respecto a su tendencia de largo plazo en 50% respecto a su tendencia. Consistente con la evolución del PIB

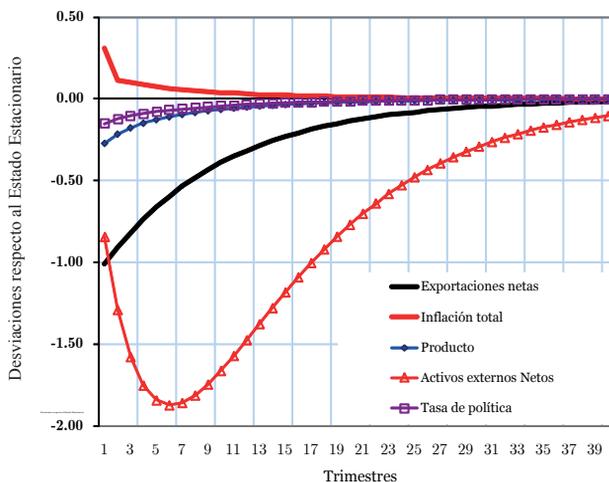
por el lado de la demanda, la inflación doméstica se incrementa en 40 puntos porcentuales de su tendencia de largo plazo. Luego converge gradualmente a su tendencia en aproximadamente 3 trimestres.

Adicionalmente, la persistencia del impacto del *shock* de política monetaria en la inflación se determina por el grado de indexación de los precios tanto domésticos como externos y por el grado de persistencia de la tasa de interés de corto plazo.

b. Shock Externo

Para evaluar el impacto de un *shock* externo en la economía, en esta sub-sección se analiza cómo cambian las respuestas de la inflación, el producto, el consumo, las tasas de interés, los términos de intercambio y los activos externos ante un *shock* externo caracterizado por un incremento de las exportaciones netas en 50 puntos básicos respecto a su tendencia.

Gráfico 7: RESPUESTAS A IMPULSOS:
SHOCKS EN LAS EXPORTACIONES NETAS



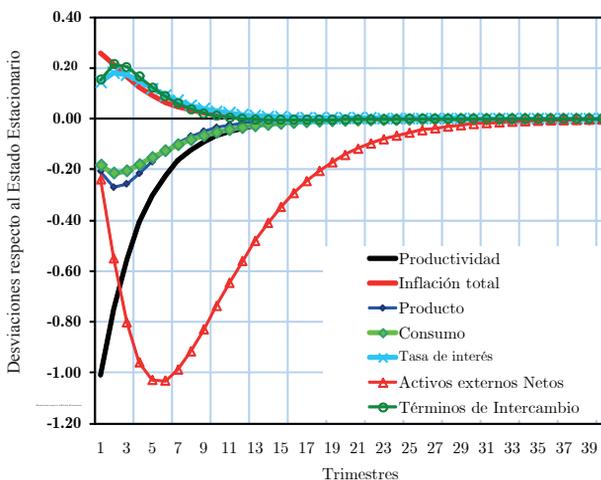
Elaboración: Propia con información del BCB e INE

Tal como se puede observar en el Gráfico 7, los principales efectos de una reducción en las exportaciones netas serían el incremento del producto en 20% respecto a su tendencia y un efecto rezagado sobre el consumo que alcanza su máximo en el trimestre 15. Producto de una menor demanda por exportación se experimenta un deterioro en los términos de intercambio y en la posesión de activos externos de 40% y 80% respecto a su tendencia, respectivamente. Por otro lado, este *shock* externo genera una depreciación nominal que junto a la contracción en el PIB incrementa la inflación en 25% respecto a su tendencia natural.

c. Shock en la productividad

En esta sub-sección se evalúa el impacto de un *shock* tecnológico adverso en el conjunto de variables que hasta ahora se han reportado en los gráficos.

Gráfico 8: RESPUESTAS A IMPULSOS:
SHOCK TECNOLÓGICO



Elaboración: Propia con información del BCB e INE

Una característica del *shock* tecnológico es que genera menos persistencia en el modelo tal como se puede observar en el Gráfico 8, donde se observa que las variables convergen a su estado natural en casi 10 trimestres luego de sufrir el *shock*.

Los principales efectos de un incremento en la productividad son la reducción en el producto en 21% y un efecto contemporáneo sobre el consumo de 20% respecto a su tendencia, respectivamente. El consumo se modera respecto al comportamiento del PIB dada la reducción de la tasa de interés real por las mayores expectativas de inflación. Por otro lado, una menor producción/renta en la economía genera menores importaciones con la consecuente mejora en los términos de intercambio que se incrementan en 18% respecto a su tendencia.

Consistente con el *shock* de productividad negativo que afecta a la oferta, la inflación doméstica se incrementa en 24% respecto a tendencia de largo plazo. Luego converge gradualmente a su tendencia en aproximadamente 11 trimestres.

d. Respuestas de política monetaria a shocks

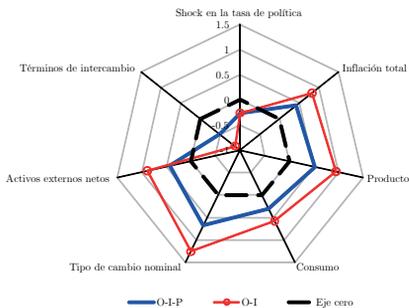
Esta sección evalúa la reacción de las variables de interés del modelo en particular la respuesta de la política monetaria a los tres tipos de *shock* presentados (monetario, externo y productividad) contrastando los resultados del modelo calibrado para la economía boliviana cuya autoridad monetaria persigue objetivos de inflación y producto (O-I-P) respecto a una situación hipotética en la cual el banco central únicamente persigue objetivos de inflación (O-I). Los resultados del ejercicio se resumen a continuación:

- Bajo un esquema O-I un shock monetario que reduzca la tasa de interés nominal dinamiza el producto, consumo y la acumulación de activos, pero también la inflación. En cambio, un esquema O-I-P no solo estabiliza el producto, consumo y acumulación de activos, sino también la inflación de forma más eficiente que el esquema que justamente tiene como único objetivo la estabilización de los precios. Este hallazgo sugiere que la autoridad monetaria hizo lo correcto en ampliar los objetivos de política no velando

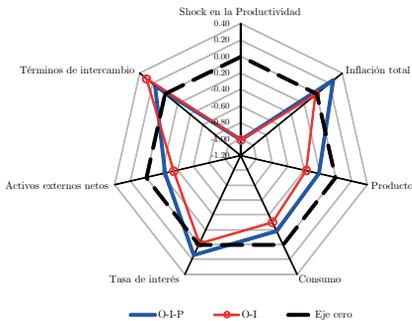
únicamente el poder adquisitivo de la moneda nacional, sino también promoviendo la estabilidad del producto y el crecimiento económico (Gráfico 9a).

- Una caída en las exportaciones netas en un esquema O-I-P genera un mayor nivel de inflación, pero mitiga de mejor manera las caída en el producto, consumo y acumulación de activos externos, aunque para ello es necesaria una depreciación nominal y una caída mayor en las tasas de interés que en un esquema O-I (Gráfico 9b).
- Ante un *shock* adverso en la productividad la inflación resultante es mayor en un esquema O-I-P, pero mitiga mejor con un incremento marginal en la tasa de interés los efectos adversos sobre el producto, consumo y acumulación de activos externos que en un esquema O-I (Gráfico 9c).

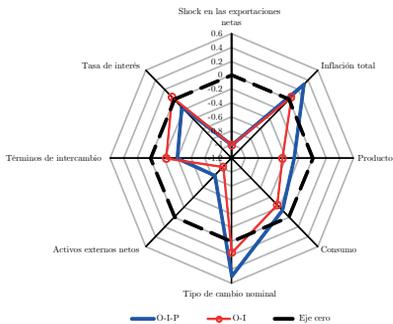
Gráfico 9: RESPUESTAS DE POLÍTICA MONETARIA A SHOCKS
(a) Shock en la tasa de interés nominal



(b) Shocks en las exportaciones netas



(c) Shock Tecnológico o productividad



Elaboración: Propia

IV. Conclusiones

En este documento se ha desarrollado un Modelo de Equilibrio General Dinámico Estocástico (MEGDE), el cual ha sido calibrado para replicar algunas regularidades empíricas de la economía boliviana. En particular, el modelo reporta un buen desempeño para explicar correlaciones, desviaciones estándar y autocorrelaciones de las principales variables macroeconómicas. Sin embargo, quedan pendientes la incorporación de algunos agentes y sectores económicos.

En particular, este documento utiliza el modelo para identificar la relación entre una tasa de interés de referencia del banco central (LT 13 semanas) que surja de las operaciones monetarias con el producto, consumo, exportaciones netas, términos de intercambio, tipo de cambio nominal, reservas internacionales, entre las más importantes, tras un *shock* en la economía. Analizando las funciones impulso-respuesta a tres *shocks* adversos simulados (monetario, externo y productivo) se concluye que aquellos que afectan a la productividad y al sector externo tienen un comportamiento persistente sobre la economía a diferencia de los *shocks* monetarios cuyo efecto se disipa en el corto plazo.

En particular, las decisiones de política monetaria en este esquema no solamente deben orientarse a emplear sus instrumentos con el objetivo de controlar la inflación sino que además debe procurar mantener estabilidad en la economía. Al respecto los resultados de la simulación comparativa entre O-I-P vs O-I nos sugieren que una regla que considera objetivos de inflación y producto se ajusta mejor a la realidad reciente de una economía pequeña y abierta como la boliviana. Es decir, la autoridad no solamente reaccionó a desviaciones de la inflación sino también a variaciones del producto. Esta postura monetaria contracíclica ayuda a estabilizar los precios de manera más eficiente que con una autoridad monetaria que solo se preocupa por la inflación.

Los efectos de la crisis económica internacional pusieron de manifiesto que los bancos centrales deben, con los instrumentos con los que disponen coadyuvar en la estabilización del producto. En el corto plazo no tiene por qué existir un conflicto irremediable entre el crecimiento económico y el control de la inflación si la política monetaria se conduce prudentemente.

Finalmente, la estructura del modelo presentado es bastante flexible y por ello permite ser ampliada para incorporar otros elementos que se consideren importantes en una economía para mejorar el modelo y hacer un mejor análisis y simulaciones de política.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beneš, J., T. Hlédik, M. Kumhof and D. Vávra, (2005). "An Economy in Transition and DSGE: What the Czech National Bank's New Projection Model Needs", Czech National Bank, Monetary and Statistics, Research Department, Working Paper 2005/12, December.
- Buncic, D. and M. Melecky, (2008). "An Estimated New Keynesian Policy Model for Australia", *The Economic Record*, 84 (264), pp. 1-16.
- Calvo, G. (1983). "Staggered Prices in a Utility-Maximizing Framework," *Journal of Monetary Economics*, 12(3), pp. 383-398.
- Camilo E Tovar, (2008). "DSGE models and central banks," BIS Working Papers 258, Bank for International Settlements.
- Cerezo, S., (2009). "Las Tasas de Interés como Canal de Transmisión de la Política Monetaria en Bolivia" Documento de Trabajo no publicado.
- Cernadas L y R. Aldazosa, (2009). "Estimación de una función de reacción para la política monetaria en Bolivia". Documento de trabajo no publicado, Banco Central de Bolivia.
- Christiano, L., M. Eichenbaum and C. Evans, (2005). "Nominal rigidities and the dynamic effects to a shock of monetary policy", *Journal of Political Economy*, 113: 1-45
- Da Silveira, M. A. C., (2006). "A Small Open Economy as a Limit Case of a Two-Country New Keynesian DSGE Model: A Bayesian Estimation with Brazilian Data", Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Texto para Discussão No 1252a, December.
- Dib, A., M. Gammoudi and K. Moran, (2008). "Forecasting Canadian time series with the New Keynesian model", *The Canadian Journal of Economics*, 41(1) pp. 138-165.

- DiCecio, R. and E. Nelson, (2007). "An estimated DSGE model for the United Kingdom", Federal Reserve Bank of St. Louis, Working Paper 2007-006B, February.
- Duncan Brack (Ed.), (1997). *Trade and Environment: Conflict or Compatibility?*, Royal Institute of International Affairs.
- Galí, J. y M. Gertler, (2007). "Macroeconomic Modeling for Monetary Policy Evaluation", *Journal of Economic Perspectives*, 21(4), pp. 25-45.
- Galí, J., M. Gertler and J.D. López-Salido, (2001). "European Inflation Dynamics", *European Economic Review* 45, 1237-1270.
- Hamann, F., J. Pérez and D. Rodríguez, (2006). "Bringing a DSGE model into policy environment in Colombia", Conference Paper, Central Bank of Chile, September.
- Ireland, P., "The Monetary Transmission Mechanism". en Blume L. y S. Durlauf, (Eds.), *The New Palgrave Dictionary of Economics* (2005), 2da. Edición, Palgrave Macmillan Ltd.
- Kolasa, M., (2008). "Structural heterogeneity or asymmetric shocks? Poland and the euro area through the lens of a two-country DSGE model", National Bank of Poland, Working Paper No. 49, July.
- Kuttner, K. y P. Mosser, (2002). "The Monetary Transmission Mechanism: Some Answers and Further Questions", *FRBNY Economic Policy Review*, Federal Reserve Bank of New York, pp. 15-22.
- Kydland, F. and E. Prescott, (1982). "Time to build and aggregate fluctuations", *Econometrica*, 50(6), pp. 1345-1370.
- Liu, P., (2006). "A Small New Keynesian Model of the New Zealand economy", Reserve Bank of New Zealand, Discussion Paper Series, DP 2006/03, May.

- Lucas, J. R., "Econometric policy evaluation: a critique", en Brunner K. and A. Meltzer (Eds.), *The Phillips curve and labor markets*, (1976), North Holland pp.19-46.
- Lucas, E. y T.J. Sargent, (1979). "After keynesian macroeconomics", *Quarterly Review*, Federal Reserve Bank of Minneapolis, 3(2), pp. 1-16.
- McCallum, B. T y E. Nelson, (1999). "An Optimizing IS-LM Specification for Monetary Policy and Business Cycle Analysis," *Journal of Money, Credit and Banking*, 31(3), pp. 296-316.
- Medina, J. P. and C. Soto., (2006). "Model for Analysis and Simulations: A Small Open Economy DSGE for Chile", Preliminary Version, Conference Paper, Central Bank of Chile, September.
- Mies, V., F. Morandé, y M. Tapia, (2002). "Política Monetaria y Mecanismos de Transmisión: Nuevos Elementos para una Vieja Discusión", Working Papers, Central Bank of Chile 181, Central Bank of Chile, septiembre.
- Mishkin, Frederic S., "Understanding Financial Crises: A Developing Country Perspective," en Bruno, M. and B. Pleskovic (Eds), *Annual World Bank Conference on Development Economics* (1996), pp. 22-52.
- Negro, M. D., F. Schorfheide, F. Smets and R. Wouters, (2005). "On the fit and forecasting performance of New- Keynesian models", European Central Bank, Working Paper Series 491, June.
- Peiris, S. J. and M. Saxegaard, (2007). "An Estimated DSGE Model for Monetary Policy Analysis in Low-Income Countries", IMF Working Paper No. 07/282, December
- Rodriguez H., (2007). "Estimación del producto potencial para Bolivia" Manuscrito, Banco Central de Bolivia.
- Sadeq, T., (2008). "Bayesian estimation of a DSGE model and optimal monetary policy for central Europe transition countries", Memo, EPEE, Université d.Evry Val d.Essonne

- Schwartz, A., (1998). "The Interrelation of Wage Series of Firms to Each Other Land and to the Series of their Employment Level. Facts from Microdata," Papers, pp. 23-98, Tel Aviv.
- Smets, F., and R. Wouters, (2003). "An estimated Dynamic Stochastic General Equilibrium Model of the Euro Area", *Journal of the European Economic Association*, 1(5), pp. 1123–1175.
- Taylor, J. B., (1980). "Aggregate Dynamics and Staggered Contracts" *Journal of Political Economy*, 88(1), pp. 1-23.
- Tovar, C. E., (2005). "The mechanics of devaluations and the output response in a DSGE model: how relevant is the balance sheet effect?", Bank for International Settlements, BIS Working Papers No. 192, November.
- Valdivia D.,(2008) Es Importante la Fijación de Precios para Entender la Dinámica de la Inflación en Bolivia? INESAD, WP 02/2008, febrero.

APÉNDICE A: Derivación de la canasta óptima de consumo

Derivación de las canastas $Y_{D,t}(c)$ y $Y_{F,t}(c)$

El problema del consumidor es elegir la canasta de consumo $Y_{D,t}(c)$ y $Y_{F,t}(c)$ que minimice el gasto en estos bienes, dados los precios $P_{D,t}$ y $P_{F,t}$, sujeto al índice del consumo (C_t):

$$\text{Min } P_{c,t}C_t = P_{D,t}Y_{D,t}(c) + P_{F,t}Y_{F,t}(c) \quad (\text{A1})$$

$$\text{Sujeto a : } C_t = \left[\gamma_c^{1/\eta_c} (Y_{D,t}(c))^{\frac{(\eta_c-1)}{\eta_c}} + (1-\gamma_c)^{1/\eta_c} (Y_{F,t}(c))^{\frac{(\eta_c-1)}{\eta_c}} \right]^{\frac{\eta_c}{(\eta_c-1)}}$$

El lagrangeano de este problema es:

$$L = P_{c,t}C_t - \lambda_c \left\{ C_t - \left[\gamma_c^{1/\eta_c} (Y_{D,t}(c))^{\frac{(\eta_c-1)}{\eta_c}} + (1-\gamma_c)^{1/\eta_c} (Y_{F,t}(c))^{\frac{(\eta_c-1)}{\eta_c}} \right]^{\frac{\eta_c}{(\eta_c-1)}} \right\} \quad (\text{A2})$$

Donde λ_c es el multiplicador lagrangeano de este problema. Las condiciones de primer orden son respecto al consumo doméstico ($Y_{D,t}(c)$):

$$P_{D,t} = \lambda_c (C_t)^{1/\eta_c} (\gamma_c)^{1/\eta_c} (Y_{D,t}(c))^{-1/\eta_c} \quad (\text{A3})$$

respecto al consumo importado ($Y_{F,t}(c)$):

$$P_{F,t} = \lambda_c (C_t)^{1/\eta_c} (1-\gamma_c)^{1/\eta_c} (Y_{F,t}(c))^{-1/\eta_c} \quad (\text{A4})$$

y respecto al consumo total (C_t):

$$P_{c,t} = \lambda_c \quad (\text{A5})$$

Se reemplaza λ_c y se resuelve para $Y_{D,t}(c)$ y $Y_{F,t}(c)$

$$Y_{D,t}(c) = \gamma_c \left(\frac{P_{D,t}}{P_{c,t}} \right)^{-\eta_c} C_t \quad Y_{F,t}(c) = (1-\gamma_c) \left(\frac{P_{F,t}}{P_{c,t}} \right)^{-\eta_c} C_t \quad (\text{A6})$$

Si se reemplaza las funciones de demanda en el índice de consumo se obtiene el índice de precios al consumidor:

$$P_{c,t} = \left[\gamma_c P_{D,t}^{(1-\eta_c)} + (1-\gamma_c) P_{F,t}^{(1-\eta_c)} \right]^{\frac{1}{(1-\eta_c)}} \quad (\text{A5})$$

APÉNDICE B: Estado Estacionario

Se utiliza la notación de variables sin sub-índices de tiempo para nombrar a las variables en estado estacionario. Dado que todas las variables son estacionarias, de la ecuación de Euler se obtiene la tasa de interés nominal en estado estacionario:

$$(1 + i) = \beta^{-1} \quad (B1)$$

El salario real es igual al inverso del *mark up*:

$$\frac{W}{P_D} = \frac{\varepsilon_D - 1}{\varepsilon_D} \quad (B2)$$

Por otra parte los precios relativos se definen como:

$$\frac{P_c}{P_D} = \left[\gamma_c + (1 - \gamma_c) \left(\frac{P_F}{P_D} \right)^{1-\eta_c} \right]^{\frac{1}{\eta_c-1}} \quad (B3)$$

Se había definido el *pass-through* perfecto por lo que:

$$\frac{P_F}{P_D} = \frac{e}{P_D} = \frac{1}{TOT} \quad (B4)$$

Además, considerando la condición de primer orden para el trabajo, tenemos el empleo de estado estacionario:

$$L = \frac{\gamma_c \left(\frac{P_D}{P_c} \right)^{-\eta_c} \left(\frac{W}{P_D} \right) \left(\frac{P_D}{P_c} \right)}{1 + \gamma_c \left(\frac{P_D}{P_c} \right)^{-\eta_c} \left(\frac{W}{P_D} \right) \left(\frac{P_D}{P_c} \right) - \left(\frac{P_D}{e} \right)^{-\eta_c^*} C_Y^*} \quad (B5)$$

En estado estacionario normalizamos la tecnología igual a uno y por tanto la producción doméstica es igual al empleo:

$$Y_D = 1 * L \quad (B6)$$

De la oferta de trabajo se obtiene la relación de estado estacionario para el consumo:

$$C = \frac{W}{P_D} \frac{P_D}{P_c} [1 - L] \quad (B7)$$

Los activos internacionales netos reales de estado estacionario vienen a ser:

$$AINR = -\frac{1}{i} \left[\frac{P_D}{P_C} Y_D - C \right] \quad (B8)$$

