Universidad Torcuato Di Tella
Departamento de Economía
Maestría en Economía

# Un Modelo de Equilibrio General Dinámico y Estocástico con Rigideces Nominales para la Economía Uruguaya

Autor: Ernesto Pienika

Tutor: Martin González Rozada

Junio 2014

# Abstract

Utilizando un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico con rigideces nominales calibrado para la economía uruguaya se analizan los efectos derivados de diferentes shocks exógenos transitorios y de la implementación de distintas reglas de política monetaria. En particular se construye un modelo neo keynesiano con rigideces de precios a la Calvo siguiendo los trabajos de Cubas (2011) y Escudé (2009) extendiendo los mismos para evaluar la implementación de una regla de política para la tasa de interés nominal en la que el Banco Central responde a los desvíos contemporáneos y rezagados de la inflación respecto de su nivel objetivo, así como a los desvíos contemporáneos del producto y el tipo de cambio real respecto de sus valores de estado estacionario no estocástico. El modelo incluye también un sector primario exportador sujeto a shocks climáticos que afectan exógenamente su nivel de producción y un gobierno central que tiene acceso al mercado financiero internacional para financiar su déficit presupuestal. Los resultados indican que la implementación de este tipo de regla de política permite una convergencia más acelerada de la tasa de inflación a su nivel objetivo al tiempo que el producto presenta una evolución similar a la que resulta de tener una regla de Taylor tradicional. Los efectos encontrados ante un incremento en el componente aleatorio exógeno en la prima de riesgo que paga el gobierno por su endeudamiento son estándar, generando un incremento inicial en la tasa de interés nominal y el tipo de cambio real y caídas en el producto y la inflación, para luego converger al estado estacionario inicial. Mientras que un shock climático negativo que reduce la producción disponible en el sector primario-exportador reduce el producto y la inflación al tiempo que eleva transitoriamente el endeudamiento externo para financiar el deterioro en la balanza comercial.


Palabras Clave: Modelo de equilibrio general dinámico y estocástico, rigideces de precios, política monetaria, prima de riesgo, shock climático.

# Indice

# 1 Introducción

El propósito del presente trabajo es la elaboración y calibración de un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico con rigideces nominales para la economía uruguaya que reproduzca los principales hechos estilizados de las variables macroeconómicas y permita el análisis de los efectos de diferentes shocks exógenos y políticas monetarias sobre las mismas.

Los modelos microfundados de equilibrio general dinámico y estocástico con rigideces nominales permiten el análisis de las relaciones endógenas entre las principales variables macroeconómicas y su respuesta ante diferentes shocks exógenos. Los desarrollos recientes en teoría monetaria ofrecen un marco teórico para el estudio de la implementación de diferentes reglas de política monetaria. Desde el aporte de Taylor (1993) en el que deriva una regla de política monetaria simple como función lineal de la inflación y el output gap, han surgido más recientemente estudios con reglas más complejas basadas en la evidencia empírica. En Dolado, Pedrero y Ruge-Murcia (2004) por ejemplo se derivan reglas de política monetaria óptimas no lineales en el marco de un Banco Central con preferencias cuadráticas o funciones de oferta agregada no lineales. En Davig y Leeper (2006) se desarrolla una política monetaria bajo cambio de régimen endógeno, en la que la regla de política monetaria asigna diferentes ponderaciones a los objetivos del Banco Central en función del estado de la economía.

El modelo planteado en este trabajo es una extensión de los modelos desarrollados en Cubas (2011) y Escudé (2009). Estos últimos son adecuaciones del modelo DSGE con rigideces nominales para economías pequeñas y abiertas, a las particularidades relevantes de las economías de Uruguay y Argentina. Una de las extensiones del modelo desarrollado en este trabajo es incluir una regla de política monetaria que refleja un régimen de objetivos de inflación flexible en el sentido que el Banco Central responde más agresivamente con la política monetaria cuando la tasa de inflación en el pasado se encuentra por encima de su nivel objetivo, que cuando la tasa de inflación se encuentra por debajo. Estas preferencias asimétricas de la autoridad monetaria se reflejaran en una regla de política que tiene en cuenta el estado de la economía en el pasado. Adicionalmente se asume que el Banco Central interviene en el mercado cambiario de forma de estabilizar los movimientos en el tipo de cambio real. Las otras extensiones del modelo son asumir que el gobierno central posee acceso a financiamiento en el mercado financiero internacional y que el sector exportador de la economía está conformado por firmas del sector primario que se encuentran sujetas a shocks transitorios que reflejan los efectos del clima sobre el nivel de producción.

El resto del documento se organiza de la siguiente manera. En el próximo apartado se presenta el modelo desarrollado, incluyendo las reglas de política monetaria planteadas. En la sección 3 y 4 se presentan las condiciones que garantizan el equilibrio de las variables de la economía y sus valores de estado estacionario. En la sección 5 se formula y deriva la solución loglineal del modelo entorno al estado estacionario no estocástico y las leyes de movimiento resultantes. En la sección 6 se realiza el análisis de las funciones impulso respuesta y se comparan los resultados obtenidos con los que surgen de utilizar la regla de Taylor tradicional. Por último en la sección 7 se resumen las principales conclusiones obtenidas.

# 2 El modelo

Como se mencionó previamente se desarrolla en este trabajo una extensión de los modelos DSGE para economías pequeñas y abiertas con rigideces nominales presentados en Cubas (2011) y Escudé (2009) para las economías Uruguaya y Argentina respectivamente. Las principales extensiones a estos modelos refieren a las reglas de política monetaria utilizadas, la restricción presupuestaria del gobierno consolidado y la tecnología de producción del sector agro-exportador. A continuación se detallan y derivan las ecuaciones que reflejan el equilibrio de los agentes de la economía.

## 2.1 Hogares

La economía se encuentra conformada por un continuo de hogares con horizonte temporal infinito en el intervalo $[0,1]$. Los hogares ofrecen su trabajo de forma competitiva y derivan su utilidad del consumo de bienes de consumo producidos domésticamente, de bienes de consumo importados y del ocio. Estos hogares demandan dinero en moneda local para reducir costos de transacción. Se asume que los costos de transacción son una función $\tau_M(\omega_t)$ decreciente y convexa del ratio entre la cantidad de dinero y el gasto de consumo $(\omega_t)$, donde:

$$\omega_t = \frac{M_t^0}{P_t^c C_t} \tag{1}$$

$$\tau'_M(\omega_t) < 0,\ \tau''_M(\omega_t) > 0 \tag{2}$$

La canasta de consumo $C_t$ se conforma por bienes producidos domésticamente y por bienes finales importados y $P_t^c$ es el índice de precios del consumo doméstico. Siendo $P_t$ el índice de precios doméstico, se tiene la siguiente expresión para $\omega_t$ :

$$\omega_t = \frac{m_t^0}{p_t^c C_t} \tag{3}$$

donde $m_t^0 = \frac{M_t^0}{P_t}$ es la cantidad real de dinero en poder de los hogares y $p_t^c = \frac{P_t^c}{P_t}$ es el precio relativo del consumo doméstico.

Los hogares mantienen depósitos $D_t$ en moneda doméstica con vencimiento de un período en los bancos comerciales. Se asume que el Banco Central asegura completamente estos depósitos a través de un seguro de depósitos completo por lo que estos depósitos pagan una tasa $i_t$ libre de riesgo a los hogares.

### 2.1.1 El problema del Hogar

Los hogares maximizan una función de utilidad inter-temporal con separabilidad aditiva entre la canasta de bienes de consumo y el ocio.

$$E_t \sum_{j=0}^{\infty} \beta^j \left[ z_{t+j}^c \frac{C_{t+j}^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \frac{h_{t+j}^{1+\chi}}{1+\chi} \right] \tag{4}$$

donde $\beta$ es el factor de descuento intertemporal, $h_t$ es la cantidad de trabajo, $\chi$ es la inversa de la elasticidad de sustitución de la oferta de trabajo respecto al salario real y $z_t^c$ es un shock sobre las preferencias común a todos los hogares. La canasta de consumo es una agregación CES del bien de consumo producido domésticamente y del bien de consumo importado.

$$C_t = \left( a_D^{\frac{1}{\theta^c}} \left(C_t^D\right)^{\frac{\theta^c - 1}{\theta^c}} + a_N^{\frac{1}{\theta^c}} \left(C_t^N\right)^{\frac{\theta^c - 1}{\theta^c}} \right)^{\frac{\theta^c}{1-\theta^c}} \tag{5}$$

donde $C_t^D$ es la canasta de consumo del bien producido domésticamente y $C_t^N$ es la canasta de consumo del bien importado, $\theta^c$ es la elasticidad de sustitución entre ambos y se cumple que $a_D + a_N = 1$.

Las canastas de consumo del bien doméstico y del bien importado son también agregaciones CES de $i$ variedades de los mismos.

$$C_t^D = \left( \int_0^1 C_t^D(i)^{\frac{\theta-1}{\theta}} di \right)^{\frac{\theta}{\theta-1}}, \theta > 1 \tag{6}$$

$$C_t^N = \left( \int_0^1 C_t^N(i)^{\frac{\theta^N-1}{\theta^N}} di \right)^{\frac{\theta^N}{\theta^N-1}}, \theta^N > 1 \tag{7}$$

De esta forma el gasto total de consumo es $P_t^c C_t = P_t C_t^D + P_t^N C_t^N$, por lo que dado un nivel de consumo $C_t$ y de la minimización del gasto total sujeto a (5) se obtienen los índices de precios para ambos tipos de bienes y para la canasta de consumo agregado.

$$P_t = a_D^{\frac{1}{\theta^c}} \left( \frac{C_t^D}{C_t} \right)^{-\frac{1}{\theta^c}} P_t^c \tag{8}$$

$$P_t^N = a_N^{\frac{1}{\theta^c}} \left( \frac{C_t^N}{C_t} \right)^{-\frac{1}{\theta^c}} P_t^c \tag{9}$$

$$P_t^c = \left( a_D \left(P_t\right)^{1-\theta^c} + a_N \left(P_t^N\right)^{1-\theta^c} \right)^{\frac{1}{1-\theta^c}} \tag{10}$$

Luego las participaciones del gasto en el bien doméstico y en el bien importado en el gasto de consumo total son:

$$a_D = \frac{P_t C_t^D}{P_t^C C_t} = \frac{C_t^D}{p_t^C C_t}, \quad a_N = 1 - a_D = \frac{P_t^N C_t^N}{P_t^C C_t} = \frac{p_t^N C_t^N}{p_t^C C_t} \tag{11}$$

De forma similar se obtienen los precios para cada una de las variedades de los bienes.

$$P_t\left(i\right)=\left(\frac{C_t^D\left(i\right)}{C_t}\right)^{-\frac{1}{\theta^c}}P_t \tag{12}$$

$$P_t^N\left(i\right)=\left(\frac{C_t^N\left(i\right)}{C_t}\right)^{-\frac{1}{\theta^c}}P_t^N \tag{13}$$

Finalmente de las ecuaciones (10) y (11) es posible obtener una expresión para la inflación de los bienes de consumo $\pi_t^c$.

$$\pi_t^c=\left[\frac{a_D}{a_D+a_N\left(p_{t-1}^N\right)^{1-\theta^c}}\left(\pi_t\right)^{1-\theta^c}+\left(1-\frac{a_D}{a_D+a_N\left(p_{t-1}^N\right)^{1-\theta^c}}\right)\left(\pi_t^N\right)^{1-\theta^c}\right]^{\frac{1}{1-\theta^c}} \tag{14}$$

Los hogares eligen la combinación optima de consumo $(C_t)$ , trabajo $(h_t)$, depósitos $(D_t)$ y cantidad de dinero $\left(M_t^0\right)$ que maximiza su utilidad inter-temporal sujeta a la siguiente restricción presupuestal.

$$\frac{M_t^0}{P_t}-\frac{D_t}{P_t}+\left[1+\tau_M\left(\frac{\frac{M_t^0}{P_t}}{p_t^cC_t}\right)\right]p_t^cC_t=\frac{\Pi_t}{P_t}+\frac{W_t}{P_t}h_t-\frac{T_t}{P_t}+\frac{\Upsilon_t}{P_t}+\frac{M_{t-1}^0}{P_t}+\left(1+i_{t-1}\right)\frac{D_{t-1}}{P_t} \tag{15}$$

Donde $\Pi_t$ es el beneficio que reciben los hogares como propietarios de las firmas, $W_t$ es el salario que perciben por el trabajo ofrecido, $\Upsilon_t$ es el ingreso percibido por los activos contingentes en poder del hogar, $T_t$ son impuestos de suma fija e $i_{t-1}$ es la tasa de interés que remunera los depósitos realizados el período anterior en los bancos comerciales.

Las condiciones de primer orden del problema del consumidor son:

$$(C_t):z_t^cC_t^{-\sigma}=\lambda_tp_t^c\varphi_M \tag{16}$$

$$(D_t):\lambda_t=\beta\left(1+i_t\right)E_t\left(\frac{\lambda_{t+1}}{\pi_{t+1}}\right) \tag{17}$$

$$\left(M_t^0\right):\lambda_t\left[1+\tau_M'\left(\omega\right)\right]=\beta E_t\left(\frac{\lambda_{t+1}}{\pi_{t+1}}\right) \tag{18}$$

$$(h_t):\frac{W_t}{P_t}=\frac{h_t^\chi}{\lambda_t} \tag{19}$$

$$\lim_{T\to\infty}\beta^TD_t=0 \tag{20}$$

La función $\varphi_M\left(.\right)$ mide el efecto en el gasto total de un incremento marginal en el consumo y se asume la siguiente forma funcional:

$$\varphi_M = 1 + \tau_M - \tau'_M \omega_t \tag{21}$$

Se asume la siguiente forma funcional para los costos de transacción:

$$\tau_M = a_M \omega_t + \omega_t^{-b_M} - c_M \tag{22}$$

Para simplificar la notación se utilizan las siguientes funciones auxiliares que surgen de las ecuaciones (17) y (18):

$$L(1+i_t) = (-\tau_M)^{-1} \left(1 - \frac{1}{1+i_t}\right) \tag{23}$$

$$\widetilde{\varphi}(1+i_t) = \varphi_M(L(1+i_t)) \tag{24}$$

$$\widetilde{\tau_M}(1+i_t) = \tau_M(L(1+i_t)) \tag{25}$$

Por último es posible obtener la ecuación de Euler para el consumo y la oferta de trabajo a partir de las ecuaciones (16), (17) y (19).

$$\beta(1+i_t) E_t \left(\frac{z_{t+1}^c}{z_t^c}\right) = E_t \left(\frac{C_{t+1}}{C_t}\right)^{\sigma} \frac{\widetilde{\varphi}(1+i_{t+1})}{\widetilde{\varphi}(1+i_t)} \pi_{t+1}^c \tag{26}$$

$$\frac{W_t}{P_t} = h_t^{\chi} C_t^{\sigma} p_t^c \widetilde{\varphi}(1+i_t) / z_t^c \tag{27}$$

## 2.2 Las Firmas

### 2.2.1 Firmas Productoras del bien doméstico final

Estas firmas operan en un mercado competitivo del bien final. La producción del bien final $(Q_t)$ se obtiene combinando a través de una tecnología CES un continuo de bienes intermedios.

$$Q_t = \left(\int_0^1 Q_t(i)^{\frac{\theta-1}{\theta}} di\right)^{\frac{\theta}{\theta-1}} \tag{28}$$

donde $Q_t(i)$ es la producción del bien intermedio por parte de la firma $i$ y $\theta$ es la elasticidad de sustitución entre las variedades de bienes intermedios $(\theta > 0)$.

El problema de la firma representativa es el siguiente.

$$\max_{Q_t(i)} P_t \left(\int_0^1 Q_t(i)^{\frac{\theta-1}{\theta}} di\right)^{\frac{\theta}{\theta-1}} - \int_0^1 P_t(i) Q_t(i) di \tag{29}$$

de donde surgen las demandas de los insumos intermedios y el precio del bien doméstico.

$$Q_t(i) = Q_t \left( \frac{P_t(i)}{P_t} \right)^{-\theta} \tag{30}$$

$$P_t = \left( \int_0^1 P_t(i)^{1-\theta} \, di \right)^{\frac{1}{1-\theta}} \tag{31}$$

### 2.2.2 Firmas Productoras del bien intermedio

Las firmas productoras del bien intermedio operan en condición de competencia monopolística de forma que cada una posee cierto poder de mercado para la fijación del precio y se asume que no hay entrada ni salida de firmas. Cada firma del sector obtiene su producción a partir de la aplicación de insumos importados $\left(N_t^D\right)$ y trabajo a través de la misma tecnología de producción Cobb-Douglas.

$$Q_t(i) = \varepsilon_t \left(h_t(i)\right)^{b^q} \left(N_t^D(i)\right)^{1-b^q} \tag{32}$$

donde $\varepsilon_t$ es un shock tecnológico común a todas las firmas del sector y $b^q$ es la participación del trabajo en la producción.

Siguiendo a Neumeyer y Perry (2005) se asume que las firmas del sector precisan capital de trabajo al final del período $t-1$ para llevar adelante su plan de producción en $t$. Se asume que un porcentaje $\xi$ de los costos de la firma se financian a través de un préstamo de los bancos comerciales locales pagando una tasa de interés $i^L$. De esta forma se logra tener un efecto negativo ante un aumento en la tasa de interés sobre la demanda de insumos y la producción. De esta forma el costo variable de la firma $i$ es: $\left(1+\xi i_t^L\right)\left[W_t h_t(i) + P_t^N N_t^D(i)\right]$.

El problema de minimización de costos de la firma $i$ es:

$$\begin{aligned} & \min_{h_{t(i)}, N_t^D(i)} \left(1+i_t^L\right)\left[W_t h_t(i) + P_t^N N_t^D(i)\right] \\ & s.a. \\ Q_t(i) \quad = \quad & Q_t \left( \frac{P_t(i)}{P_t} \right)^{-\theta} = \varepsilon_t \left(h_t(i)\right)^{b^q} \left(N_t^D(i)\right)^{1-b^q} \end{aligned}$$

Las condiciones de primer orden del problema son:

$$(h_t) : \left(1+\xi i_t^L\right) W_t h_t = b^q MC_t Q_t \tag{33}$$

$$\left(N_t^D\right) : \left(1+\xi i_t^L\right) P_t^N N_t^D = \left(1-b^q\right) MC_t Q_t \tag{34}$$

donde $MC_t$ es el multiplicador de lagrange. Combinando (33) y (34) . :

$$\left(1+\xi i_t^L\right)\left(w_t h_t + p_t^N N_t^D\right) = mc_t Q_t \tag{35}$$

donde $w_t = \frac{W_t}{P_t}$, $p_t^N = \frac{P_t^N}{P_t}$, $mc_t = \frac{MC_t}{P_t}$.

Finalmente combinando (33), (34) , (35) y (32) se obtienen las demandas de trabajo e insumos importados así como la demanda de créditos bancarios y la siguiente expresión para el costo marginal real.

$$
\begin{aligned}
mc_t &= \frac{1}{\varepsilon_t \kappa}\left(1+\xi i_t^L\right) w_t^{b^q}\left(p_t^N\right)^{1-b^q} \qquad (36)\\
\kappa &= \left(b^q\right)^{b^q}\left(1-b^q\right)^{1-b^q}
\end{aligned}
$$

$$h_t = \frac{1}{\varepsilon_t \kappa} b^q \left(\frac{p_t^N}{w_t}\right)^{1-b^q} Q_t \qquad (37)$$

$$N_t^D = \frac{1}{\varepsilon_t \kappa}\left(1-b^q\right)\left(\frac{w_t}{p_t^N}\right)^{b^q} Q_t \qquad (38)$$

$$\frac{L_t}{P_t} = \frac{\xi}{b^q} E_t\left(w_{t+1} h_{t+1}\right) \qquad (39)$$

**El problema de fijación de precios de las firmas del sector:** Las firmas productoras del bien intermedio fijan sus precios tomando como dados al precio y la cantidad agregada. La fijación de precios de las firmas del sector se modela siguiendo a Calvo (1983). Cada período la firma puede fijar su precio optimo con probabilidad $(1-\alpha)$, independientemente que haya podido optimizar en los períodos anteriores. Con probabilidad $\alpha$ la firma no puede elegir el precio optimo y ajusta el mismo a través de la tasa de inflación agregada hasta el período previo. De esta forma al elegir su precio optimo en $t$ la firma toma en consideración que con probabilidad $\alpha^j$ este precio indexado a la inflación agregada se mantendrá en $t+j$.

$$P_{t+j}(i) = P_t(i)\,\pi_t \pi_{t+1} .....\pi_{t+j-1} = P_t(i)\,\Psi_{t,j}^p$$

$$\frac{P_t(i)}{P_{t+j}}\Psi_{t,j}^p = \frac{P_t(i)}{P_t}\frac{\pi_t}{\pi_{t+j}}$$

El problema de fijación de precio de la firma es el siguiente:

$$
\begin{aligned}
& \max_{P_t(i)} E_t \sum_{j=0}^{\infty} \alpha^j \Lambda_{t,t+j}\left\{\frac{P_t(i)}{P_{t+j}}\Psi_{t,j}^p - mc_{t+j}(i)\right\} Q_{t+j}(i)\\
& s.a.\\
Q_{t+j}(i) &= Q_{t+j}\left(\frac{P_t(i)}{P_{t+j}}\Psi_{t,j}^p\right)^{-\theta}
\end{aligned}
$$

donde $\Lambda_{t,t+j} = \beta^j \frac{z_{t+j}^c C_{t+j}^{-\sigma}}{z_t^c C_t^{-\sigma}}$, y utilizando la condición de primer orden del hogar respecto al consumo se obtiene:

$$\Lambda_{t,t+j} = \beta^j \frac{\lambda_{t+j} p^c_{t+j} \widetilde{\varphi} \left(1 + i_{t+j}\right)}{\lambda_t p^c_t \widetilde{\varphi} \left(1 + i_t\right)} \equiv \beta^j \frac{\overline{\Lambda_{t+j}}}{\overline{\Lambda_t}}$$

La condición de primer orden del problema puede expresarse como:

$$0 = E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\beta\alpha)^j \, \overline{\Lambda_{t,t+j}} Q_{t+j} \left(\pi_{t+j}\right)^{\theta} \left\{ \frac{G\left(\pi_t, \pi_{t-1}\right)}{\pi_{t+j}} - \frac{\theta}{\theta - 1} mc_{t+j} \right\} \tag{40}$$

Donde

$$G\left(\pi_t, \pi_{t-1}\right) = \left[ \frac{\pi_t^{1-\theta} - \alpha \pi_{t-1}^{1-\theta}}{1 - \alpha} \right]^{\frac{1}{1-\theta}}$$

### 2.2.3 Firmas Exportadoras

Las firmas del sector utilizan el bien doméstico y tierra para producir y exportar un commodity que se asume homogéneo. La tierra es un factor de producción fijo por lo que la producción del sector presenta rendimientos decrecientes. Las firmas son tomadoras de precios en el mercado del insumo doméstico y en el mercado internacional donde colocan su producción. Por simplicidad no se modela el uso de tierra y en lugar se asume la siguiente función de producción con rendimientos decrecientes.

$$X_t = z_t^X \left(Q_t^{DX}\right)^{a_A}$$

donde $Q_t^{DX}$ es la cantidad de insumos utilizado por la firma, $a_A < 1$ y $z_t^X$ es un shock climático que puede incrementar o reducir la cosecha.

Las firmas del sector maximizan la siguiente función de beneficios:

$$\begin{aligned} \Pi_t^X &= S_t P_t^* X_t - P_t Q_t^{DX} \\ & \quad s.a. \\ X_t &= z_t^X \left(Q_t^{DX}\right)^{a_A} \end{aligned}$$

donde $S_t$ es el tipo de cambio nominal y $P_t^*$ es el precio de exportación en la moneda externa. De este problema se obtienen la demanda de insumos domésticos y las exportaciones del bien primario.

$$Q_t^{DX} = \left(a_A e_t p_t^* z_t^X\right)^{\frac{1}{1-a_A}} \tag{41}$$

$$X_t = \left(a_A e_t p_t^* z_t^X\right)^{\frac{a_A}{1-a_A}} z_t^X \tag{42}$$

donde $e_t = S_t \frac{p_t^{N*}}{p_t}$ es el tipo de cambio real y $p_t^* = \frac{P_t^{*X}}{P_t^{*N}}$ son los términos de intercambio de la economía.

### 2.2.4 Firmas importadoras del bien final

Estas firmas operan en mercados competitivos, utilizando insumos intermedios importados $N_t\,(i)$ para producir un bien final importado $N_t$ a través de una tecnología CES.

$$N_t = \left( \int_0^1 N_t\,(i)^{\frac{\theta_N - 1}{\theta_N}}\, di \right)^{\frac{\theta_N}{\theta_N - 1}} \tag{43}$$

donde $\theta^N$ es la elasticidad de sustitución entre las variedades de insumos importados. Del problema de maximización de beneficios se obtienen las demandas de insumos importados, el precio de los bienes importados y el gasto total en bienes importados.

$$N_t\,(i) = N_t \left( \frac{p_t^N\,(i)}{p_t^N} \right)^{-\theta^N} \tag{44}$$

$$P_t^N = \left( \int_0^1 P_t^N\,(i)^{1-\theta^N}\, di \right)^{\frac{1}{1-\theta^N}} \tag{45}$$

$$P_t^N N_t = \int_0^1 P_t^N\,(i)\, N_t\,(i)\, di \tag{46}$$

### 2.2.5 Firmas importadoras de bienes intermedios

Hay un continuo de firmas en competencia monopolística que importan un bien final en el exterior al precio en moneda extranjera $P_t^{*N}$ y lo transforman en distintas variedades que venden en el mercado doméstico en moneda local a $P_t^N$. El precio del bien importado expresado en moneda doméstica es $S_t P_t^{*N}$. El poder de mercado les permite elegir su precio $P_t^N\,(i)$ tomando la cantidad total de importaciones $N_t$ y el precio $P_t^N$ como dados maximizando sus beneficios. Estas firmas maximizan la siguiente función de beneficios.

$$\Pi_t^N = N_t\,(i) \left[ P_t^N\,(i) - S_t P_t^{*N} \right] = N_t \left( \frac{P_t^N\,(i)}{P_t^N} \right)^{-\theta^N} \left[ P_t^N\,(i) - S_t P_t^{*N} \right]$$

De las condiciones de primer orden del problema se obtiene el precio optimo como:

$$P_t^N\,(i) = \frac{\theta^N}{\theta^N - 1} S_t P_t^{*N} \tag{47}$$

y de donde es posible expresar el precio relativo del bien importado como un mark up sobre el tipo de cambio real.

$$p_t^N\,(i) = \frac{\theta^N}{\theta^N - 1} e_t \tag{48}$$

### 2.2.6 Bancos

Los bancos son propiedad de los hogares y obtienen fondos de los depósitos de los hogares $(D_t)$ y en los mercados internacionales a través de un bono $\left(B_t^{*B}\right)$. Con estos recursos financian a las firmas productoras de bienes intermedios a través de un préstamo $(L_t)$, prestan a otros bancos (en equilibrio estos se cancelan) y adquieren los bonos emitidos por el Banco Central $\left(B_t^{CB}\right)$. La restricción presupuestaria de los bancos queda como:

$$L_t + B_t^{CB} = D_t + S_t B_t^{*B}$$

Tanto los depósitos como los bonos del Banco Central son sustitutos y pagan la misma tasa de interés $(i_t)$, pero se asume que los hogares no tienen acceso a la compra de bonos del Banco Central. La tasa de interés que debe pagar el banco por los fondos que obtiene desde el exterior se compone de una tasa libre de riesgo más una prima de riesgo. La prima de riesgo depende de un componente aleatorio exógeno $\phi^{*B}$ y de un componente endógeno que se asume creciente respecto al stock de deuda de acuerdo a la siguiente relación.

$$1 + i_t^B = (1 + i_t^*)\left[1 + \phi^{*B} + p_B\left(\frac{S_t B_t^{*B}}{P_t}\right)\right] \tag{49}$$

donde la función $p_B$ creciente y convexa tiene la siguiente forma particular.

$$p_B = \alpha_1^B \left(e_t b_t^{*B}\right)^{\alpha_2^B}$$

donde $b_t^{*B} = \frac{B_t^{*B}}{P_t^{*N}}$.

Se asume que los bancos tiene la siguiente función de costos:

$$C_{t+1}^B = \frac{1}{2} a_L^B \left(\frac{L_t}{P_t}\right)^2, \quad a_L^B > 0$$

De la maximización de los beneficios de los bancos surgen la oferta de préstamos bancarios y la demanda de fondos externos.

$$\frac{L_t}{P_t} = \frac{1}{a_L^B}\left(i_t^L - i_t\right) \tag{50}$$

$$i_t = E_t \delta_{t+1} \left\{(1 + i_t^*)\left[1 + \phi^{*B} + \alpha_1^B \left(e_t b_t^{*B}\right)^{\alpha_2^B}\left(1 + \alpha_2^B\right)\right] - 1\right\} \tag{51}$$

Como se observa en la ecuación (50) la oferta de préstamos es una función creciente del diferencial de tasas de interés, al tiempo que la ecuación (51) refleja como la demanda de fondos internacionales depende de la paridad descubierta de tasas de interés ajustada por la prima de riesgo (los bancos internalizan el hecho de que la tasa que deben pagar por los fondos aumenta cuando su deuda aumenta). Para valores dados de la oferta de préstamos, depósitos y bonos internacionales, la demanda de los bonos emitidos por el banco central surge de la siguiente relación.

$$B_t^{CB} = D_t + S_t B_t^{*B} - L_t$$

## 2.3 El sector Público

El sector público esta conformado por el Gobierno y el Banco Central.

### 2.3.1 El Banco Central

El Banco Central emite la moneda local $\left(M_t^0\right)$ y bonos domésticos nominados en moneda local $\left(B_t^{CB}\right)$ al tiempo que mantiene reservas en forma de bonos internacionales $\left(R_t^{*CB}\right)$. Su restricción presupuestaria adquiere la siguiente forma.

$$\begin{aligned} M_t^0 + B_t^{CB} - S_t R_t^{*CB} &= M_{t-1}^0 + (1+i_{t-1}) B_{t-1}^{CB} - \left(1+i_{t-1}^*\right) S_t R_{t-1}^{*CB} \\ &= \left[M_{t-1}^0 + B_{t-1}^{CB} - S_t R_{t-1}^{*CB}\right] \\ &\quad - \left[i_{t-1}^* S_t R_{t-1}^{*CB} + (S_t - S_t) R_{t-1}^{*CB} - i_{t-1} B_{t-1}^{CB}\right] \\ &= \left[M_{t-1}^0 + B_{t-1}^{CB} - S_t R_{t-1}^{*CB}\right] - QF_t \qquad (52) \end{aligned}$$

Se asume que el balance del Banco Central esta siempre equilibrado y el resultado cuasi-fiscal lo transfiere cada período al gobierno central, por lo que satisface la demanda de dinero de los hogares a través de la emisión de bonos y la intervención en el mercado de moneda extranjera.

$$M_t^0 = S_t R_t^{*CB} - B_t^{CB} \qquad (53)$$

### 2.3.2 El Gobierno

El gobierno emite deuda en forma de bonos nominados en moneda externa en mercados internacionales, recauda impuestos de suma fija y gasta en bienes. Se asume que la política fiscal consiste en procesos exógenos para los impuestos nominales de suma fija $(T_t)$ y el gasto real $(G_t)$. En caso de déficit el gobierno se financia con un bono internacional $\left(B_t^{*G}\right)$ por el que paga un interés compuesto por una tasa libre de riesgo más una prima de riesgo. La prima de riesgo que paga el gobierno se conforma por un componente aleatorio exógeno $\phi^{*G}$ más una función de su stock de deuda al igual que los bancos comerciales.

$$1 + i_t^G = (1 + i_t^*) \left[1 + \phi^{*G} + p_G \left(\frac{S_t B_t^{*G}}{P_t}\right)\right]$$

con

$$p_G = \alpha_1^G \left(e_t b_t^{*G}\right)^{\alpha_2^G}$$

La restricción presupuestaria del gobierno es:

$$S_t B_t^{*G} = P_t G_t - T_t + \left(1 + i_{t-1}^G\right) S_t B_{t-1}^{*G} - QF_t$$

De esta forma el gobierno debe recurrir al financiamiento en mercados internacionales para el pago de los servicios de su deuda, el déficit primario y el déficit cuasi fiscal del Banco Central.

### 2.3.3 Política monetaria

En el modelo se asume siguiendo a Cubas (2011) que el Banco Central tiene dos objetivos operacionales, uno referido a la tasa de interés interbancaria y otro referido a la volatilidad en el tipo de cambio real. Para esto el Banco Central sigue dos reglas de política monetaria, una que utiliza como instrumento a la tasa de interés en la forma de una regla de Taylor modificada y otra a su nivel de reservas internacionales.

Una regla monetaria como la propuesta por Taylor (1993) determina que la tasa de política monetaria se ajuste de acuerdo al estado de la economía al tiempo que un conjunto de parámetros fijos determinan el grado de ese ajuste. Una extensión de este modelo es asumir que los parámetros que gobiernan el grado de ajuste de la tasa de interés a las variables de la economía, sean a su vez una función del estado de la economía. Esto sucede cuando la política monetaria es llevada adelante por un Banco Central que mantiene preferencias asimétricas respecto al signo de los desvíos de la inflación respecto de su nivel objetivo. En Dolado et al. (2004) se muestra como preferencias de este tipo llevan a reglas de política monetaria con una relación no lineal respecto a la inflación y el output gap contemporáneos y rezagados. Esto llevaría al Banco Central a intervenir más agresivamente cuando la inflación se encuentra en niveles muy elevados que cuando se encuentra en niveles más cercanos a su objetivo (o por debajo). Davig y Leeper (2006) desarrollan una regla de política monetaria endógena con cambio de régimen en función del estado de la economía. Los autores resaltan los beneficios de utilizar este tipo de reglas de política monetaria dada su importancia en los efectos sobre la formación de expectativas de los agentes y la existencia de efectos asimétricos derivados de shocks simétricos. Desarrollan un conjunto de reglas de política monetaria dependientes del estado de la economía. Una de ellas adquiere la siguiente forma.

$$i_t = \alpha(s_t)\pi_t + \gamma(s_t)x_t$$

donde $\pi_t$ es la tasa de inflación $x_t$ es el output gap y los ponderadores siguen la siguiente regla:

$$\begin{aligned}
\alpha(s_t) &= \left(1 - I\left[\pi_{t-1} > \pi^T\right]\right)\alpha_0 + \left(I\left[\pi_{t-1} \geq \pi^T\right]\right)\alpha_1 \\
\gamma(s_t) &= \left(1 - I\left[\pi_{t-1} > \pi^T\right]\right)\gamma_0 + \left(I\left[\pi_{t-1} \geq \pi^T\right]\right)\gamma_1
\end{aligned}$$

donde $I(.)$ es una función indicadora de que en el período anterior la inflación fue mayor al objetivo[1]. En esta regla los parámetros $\alpha_0$ y $\alpha_1$ representan los pesos asignados a los desvíos de la inflación en la regla de política monetaria. Cuando se cumple que $\alpha_1 > \alpha_0 > 1$ el Banco Central ajusta la tasa de interés siempre más que proporcionalmente, pero lo hace más agresivamente cuando la inflación se encuentra por encima de su nivel objetivo. Como lo destacan los autores , la representación de la regla de política monetaria bajo un cambio de régimen no es conceptualmente diferente a la de una regla de política no lineal, siendo la primera un caso particular de la segunda.

En este modelo, se pretende capturar la dinámica que implica esta dependencia de la regla de política monetaria respecto al estado de la economía en el pasado pero en el marco de relaciones linealizables. Con este objetivo se propone una regla de política monetaria en la que el Banco Central ajusta la tasa de interés ante desvíos de la inflación respecto a su nivel objetivo tanto en el presente como en el pasado. Al mismo tiempo que se asume que interviene para suavizar los desvíos del producto y el tipo de cambio real respecto a sus valores de estado estacionario no estocástico. En particular se asume la siguiente forma funcional:

$$(1+i_t) = (1+i_{t-1})^{\rho} \left( \left(\frac{\pi_{t-1}}{\pi^T}\right)^{\gamma_{\pi_-}} \left(\frac{\pi_t}{\pi^T}\right)^{\gamma_\pi} \left(\frac{y_t}{y}\right)^{\gamma_y} \left(\frac{e_t}{e}\right)^{\gamma_e} \right)^{1-\rho} \upsilon_t$$

donde $\upsilon_t$ es un shock de política monetaria que sigue un proceso $AR(1)$ : $\upsilon_t = \rho_\upsilon \upsilon_{t-1} + \epsilon_t$. La dependencia de la tasa de interés presente respecto a su valor pasado refleja que el Banco Central pretende suavizar los movimientos en la misma, capturando la dinámica del período anterior.

Esta regla asume una dependencia determinística respecto del desvío de la inflación de su nivel objetivo rezagado un período $\left(\pi_{t-1} - \pi^T\right)$ al igual que en las reglas optimas derivadas en Dolado et al. (2004) . Adicionalmente se asume información perfecta por parte de los agentes de la economía y particularmente que conocen la regla de política monetaria para la tasa de interés nominal a la que se compromete el Banco Central.

Los efectos sobre la formación de expectativas de los agentes provocan que bajo esta regla de política monetaria, un shock que aumente la tasa de inflación tenga efectos diferentes que con una regla de Taylor tradicional. Con esta regla los agentes esperan una respuesta más contractiva en el siguiente período cuando el shock eleva la inflación por encima del nivel objetivo. Esto último tiene efectos en el impacto de los shocks sobre la inflación contemporánea.

El Banco Central mantiene una segunda regla de política monetaria que utiliza como instrumento su nivel de reservas, interviniendo en el mercado de moneda extranjera. Se asume que el Banco Central tiene un nivel de reservas objetivo de largo plazo e interviene de forma de reducir la volatilidad en las reservas y el tipo de cambio real. La regla que utiliza es:

[1] En su trabajo los autores desarrollan versiones adicionales de estas reglas de política monetaria para el Banco Central que incluyen umbrales para el output gap además de para la inflación.

$$r_t^{*CB} = \left(\gamma^T\right)^{1-k_0}\left(r_{t-1}^{*CB}\right)^{k_0}\left(e_t - e_{t-1}\right)^{-k_1}\eta_t$$

donde $\left(\gamma^T\right)$ es el nivel objetivo de las reservas, $\eta_t$ es un shock aleatorio y $r_t^{*CB} = \frac{R_t^{*CB}}{P_t^{*N}}$.

# 3 Equilibrio del Modelo

El siguiente sistema de ecuaciones representa el vaciamiento de los mercados y el equilibrio del modelo.

La ecuación de Euler para el consumo

$$\beta\left(1+i_t\right)E_t\left(\frac{z_{t+1}^c}{z_t^c}\right) = E_t\left(\frac{C_{t+1}}{C_t}\right)^{\sigma}\frac{\widetilde{\varphi}\left(1+i_{t+1}\right)}{\widetilde{\varphi}\left(1+i_t\right)}\pi_{t+1}^c \tag{54}$$

El salario real

$$\frac{w_t}{p_t} = h_t^{\chi}c_t^{\sigma}p_t^c\widetilde{\varphi}_M\left(1+i_t\right) \tag{55}$$

La Curva de Phillips doméstica

$$0 = E_t\sum_{j=0}^{\infty}\left(\beta\alpha\right)^j\overline{\Lambda_{t,t+j}}Q_{t+j}\left(\pi_{t+j}\right)^{\theta}\left\{\frac{G\left(\pi_t,\pi_{t-1}\right)}{\pi_{t+j}} - \frac{\theta}{\theta-1}mc_{t+j}\right\} \tag{56}$$

La inflación

$$\pi_t^c = \left[\frac{a_D}{a_D + a_N\left(p_{t-1}^N\right)^{1-\theta^c}}\left(\pi_t\right)^{1-\theta^c} + \left(1 - \frac{a_D}{a_D + a_N\left(p_{t-1}^N\right)^{1-\theta^c}}\right)\left(\pi_t^N\right)^{1-\theta^c}\right]^{\frac{1}{1-\theta^c}} \tag{57}$$

Dos identidades

$$\frac{p_t^N}{p_{t-1}^N} = \frac{\pi_t^N}{\pi_t} \tag{58}$$

$$\frac{e_t}{e_{t-1}} = \delta_t\frac{\pi_t^{*N}}{\pi_t} \tag{59}$$

El precio del bien importado

$$p_t^N\left(i\right) = \frac{\theta_N}{\theta_N - 1}e_t \tag{60}$$

La balanza de pagos

$$\begin{aligned} B_t^{*B}+B_t^{*G}-R_t^{*CB} &= \left(1+i_{t-1}^{B}\right)B_{t-1}^{*B}+\left(1+i_{t-1}^{G}\right)B_{t-1}^{*G}-\left(1+i_{t-1}^{*}\right)R_t^{*CB} \\ &\quad -\left[\left(\alpha_A e_t p_t^{*}\right)^{\frac{\alpha_A}{1-\alpha_A}}\left(z_t^{x}\right)^{\frac{1}{1-\alpha_A}}-\left(1-a_d\right)p_t^{c}c_t-\frac{1-b^q}{b^q}w_t h_t\right] \end{aligned} \tag{61}$$

La paridad descubierta de tasas de interés

$$i_t=E_t\delta_{t+1}\left\{\left(1+i_t^{*}\right)\left[1+\phi^{*B}+\alpha_1^{B}\left(e_t b_t^{*B}\right)^{\alpha_2^{B}}\left(1+\alpha_2^{B}\right)\right]-1\right\} \tag{62}$$

El costo marginal real

$$\begin{aligned} mc_t &= \frac{1}{\varepsilon_t\kappa}\left(1+\xi i_t^{L}\right)w_t^{b^q}\left(p_t^{N}\right)^{1-b^q} \\ \kappa &= \left(b^q\right)^{b^q}\left(1-b^q\right)^{1-b^q} \end{aligned} \tag{63}$$

El equilibrio en el mercado de trabajo

$$h_t=\frac{1}{\varepsilon_t\kappa}b^q\left(\frac{p_t^{N}}{w_t}\right)^{1-b^q}Q_t \tag{64}$$

El mercado del bien doméstico

$$Q_t=a_D p_t^{c}c_t+G_t+\left(\alpha_A e_t p_t^{*}z_t^{x}\right)^{\frac{1}{1-\alpha_A}} \tag{65}$$

El mercado de préstamos

$$i_t^{L}=i_t+\frac{a_L^{B}}{b^q}\xi E_t\left(w_{t+1}h_{t+1}\right) \tag{66}$$

La relación entre producto y PIB

$$Y_t=Q_t-\frac{1-b^q}{b^q}w_t h_t+\left(\alpha_A e_t p_t^{*}\right)^{\frac{\alpha_A}{1-\alpha_A}}\left(z_t^{x}\right)^{\frac{1}{1-\alpha_A}}-\left(\alpha_A e_t p_t^{*}\right)^{\frac{1}{1-\alpha_A}} \tag{67}$$

Precio relativo del bien de consumo

$$P_t^{c}=\left(a_D\left(P_t\right)^{1-\theta^c}+a_N\left(P_t^{N}\right)^{1-\theta^c}\right)^{\frac{1}{1-\theta^c}} \tag{68}$$

Restricción presupuestaria del gobierno

$$S_t B_t^{*G}=P_t G_t-T_t+\left(1+i_{t-1}^{G}\right)S_t B_{t-1}^{*G}-QF_t \tag{69}$$

La regla de política monetaria para la tasa de interés

$$\left(1+i_t\right)=\left(1+i_{t-1}\right)^{\rho}\left(\left(\frac{\pi_{t-1}^{c}}{\pi^{T}}\right)^{\gamma_{\pi_-}}\left(\frac{\pi_t^{c}}{\pi^{T}}\right)^{\gamma_\pi}\left(\frac{y_t}{y}\right)^{\gamma_y}\left(\frac{e_t}{e}\right)^{\gamma_e}\right)^{1-\rho}\upsilon_t \tag{70}$$

La regla de política monetaria para las reservas internacionales del Banco Central

$$r_t^{*CB} = \left(\gamma^T\right)^{1-k_0} \left(r_{t-1}^{*CB}\right)^{k_0} \left(e_t - e_{t-1}\right)^{-k_1} \eta_t \tag{71}$$

De esta forma se tiene un sistema de 18 ecuaciones y 18 variables $Y_t, C_t, Q_t, w_t, h_t, p_t^c, p_t^N, e_t, \pi_t, \pi_t^c, \pi_t^N, i_t, i_t^l, \delta_t, r_t^{*cb}, b_t^{*B}, b_t^{*G}, mc_t$.

## 4 El estado estacionario

Se presentan a continuación las ecuaciones que representan el equilibrio del modelo en el estado estacionario no estocástico de la economía. Las variables expresadas sin el subíndice temporal están expresadas en el estado estacionario en torno al cual se realiza la loglinealización del equilibrio. Se asume que en el estado estacionario el valor de todos los shocks es 1. De esta forma se tienen las siguientes relaciones.

La dinámica para el consumo

$$\beta\left(1+i\right) = \pi^c$$

El salario real

$$w = h^{\chi} C^{\sigma} p^c \widetilde{\varphi}\left(1+i\right)$$

De la Curva de Phillips doméstica

$$1 = \frac{\theta}{\theta - 1} mc$$

El precio relativo del bien importado

$$p^N = \frac{\theta_N}{\theta_N - 1} e$$

$$1 = \frac{\pi^N}{\pi}$$

$$1 = \delta \frac{\pi^{*N}}{\pi}$$

La balanza de pagos

$$\begin{aligned} & b^{*B}\left[\frac{\left(1+i^*\right)\left(1+\phi^{*B}+p_B\left(eb^{*B}\right)\right)}{\pi^{*N}}-1\right]+b^{*G}\left[\frac{\left(1+i^*\right)\left(1+\phi^{*G}+p_G\left(eb^{*G}\right)\right)}{\pi^{*N}}-1\right] \\ = \; & r^{*CB}\left(\frac{\left(1+i^*\right)}{\pi^{*N}}-1\right)+TB \end{aligned}$$

La paridad descubierta de la tasa de interés ajustada por riesgo

$$i = \delta \left\{ (1+i^*) \left[ 1 + \phi^{*B} + \left(1+\alpha_2^B\right) \alpha_1^B \left(eb^{*B}\right)^{\alpha_2^B} \right] - 1 \right\}$$

La restricción presupuestaria del gobierno

$$t - G = eb^{*G} (1+i^*) \left( 1 + \phi^{*G} + \alpha_1^G \left(eb^{*G}\right)^{\alpha_2^G} \right) - eb^{*G} - \left( i^* + 1 - \frac{1}{\delta} \right) er^{*CB}$$

El equilibrio del mercado de préstamos

$$i^L = i + \frac{a^B}{b^q} \xi wh$$

El equilibrio del mercado de trabajo

$$h = \frac{1}{\varepsilon \kappa} b^q \left( \frac{p^N}{w} \right)^{1-b^q} Q$$

El equilibrio del mercado del bien doméstico

$$Q = adp^c C + G + \left(\alpha_A ep^* Z^x\right)^{\frac{1}{1-\alpha_A}}$$

El PIB

$$Y = Q - \frac{1-b^q}{b^q} wh + \left(\alpha_A ep^*\right)^{\frac{a_A}{1-a_A}} \left(Z^x\right)^{\frac{1}{1-a_A}} - \left(\alpha_A ep^*\right)^{\frac{1}{1-a_A}}$$

El costo marginal real

$$mc = \frac{1}{\kappa} \left(1 + \xi i^L\right) w^{b^q} \left(p^N\right)^{1-b^q}$$

El precio relativo del consumo

$$\left(p^c\right)^{1-\theta^c} = a_D + a_N \left(p_N\right)^{1-\theta^c}$$

La inflación del bien de consumo

$$\left(\pi^c\right)^{1-\theta^c} = \frac{a_D}{a_D + a_N \left(p_N\right)^{1-\theta^c}} \pi^{1-\theta^c} + \left( 1 - \frac{a_D}{a_D + a_N \left(p_N\right)^{1-\theta^c}} \right) \left(\pi^N\right)^{1-\theta^c}$$

La regla de política para la tasa de interés

$$(1+i) = \left( \left( \frac{\pi^c}{\pi^T} \right)^{\gamma_{\pi_-} + \gamma_\pi} \right)^{1-\rho}$$

La regla de política para las reservas internacionales

$$\left(r^{*CB}\right)^{1-k_0} = \left(\gamma^T\right)^{1-k_0}$$

# 5 Resolución del modelo

## 5.1 Loglinealización

En el Anexo 1 se presenta el sistema completo de ecuaciones de equilibrio log-linealizadas. En esta sección se describe la forma reducida del sistema de ecuaciones que representan el equilibrio del modelo entorno al estado estacionario no estocástico. Las variables expresadas en log-desvíos respecto al estado estacionario se definen como $\widehat{x_t} = \log\left(\frac{x_t}{x}\right)$. El siguiente sistema de 7 ecuaciones y 7 variables endógenas representa el equilibrio del modelo en su forma reducida.

El mismo se compone de una ecuación para la regla de política monetaria para la tasa de interés.

$$\widehat{i_t} = \rho\widehat{i_{t-1}} + (1-\rho)\left[\gamma^{\pi} - \widehat{\pi_{t-1}} + \gamma^{\pi} - \gamma^{pc}\left(\widehat{e_{t-1}} - \widehat{e_{t-2}}\right) + \gamma^{\pi}\widehat{\pi}_t + \gamma^{\pi}\gamma^{pc}\left(\widehat{e_t} - \widehat{e_{t-1}}\right) + \gamma^{y}\widehat{y_t}\right] + \widehat{\upsilon}_t \tag{72}$$

La ecuación para la regla de política monetaria para las reservas del Banco Central.

$$\widehat{r}_t^{*CB} = k_0\widehat{r}_{t-1}^{*CB} - k_1\left(\widehat{e_t} - \widehat{e_{t-1}}\right) + \widehat{\eta}_t \tag{73}$$

La ecuación para la restricción presupuestaria del gobierno.

$$\begin{aligned} t\widehat{t}_t - r_8\widehat{G}_t &= r_1\widehat{e}_t + r_2\widehat{e}_{t-1} + \gamma_3^G\widehat{i_{t-1}^*} + \gamma_4^G\widehat{b_{t-1}^{*G}} - \gamma_5^G\widehat{b_t^{*G}} - \gamma_6^G\widehat{r_{t-1}^{*CB}} + \\ &+ r_3\widehat{\pi_t^{*N}} - r_4\widehat{\pi}_t + \gamma_9^G\widehat{i_{t-1}} + r_7\widehat{r_t^{*CB}} + r_6\widehat{i}_t + \\ &+ r_5\frac{fzc}{fc}\widehat{z}_t^c + r_5\frac{f\epsilon}{fc}\widehat{\epsilon}_t + r_5\frac{fp^*}{fc}\widehat{p^*}_t + r_5\frac{fz^x}{fc}\widehat{z^x}_t - r_5\frac{1}{fc}\widehat{y}_t \end{aligned} \tag{74}$$

La ecuación para la balanza de pagos.

$$\begin{aligned} d_1\widehat{b_t^{*b}} + d_2\widehat{b_t^{*G}} &= d_5\widehat{r_t^{*CB}} + d_3\widehat{b_{t-1}^{*b}} + d_4\widehat{b_{t-1}^{*G}} - d_6\widehat{r_{t-1}^{*CB}} + d_7\widehat{e}_t + \\ &+ d_8\widehat{e}_{t-1} + d_9\widehat{i}_t - d_{10}\widehat{\epsilon}_t + d_{11}\widehat{z}_t^c + \\ &d_{12}\widehat{i_{t-1}^*} + d_{13}\widehat{\phi}_{t-1}^{*b} + d_{14}\widehat{\phi}_{t-1}^{*G} - d_{15}\widehat{\pi_t^{*N}} + d_{16}\widehat{p}_t^* + \\ &+ d_{17}\widehat{z^x}_t + d_{18}\widehat{G_t} + d_{19}\widehat{y}_t \end{aligned} \tag{75}$$

La ecuación para la curva de Phillips neokeynesiana.

$$\begin{aligned} b_1E_t\widehat{\pi}_{t+1} &= \widehat{\pi}_t - b_2\widehat{\pi}_{t-1} - b_{12}\widehat{i_{t-1}} - b_4\widehat{e}_t - b_5\widehat{i}_t + b_8\widehat{z}_t^c - b_7\widehat{p}_t^* - b_{11}\widehat{z^x}_t \\ &- b_9\widehat{G_t} + b_{10}\widehat{\epsilon}_t - b_{13}\widehat{y}_t \end{aligned} \tag{76}$$

La ecuación para la paridad descubierta de la tasa de interés.

$$E_t\left[c_2\widehat{e}_{t+1}+c_2\widehat{\pi}_{t+1}-c_2\widehat{\pi^{*N}_{t+1}}+c_4\widehat{i^*_t}+c_5\widehat{\phi}^{*b}_t\right]=c_1\widehat{e}_t+\widehat{i}_t-c_3\widehat{b^{*b}_t} \tag{77}$$

La ecuación para la DIS.

$$E_t\left[\begin{array}{c} a_1\widehat{\pi}_{t+1}+a_2\widehat{i}_{t+1}-a_3\widehat{e}_{t+1}-a_4\widehat{G}_{t+1}-a_5\widehat{\epsilon}_{t+1}-a_6\widehat{p^*}_{t+1}+ \\ +a_7\widehat{z}^c_{t+1}-a_8\widehat{z^x}_{t+1}\end{array}\right] \tag{78}$$
$$= \widehat{y}_t+(a_1+a_2)\,\widehat{i}_t-a_3\widehat{e}_t-a_4\widehat{G}_t-a_5\widehat{\epsilon}_t-a_6\widehat{p^*}_t+a_7\widehat{z}^c_t-a_8\widehat{z^x}_t$$

## 5.2 Representación matricial

Se define el vector $X_t$ de variables de estado endógenas, el vector $Z_t$ de variables de estado exógenas y el vector $Y_t$ de variables de control del siguiente modo.

$$X_t=\left[\widehat{i}_{t-1}\ \ \widehat{r}^{*CB}_{t-1}\ \ \widehat{b}^{*b}_{t-1}\ \ \widehat{b}^{*G}_{t-1}\ \ \widehat{\pi}_{t-1}\ \ \widehat{e}_{t-1}\ \ \widehat{e}_{t-2}\right]' \tag{79}$$

$$Z_t=\left[\widehat{G}_t\ \ \widehat{z}^c_t\ \ \widehat{p^*}_t\ \ \widehat{\pi^{*N}_t}\ \ \widehat{\epsilon}_t\ \ \widehat{i}^*_t\ \ \widehat{\phi}^{*b}_t\ \ \widehat{\eta}_t\ \ \widehat{\nu}_t\ \ \widehat{\phi}^{*G}_t\ \ \widehat{z^x}_t\ \ \widehat{t}_t\right]' \tag{80}$$

$$Y_t=\left[\widehat{i}_t\ \ \widehat{r}^{*CB}_t\ \ \widehat{b}^{*b}_t\ \ \widehat{b}^{*G}_t\ \ \widehat{y}_t\ \ \widehat{\pi}_t\ \ \widehat{e}_t\right]' \tag{81}$$

De esta forma y definiendo al vector $x_t$ que contiene primero las variables de estado y a continuación las variables de control.

$$x_t=\begin{bmatrix} X_t \\ Z_t \\ Y_t \end{bmatrix} \tag{82}$$

Es posible expresar el sistema de ecuaciones de equilibrio en forma matricial como.

$$AE_tx_{t+1}=Bx_t \tag{83}$$

donde $A$ y $B$ son matrices 26x26.

Se asume que las variables de estado exógenas siguen procesos AR(1) independientes.

$$
\begin{aligned}
\widehat{G}_{t+1} &= \rho^{G}\widehat{G}_{t} + v^{G}_{t+1} \\
\widehat{z}^{c}_{t+1} &= \rho^{z^{c}}\widehat{z}^{c}_{t} + v^{z^{c}}_{t+1} \\
\widehat{p^{*}}_{t+1} &= \rho^{p^{*}}\widehat{p^{*}}_{t} + v^{p^{*}}_{t+1} \\
\widehat{\pi^{*N}_{t+1}} &= \rho^{\pi^{*N}}\widehat{\pi^{*N}_{t}} + v^{\pi^{*N}}_{t+1} \\
\widehat{\epsilon}_{t+1} &= \rho^{\epsilon}\widehat{\epsilon}_{t} + v^{\epsilon}_{t+1} \\
\widehat{i^{*}_{t+1}} &= \rho^{i^{*}}\widehat{i^{*}_{t}} + v^{i^{*}}_{t+1} \\
\widehat{\phi}^{*b}_{t+1} &= \rho^{\phi^{*b}}\widehat{\phi}^{*b}_{t} + v^{\phi^{*b}}_{t+1} \\
\widehat{\phi}^{*G}_{t+1} &= \rho^{\phi^{*G}}\widehat{\phi}^{*G}_{t} + v^{\phi^{*G}}_{t+1} \\
\widehat{\eta_{t+1}} &= \rho^{\eta}\widehat{\eta}_{t} + v^{\eta}_{t+1} \\
\widehat{\nu_{t+1}} &= \rho^{\nu}\widehat{\nu}_{t} + v^{\nu}_{t+1} \\
\widehat{z^{x}}_{t+1} &= \rho^{z^{x}}\widehat{z^{x}}_{t} + v^{z^{x}}_{t+1} \\
\widehat{t_{t+1}} &= \rho^{t}\widehat{t}_{t} + v^{t}_{t+1}
\end{aligned}
$$

Donde todos los parámetros de persistencia son menores a uno $\left(0 < \rho^{i} < 1\right)$ y los shocks $v^{i}_{t+1}$ son iid. A partir de la calibración realizada de los parámetros que se detalla a continuación es posible resolver el sistema de ecuaciones en diferencias mediante la descomposición Schur (es una generalización de la descomposición QZ que admite autovalores complejos para las matrices A y B) propuesta en el método de P. Klein para obtener las leyes de movimiento para las variables del modelo. Como resultado se obtienen las matrices P y F que definen las leyes de movimiento para las variables exógenas y las reglas de decisión para las variables endógenas en función de las variables de estado de la economía.

Definiendo el vector de variables de estado como:

$$
k_t = \begin{bmatrix} X_t \\ Z_t \end{bmatrix}
$$

La solución del sistema de ecuaciones en diferencia se expresa de la siguiente forma:

$$
\begin{aligned}
Y_t &= F k_t \\
k_{t+1} &= P k_t
\end{aligned}
$$

## 5.3 Calibración de los parámetros estructurales

La metodología utilizada fue calibrar los parámetros y valores de estado estacionario de las variables endógenas consistentes con la economía uruguaya en 2005 para luego obtener los parámetros de la forma reducida del modelo. Los valores utilizados surgen de la calibración realizada en el trabajo de Cubas (2011) y en los casos de los parámetros adicionales se utilizaron los valores sugeridos por Escudé (2009). Los mismos se resumen en el siguiente cuadro.

| **Valores calibrados** | | |
|---|---|---|
| $\pi^{*N}$ | Tasa de inflación internacional | 1.006 |
| $1+i^*$ | Tasa de interés internacional | 1.03265 |
| $\beta$ | Factor de descuento intertemporal | 0.996 |
| $\chi$ | Tasa de sustitución del trabajo | 1 |
| $\sigma$ | Tasa de sustitución intertemporal del consumo | 1 |
| $y$ | PIB en estado estacionario | 431.8 |
| $\frac{m^0}{y}$ | Dinero sobre producto | 0.04 |
| $\frac{er^{cb}}{y}$ | Reservas del BC sobre producto | 0.15 |
| $\frac{b^{cb}}{y}$ | Bonos del BC sobre producto | 0.11 |
| $\frac{l}{y}$ | Prestamos sobre producto | 0.35 |
| $\alpha_1^b$ | Parámetro de la prima de riesgo del banco | 0.01 |
| $\alpha_2^b$ | Parámetro de la prima de riesgo del banco | 0.0099 |
| $\alpha_1^G$ | Parámetro de la prima de riesgo del gobierno | 0.01 |
| $\alpha_2^G$ | Parámetro de la prima de riesgo del gobierno | 0.1 |
| $\frac{eb^{*b}}{y}$ | Deuda de los bancos | 0.09 |
| $\frac{eb^{*G}}{y}$ | Deuda del gobierno | 0.3 |
| $\frac{p^N N}{y}$ | Importaciones sobre producto | 0.28 |
| $\frac{x}{y}$ | Exportaciones sobre producto | 0.32 |
| $\frac{p^c c}{y}$ | Consumo sobre producto | 0.85 |
| $\frac{d}{y}$ | Depósitos sobre producto | 0.37 |
| $\pi^T$ | Inflación objetivo | 1.06 |
| $\delta$ | Tasa de depreciación del TCR | 1.0537 |
| $i$ | Tasa de interés | 0.0643 |
| $\phi^{*b}$ | Riesgo exógeno del banco | 0.0005 |
| $\phi^{*G}$ | Riesgo exógeno del gobierno | 0.0005 |
| $\frac{G}{y}$ | Gasto del gobierno | 0.114 |
| $\frac{t}{y}$ | Impuestos | 0.12 |
| $\frac{p^N N^D}{p^N N}$ | Porcentaje de insumos en las importaciones | 0.6 |
| $a_N$ | Participación del consumo de bienes importados | 0.1258 |

| | | |
|---|---|---|
| $\frac{p^N N^D}{y}$ | Insumos importados sobre producto | 0.168 |
| $b_m$ | Costo de transacción | 0.0955 |
| $a_m$ | Costo de transacción | 2.7989 |
| $c_m$ | Costo de transacción | 1.4606 |
| $\omega$ | Ratio de dinero sobre gasto en consumo | 0.0449 |
| $\tau_M$ | Costo de transacción | 0.1 |
| $\varphi_M$ | Efecto en el gasto ante un incremento del consumo | 1.01128 |
| $i^L$ | Tasa de interés de los prestamos | 0.125 |
| $a^{lb}$ | Parámetro de la función de costos del banco | 0.0004016 |
| $\frac{wh}{y}$ | Participación del trabajo | 0.168 |
| $b^q$ | Participación del trabajo en el bien intermedio doméstico | 0.8064 |
| $\alpha$ | Porcentaje de firmas que no fijan el precio | 0.6 |
| $\frac{q}{y}$ | Demanda de insumos del sector primario | 0.052 |
| $\xi$ | Parte del costo financiada con préstamo bancario | 0.4032 |
| $\alpha_A$ | Parámetro de productividad del sector primario | 0.1857 |
| $mc$ | Costo marginal real | 0.969 |
| $\theta$ | Elasticidad de sustitución entre insumos intermedios domésticos | 32.25 |
| $\theta_N$ | Elasticidad de sustitución entre bienes de consumo importados | 3.5 |
| $\theta_c$ | Elasticidad de sustitución entre bienes de consumo | 3.8 |
| $e$ | Tipo de cambio real | 0.7834 |
| $p^*$ | Términos de intercambio | 86.61 |

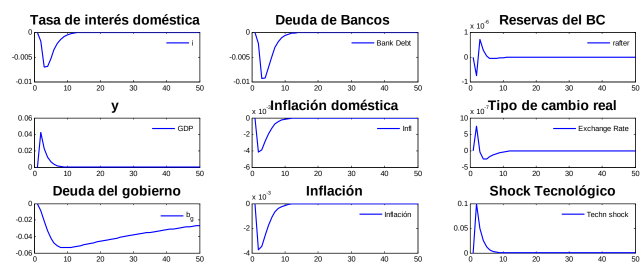
| **Coeficientes autorregresivos** | |
|---|---|
| $\rho^G$ | 0.77 |
| $\rho^{Z^c}$ | 0.87 |
| $\rho^{p*}$ | 0.9 |
| $\rho^{\pi^{*N}}$ | 0.7 |
| $\rho^{\epsilon}$ | 0.1 |
| $\rho^{i^*}$ | 0.3 |
| $\rho^{\phi^{*b}}$ | 0.2 |
| $\rho^{\phi^{*G}}$ | 0.5 |
| $\rho^{\eta}$ | 0.6 |
| $\rho^{\nu}$ | 0.1 |
| $\rho^{z^x}$ | 0.1 |
| $\rho^t$ | 0.9 |

| Parámetros de las reglas de política monetaria | |
|---|---|
| $\rho$ | 0.3 |
| $\gamma -^{\pi}$ | 1 |
| $\gamma^{\pi}$ | 1.5 |
| $\gamma^{y}$ | 1 |
| $\gamma^{e}$ | 1 |
| $h_0$ | 0.1 |
| $h_1$ | 1 |

# 6 Análisis impulso respuesta

A continuación se presentan las funciones impulso respuesta de las variables endógenas del modelo en su forma reducida ante shocks transitorios en base a los resultados obtenidos con la calibración utilizada. En el cuadro 1 se muestra la reacción de las variables endógenas ante un shock de productividad positivo en el sector de bienes intermedios doméstico.

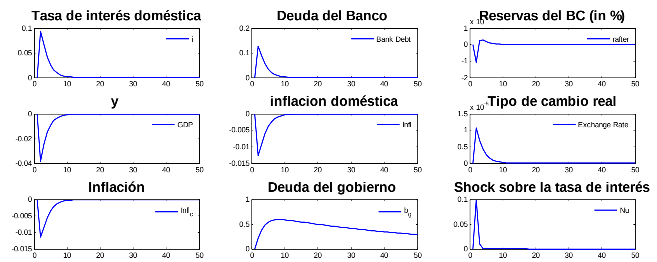
Cuadro No 1 Shock de productividad




El resultado obtenido muestra como el shock de productividad positivo afecta positivamente el producto y negativamente a la inflación doméstica. Luego la depreciación real inicial provoca que la caída de la inflación de los bienes de consumo sea menor a la de los bienes domésticos. El descenso en la tasa de interés reduce por un lado el costo del financiamiento para las firmas del sector productor del bien intermedio doméstico lo que incrementa su producción, al tiempo que incentiva un mayor consumo presente impulsando la demanda agregada. La convergencia posterior a los niveles de estado estacionario responde a la desaparición del shock de productividad y a las leyes de movimiento de la tasa de interés doméstica y las reservas del Banco Central en el marco de las reglas de política definidas de forma de estabilizar los desvíos en el producto, la inflación y el tipo de cambio real respecto a sus niveles de estado estacionario.

En el cuadro No 2 se muestran las funciones impulso respuesta ante un shock monetario contractivo que eleva la tasa de interés doméstica. El incremento inicial en la tasa de interés aumenta el costo de financiamiento y por lo tanto reduce la producción de bienes intermedios domésticos y reduce el consumo presente del hogar y la tasa de inflación.

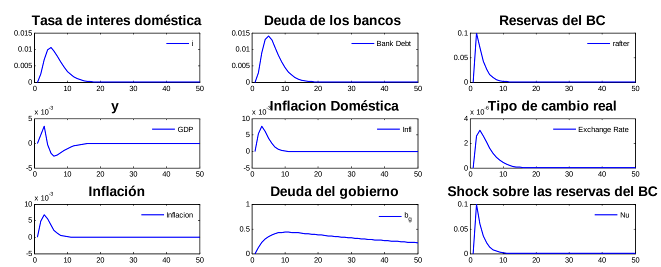
Cuadro No 2 Shock de política monetaria sobre la tasa de interés




Se incrementa la deuda de los bancos comerciales y del gobierno para financiar los mayores intereses sobre los depósitos y los bonos del Banco Central (mayor déficit cuasi fiscal). La caída posterior en la tasa de interés doméstica y en el stock de reservas explican la convergencia posterior al estado estacionario inicial.

En el cuadro No 3 se presentan las funciones impulso respuesta ante un shock sobre la regla de política monetaria para el stock de reservas internacionales.

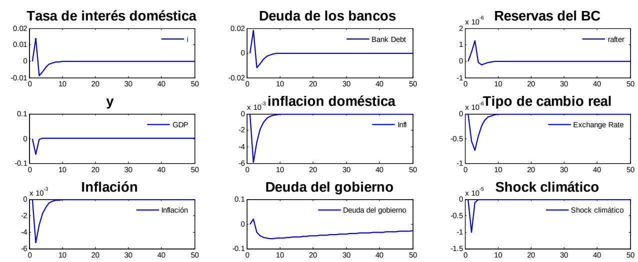
Cuadro No 3 Shock sobre el stock de reservas del BC




La depreciación real inicial incrementa la deuda internacional en moneda doméstica de los bancos comerciales y el gobierno, generando que la tasa de interés aumente y se revierta el impulso inicial sobre la producción. La mayor tasa de interés impulsa una reducción en el consumo y en la tasa de inflación, al tiempo que se encarece el financiamiento para las firmas de la economía. La inflación aumenta adicionalmente por el encarecimiento de los insumos y bienes finales importados. Luego el descenso posterior en las reservas del Banco Central provoca el descenso en el tipo de cambio real y la convergencia de las variables al estado estacionario inicial.

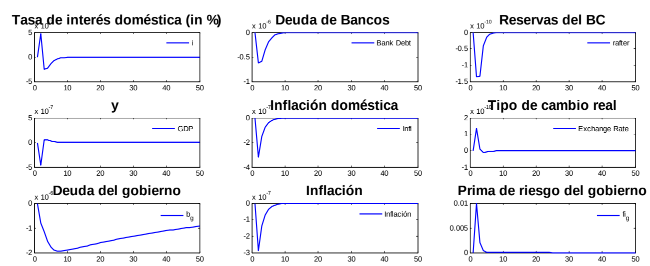
En el cuadro No. 4 se muestran las funciones impulso respuesta ante un shock climático negativo que reduce la producción (por una menor cosecha) del sector primario exportador.

Cuadro No 4 Shock climático negativo




El deterioro en la balanza comercial por las menores exportaciones se financia con un mayor endeudamiento, a mayores tasas de interés (por la mayor prima de riesgo), lo que eleva el costo de financiamiento de las firmas del sector de bienes intermedios doméstico, que enfrentan una menor demanda del sector exportador y reducen su producción, al tiempo que se reduce el consumo de los hogares y la tasa de inflación. Cuando la tasa de interés retorna a su nivel de estado estacionario este proceso se revierte y a medida que el tipo de cambio real converge a su estado estacionario también lo hacen las reservas del Banco Central. En el cuadro 5 se observan las funciones impulso respuesta ante un shock sobre el componente exógeno de la prima de riesgo de la deuda del gobierno.

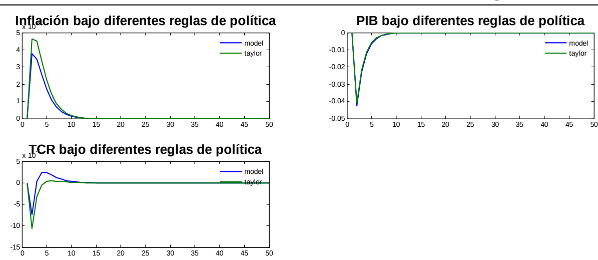
Cuadro No 5 Shock a la prima de riesgo del gobierno




El shock exógeno, eleva la prima de riesgo sobre la deuda del gobierno, incrementando la tasa de interés, elevando el costo de financiamiento en la economía y reduciendo la producción (por el mayor costo en el financiamiento de las firmas del sector de bienes intermedios), el consumo, la demanda agregada y la tasa de inflación. La mayor carga en los intereses de la deuda internacional para los bancos y el gobierno genera un efecto riqueza negativo por lo que se reduce transitoriamente su stock de deuda. La consiguiente caída en la tasa de interés y en el stock de reservas impulsan el producto y la inflación a sus valores de estado estacionario, al tiempo que estabilizan el tipo de cambio real luego de la depreciación inicial.

En el cuadro 6 a continuación se presentan las funciones impulso respuesta para la tasa de inflación, el producto y el tipo de cambio real ante un shock transitorio que reduce la productividad en el sector del bien intermedio doméstico bajo dos diferentes reglas de política monetaria, la utilizada en el modelo y la regla de Taylor tradicional. El efecto de tener un nivel de inflación mayor al objetivo en el pasado es diferente bajo las dos reglas de política. En la regla de política desarrollada en el modelo, cuando la inflación del período anterior se encuentra por encima del nivel objetivo, el Banco Central es más contractivo con el instrumento de tasa de interés en el período siguiente, mientras que en la regla de Taylor tradicional este efecto es menor.

Cuadro No 6 Shock de productividad negativo




El shock tecnológico negativo genera un incremento menor en la tasa de inflación y una convergencia posterior más rápida al nivel objetivo bajo la regla propuesta en el modelo, respecto a lo que sucede bajo la regla de Taylor tradicional. Cuando la tasa de inflación se aproxima al nivel objetivo la diferencia en las funciones impulso respuesta se reduce. No se observan diferencias significativas en la evolución del producto bajo ambas reglas de política, mientras que bajo la regla de Taylor tradicional la apreciación real inicial es mayor a la observada con la regla modificada. Ante la menor apreciación real se observa una menor caída de las exportaciones y por la menor inflación esperada por los hogares se da una menor reducción en el consumo y en la demanda agregada.

# 7 Conclusiones

El modelo de equilibrio general dinámico y estocástico desarrollado en el presente trabajo intenta replicar las particularidades de la economía uruguaya y permite estudiar sus principales relaciones macroeconómicas. Mediante el mismo es posible analizar los efectos sobre estas variables de un conjunto de shocks exógenos transitorios y pueden evaluarse las principales consecuencias de las políticas económicas llevadas adelante. Se destacan los resultados obtenidos al comparar los efectos de un shock que eleva la tasa de inflación por encima de su nivel objetivo bajo diferentes reglas de política monetaria para la tasa de interés. Incorporar una regla de política que toma en cuenta los desvíos de la inflación respecto a su nivel objetivo en el pasado genera una dinámica diferente en la tasa de inflación y una convergencia más acelerada. El modelo incorpora el estudio de los efectos de un incremento en la prima de riesgo que el gobierno debe pagar por su endeudamiento y de los efectos generados por un shock climático que afecta la producción en el sector primario exportador de la economía, siendo ambas perturbaciones de particular relevancia para la economía uruguaya. El desarrollo de reglas de política monetaria más sofisticadas, en un marco de relaciones no lineales, que tomen en cuenta también a la brecha del producto en el pasado o la incorporación de una regla de política monetaria que utilice como instrumento operativo al ritmo de crecimiento de la cantidad de dinero, pueden ayudar a replicar de forma más cercana las medidas de política realizadas por la autoridad monetaria y serán objeto de futuras investigaciones.

# 8 Bibliografía


- Aguiar M. y Gopinath G. (2007). *Emerging Market Business Cycles: The Cycle is the Trend.* Journal of Political Economy 115, 2007, 69-102.

- Bucacos, E. (2001). *Tendencia y ciclo en el producto uruguayo.* Documento de trabajo, BCU N°001 − 2001. 1688-7565

- Calvo, G. (1983). *Staggered Prices in a Utility Maximizing Framework.* Journal of Monetary Economics, vol 12(3): 983-998.

- Canova F. (2007). *Methods for Applied Macroeconomic Research.* Princeton University Press. ISBN 9780691115047.

- Christiano, Eichenbaum y Evans (2005). *Nominal rigidities and the dynamic effects of a shock to monetary policy.* Journal of Political Economy, vol. 113(1):1-45.

- Cubas G. (2011). *A Dynamic Stochastic General Equilibrium Model for Policy Analysis in Uruguay.* Documento de trabajo, BCU N° 0013−2011. 1688-7565.

- Cubas G. (2012). *The Rate of Reserve Requirements and Monetary Policy in Uruguay: a DSGE Approach.* Documento de trabajo, BCU N° 0011 − 2012. 1688-7565.

- DeJong D. (2007). *Structural Macroeconometrics.* Princeton University Press. 10:0-691-12648-8.

- Dolado J., Pedrero R. y Ruge-Murcia, F. (2004). *Nonlinear Monetary Policy Rules: Some New Evidence for the U.S.*Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics. Vol 8. Is 3. Art 2. The Berkeley Electronic Press.

- Davig T. y Leeper E.(2006) *Endogenous Monetary Policy Regime Change.* The Federal Reserve Bank of Kansas City. Economic Research Department.RWP 06-11.

- Escudé G. (2009). *ARGEMmy: An intermediate DSGE model calibrated/estimated for Argentina: two policy rules are often better than one.* Working Paper. BCRA 2007-21.

- Galí, Jordi. (2008). *Monetary Policy, Inflation and the Business Cycle. An Introduction to the New Keynesian Framework.* Princeton University Press. Princeton and Oxford. 978-0-691-13316-4.

- Gollin D. (2002). *Getting Income Shares Right.* Journal of Political Economy. 2002, vol. 110, no. 2. 0022-3808/2002/11002-0006.

- González-Rozada, M. y Sola, M.(2014) *Towards a "New" Inflation Targeting Framework: The Case of Uruguay.* IDB Working Paper Series, 486.

- Klein P. (2000). *Using the generalized Schur form to solve a multivariate linear rational expectations model.* Journal of Economic Dynamics and Control 24, 2000, 1405-1423.
- Neumeyer P. A. y Perri F. (2005). *Busines Cycles in Emerging Economies: The Role of Interest Rates.* Journal of Monetary Economics 52, 345-380.
- Neumeyer P. A. (2010). *Economía Monetaria Internacional.* Notas de clase. Universidad Torcuato Di Tella. (https://sites.google.com/site/utdtmacro3).
- Rodriguez H. y Tiscordio I. (2011). *Aplicación de un Modelo de Real Business Cycle para la economía uruguaya.* Documento de trabajo BCU N° 009-2011. 1688-7565.
- Scmitt-Grohé S. Uribe M. (2003). *Closing small open economy models.* Journal of International Economics 61, pp. 163-185.
- Taylor, John B. (1993) *Discretion Versus Policy Rules in Practice.* Carnegie-Rochester. Conference Series on Public Policy 39: 195-214.
- Taylor, John B. (1999) *A Historical Analysis of Monetary Policy Rules.* J.B. Taylor, ed., Monetary Policy Rules, Chicago: U. of Chicago Press, 1999.
- Uribe M. (2013). *Open Economy Macroeconomics.* Lectures notes from Columbia University (www.columbia.edu).
- Woodford, M. (2003). *An estimated general equilibrium model for the euro area.* Journal of the European Economic Association, vol. 1, No 5: 1123U1175.

# 9 Anexo 1. Sistema de ecuaciones loglinealizadas

Ecuación de Euler del consumo

$$\widehat{C_t} = E_t\widehat{C_{t+1}} - \frac{1}{\sigma}\left(\widehat{i_t} - E_t\widehat{\pi^c_{t+1}}\right) + \frac{\varepsilon_M}{\sigma}E_t\widehat{Z^c_{t+1}}$$

El salario real

$$\widehat{w_t} = \chi\widehat{h_t} + \sigma\widehat{C_t} + \widehat{p^c_t} + \varepsilon_M\widehat{i_t} - \widehat{Z^c_t}$$

La curva de Phillips para la inflación doméstica

$$\widehat{\pi_t} - \widehat{\pi_{t-1}} = \beta\left(E_t\widehat{\pi_{t+1}} - \widehat{\pi_t}\right) + \frac{(1-a)(1-\alpha\beta)}{\alpha}\widehat{mc_t}$$

Precio relativo del bien importado

$$\widehat{p^N_t} = \widehat{e_t}$$

$$\widehat{p^N_t} - \widehat{p^N_{t-1}} = \widehat{\pi^N_t} - \widehat{\pi_t}$$

$$\widehat{e_t} - \widehat{e_{t-1}} = \widehat{\delta_t} + \widehat{\pi^{*N}_t} - \widehat{\pi_t}$$

La paridad descubierta de la tasa de interés

$$\widehat{i_t} = \gamma^B_1 E_t\widehat{\delta_{t+1}} + \gamma^B_2\widehat{i^*_t} + \gamma^B_3\widehat{e_t} + \gamma^B_4\widehat{b^{*B}_t} + \gamma^B_2\widehat{\phi^{*B}_t}$$

Equilibrio del mercado de préstamos

$$\widehat{i^L_t} = \frac{(1+i)}{(1+i^L)}\widehat{i_t} + \frac{a^B_L}{b^q}\frac{\xi}{(1+i^L)}wh\left(\widehat{w_t} + \widehat{h_t}\right)$$

Equilibrio del mercado de trabajo

$$\widehat{h_t} = (1-b^q)\left(\widehat{p^N_t} - \widehat{w_t}\right) + \widehat{Q_t} - \widehat{\varepsilon_t}$$

Equilibrio del mercado del bien doméstico

$$\widehat{Q_t} = \frac{a_D p^c c}{Q}\left(\widehat{p^c_t} + \widehat{c_t}\right) + \frac{G}{Q}\widehat{G_t} + \frac{(\alpha_A e p^* z^x)^{\frac{1}{1-\alpha_A}}}{Q}\frac{1}{1-\alpha_A}\left(\widehat{e_t} + \widehat{p^*_t} + \widehat{z^x_t}\right)$$

La balanza de pagos

$$
\begin{aligned}
b^{*B}\widehat{b_t^{*B}} + b^{*G}\widehat{b_t^{*G}} &= r^{CB}\widehat{r_t^{CB}} - \frac{(1+i^*)}{\widehat{\pi^{*N}}}\widehat{r_{t-1}^{CB}} + \\
&+\widehat{i_{t-1}^*}\frac{(1+i^*)}{\widehat{\pi^{*N}}}\left[\left(1+\phi^{*B}+\alpha_1^B\left(eb^{*B}\right)^{a_2^B}\right)+\left(1+\phi^{*G}+\alpha_1^G\left(eb^{*G}\right)^{a_2^G}\right)-r^{CB}\right]+ \\
&+\widehat{e_{t-1}}\frac{(1+i^*)}{\widehat{\pi^{*N}}}\left[\left(b^{*B}\alpha_1^B\left(eb^{*B}\right)^{a_2^B}\right)+\left(b^{*G}\alpha_1^G\left(eb^{*G}\right)^{a_2^G}\right)\right]+ \\
&+\widehat{\phi}_{t-1}^{*B}\frac{(1+i^*)}{\widehat{\pi^{*N}}}b^{*B}\phi^{*B} + \\
&+\widehat{\phi}_{t-1}^{*G}\frac{(1+i^*)}{\widehat{\pi^{*N}}}b^{*G}\phi^{*G} + \\
&+\widehat{b_{t-1}^{*B}}\frac{(1+i^*)}{\widehat{\pi^{*N}}}b^{*B}\left(1+\phi^{*B}+\alpha_1^B\left(eb^{*B}\right)^{a_2^B}\left(1+a_2^B\right)\right)+ \\
&+\widehat{b_{t-1}^{*G}}\frac{(1+i^*)}{\widehat{\pi^{*N}}}b^{*G}\left(1+\phi^{*G}+\alpha_1^G\left(eb^{*G}\right)^{a_2^G}\left(1+a_2^G\right)\right)- \\
&-\widehat{e_{t-1}}\left[\left(\alpha_A ep^*\right)^{\frac{\alpha_A}{1-\alpha_A}}\left(z^x\right)^{\frac{1}{1-\alpha_A}}\right]\frac{\alpha_A}{1-\alpha_A} \\
&-\widehat{p_t^*}\left[\left(\alpha_A ep^*\right)^{\frac{\alpha_A}{1-\alpha_A}}\left(z^x\right)^{\frac{1}{1-\alpha_A}}\right]\frac{\alpha_A}{1-\alpha_A} \\
&+\left(\widehat{p_t}+\widehat{c_t}\right)\left[\left(1-a_D\right)p^c c\right] \\
&+\left(\widehat{w_t}+\widehat{h_t}\right)\left[\frac{(1-b^q)}{b^q}wh\right] \\
&-\widehat{z_t^x}\left[\left(\alpha_A ep^*\right)^{\frac{\alpha_A}{1-\alpha_A}}\left(z^x\right)^{\frac{1}{1-\alpha_A}}\right]\frac{1}{1-\alpha_A} \\
&-\widehat{\pi_t^{*N}}\left[\left(\alpha_A ep^*\right)^{\frac{\alpha_A}{1-\alpha_A}}\left(z^x\right)^{\frac{1}{1-\alpha_A}}-\left(1-a_D\right)p^c c-\frac{(1-b^q)}{b^q}wh\right]
\end{aligned}
$$

Relación entre producto y PIB

$$\widehat{y_t} = \gamma_1^y\widehat{Q_t} - \gamma_2^y\left(\widehat{w_t}+\widehat{h_t}\right) + \gamma_3^y\left(\widehat{e_t}+\widehat{p_t^*}\right) + \gamma_4^y\widehat{z_t^x}$$

Costo marginal real

$$\widehat{mc_t} = \frac{\xi}{1+i^L\xi}\widehat{i_{t-1}^L} + b^q\widehat{w_t} + (1-b^q)\,\widehat{p_t^N} - \widehat{\varepsilon}_t$$

Precio relativo del consumo

$$\widehat{p_t^c} = \frac{\left(1-a_D\right)\left(\frac{\theta^N}{\theta^N-1}e\right)^{1-\theta^c}}{a_D+\left(1-a_D\right)\left(\frac{\theta^N}{\theta^N-1}e\right)^{1-\theta^c}}\widehat{p_t^N}$$

Tasa de inflación del consumo

$$\widehat{\pi_t^c} = \gamma^{pc}\widehat{\pi_t^N} + (1-\gamma^{pc})\,\widehat{\pi}_t$$

Restricción presupuestaria del gobierno consolidado

$$\begin{aligned} \widehat{tt_t} - g\widehat{G_t} &= \gamma_1^G \widehat{e_t} + \gamma_2^G \widehat{e_{t-1}} + \gamma_3^G \widehat{i_{t-1}^*} + \gamma_4^G \widehat{b_{t-1}^{*G}} - \gamma_5^G \widehat{b_t^{*G}} \\ &\quad -\gamma_6^G \widehat{r_{t-1}^{*CB}} + \gamma_7^G \widehat{\pi_t^{*N}} - \gamma_8^G \widehat{\delta}_t + \gamma_9^G \left(\widehat{i_{t-1}} + \widehat{b_{t-1}^{CB}} - \widehat{\pi}_t\right) \end{aligned}$$

Regla de política para las reservas internacionales

$$\widehat{r_t^{*CB}} = k_0 \widehat{r_{t-1}^{*CB}} - k_1\left(\widehat{e_t} - \widehat{e_{t-1}}\right)$$

Regla de política para la tasa de interés

$$\widehat{i_t} = \rho\widehat{i_{t-1}} + (1-\rho)\left[\gamma^{\pi-}\widehat{\pi_{t-1}} + \gamma^{\pi}\widehat{\pi}_t + \gamma^y \widehat{y_t} + \gamma^e \widehat{e_t}\right] + \widehat{v_t}$$