

Reglas de política monetaria en tiempos de estabilidad y volatilidad: Un enfoque de equilibrio general con estimación bayesiana para Bolivia

Valeria Fernanda Jemio Hurtado*

RESUMEN

El presente trabajo tiene el propósito de conocer el desempeño de diferentes reglas de política monetaria a partir de la evaluación de una aproximación de segundo orden de la función de utilidad, aplicando un Modelo de Equilibrio General Dinámico Estocástico (MEGDE) calibrado y estimado con técnicas bayesianas, a partir de series de tiempo de la economía boliviana. El análisis se efectúa en dos tipos de escenarios, el primero basado en el periodo 1990-2019, y el segundo considerando un contexto de extrema volatilidad en la varianza de los choques, simulando una coyuntura de recesión como fue el 2020. Los resultados muestran que, en un entorno de estabilidad y choques de demanda, una regla de agregados monetarios enfocada en aminorar desviaciones del producto y la inflación, consigue el mejor desempeño. Sin embargo, en el caso de extrema volatilidad, particularmente con choques de oferta, una política monetaria que toma en cuenta la estabilidad cambiaria como prioridad, es aquella con el mejor rendimiento.

Clasificación JEL: C11, E52, E58, F44

Palabras clave: Política monetaria, Modelos de Equilibrio General Dinámico Estocásticos para economías abiertas, estimación bayesiana

* El contenido del presente documento es de responsabilidad de la autora y no compromete la opinión del Banco Central de Bolivia.
Correo electrónico: jemiovaleria@gmail.com

Monetary policy rules in times of stability and volatility: A general equilibrium approach with Bayesian estimation for Bolivia

Valeria Fernanda Jemio Hurtado*

ABSTRACT

Based on the assessment of a second-order approach of the utility function by applying a Dynamic Stochastic General Equilibrium Model (DSGE) calibrated and estimated using Bayesian techniques and considering Bolivian time series, the following work aims to know the performance of different monetary policy rules. The document analyzes two scenarios, the first of them based on the 1990 to 2019 period, and the second one considering a context of extreme volatility of variance of shocks, and simulating a recession conjuncture as the one lived in 2020. The main results show that, in an environment of stability and demand shocks, a monetary aggregate rule focused on lessening deviations of product and inflation achieves the best performance. However, in the case of extreme volatility, particularly with supply shocks, a monetary policy which considers exchange rate stability as a priority is the one with the best performance.

JEL Classification: C11, E52, E58, F44

Keywords: Monetary policy, Dynamic Stochastic General Equilibrium Models for open economies, Bayesian estimation

* The content of this document is the responsibility of the author and does not compromise the opinion of the Central Bank of Bolivia.
Email: jemiovaleria@gmail.com

I. Introducción

El objetivo del presente trabajo es conocer el desempeño de diferentes reglas de política monetaria para el caso de una economía pequeña y abierta como Bolivia, a través de la evaluación de una aproximación analítica de segundo orden de la función de utilidad. Para ello se construye un Modelo de Equilibrio General Dinámico Estocástico (MEGDE) calibrado y estimado con técnicas bayesianas, considerando un entorno que enfrenta choques eficientes (choques de productividad, demanda externa y gasto público) e ineficientes¹ (choques en la curva de Phillips o *cost-push shocks*).

El análisis se efectúa en dos tipos de escenarios, el primero, estimado en base al periodo 1990-2019; y el segundo, considerando un contexto de extrema volatilidad en la varianza de choques negativos de oferta y demanda, simulando un contexto de recesión extrema como fue la época de emergencia sanitaria en 2020. Para ambos casos, se evalúan siete reglas de política monetaria al estilo de Sutherland (2005): dos reglas típicas de tipo Taylor² que apuntan a estabilizar la inflación, desviaciones del producto y tipo de cambio (control estricto y relajado de tipo de cambio); dos reglas de agregados monetarios³ enfocadas en estabilizar la inflación IPC⁴, desviaciones del producto y tipo de cambio (control estricto y relajado de tipo de cambio); dos reglas de agregados monetarios enfocadas a estabilizar la inflación IPP⁵, desviaciones del producto y tipo de cambio (control estricto y relajado de tipo de cambio) y, finalmente, una regla orientada, solamente, a mantener nulas variaciones del tipo de cambio nominal sin considerar el comportamiento de variables reales de la economía. La mejor regla simple de política monetaria será aquella que minimice las pérdidas de utilidad (*welfare losses*)⁶ derivadas a través de la aproximación de segundo orden de la mencionada función.

1 Cuando un choque es ineficiente el producto natural no coincide con el producto eficiente (Galí 2015). Como se describe en la sección III.2.2 del presente documento, esta situación se presenta cuando existen choques a la curva de Phillips (*cost-push shocks*), existiendo un *trade-off* entre la estabilización del producto y la inflación. Consecuentemente, se da el caso de que la autoridad monetaria no lograría cerrar las brechas en el producto, inclusive logrando una estabilidad completa de los precios.

2 La regla típica de Taylor considera la brecha del producto y la inflación IPC.

3 Las reglas de agregados monetarios aplicadas en el documento consideran el estilo de Valdivia (2019) donde se desarrolla la Regla de Poole.

4 IPC es el Índice de Precios al Consumidor

5 El IPP (Índice de Precios del Productor) mide los precios de bienes producidos y vendidos por productores del país.

6 El concepto de "*welfare losses*", a partir de una aproximación de segundo orden de la función de utilidad, es ampliamente utilizado en la teoría económica (Galí, 2015, Benigno, 2009, Sutherland, 2005 y muchos otros).

Los principales resultados muestran que, en un entorno de relativa estabilidad (1990-2019) y choques de demanda, una regla de agregados monetarios que apunta a estabilizar, principalmente el producto y la inflación IPP consigue el mejor desempeño; sin embargo, en el caso de extrema volatilidad y choques ineficientes de oferta, una regla que considera la estabilidad del tipo de cambio como prioridad es aquella con el mejor rendimiento.

La construcción teórica del modelo se basa esencialmente en el trabajo de Galí y Monacelli (2005), considerando un entorno de competencia imperfecta y rigideces nominales *á la* Calvo (1983). Sin embargo, a diferencia de su representación del mundo como un continuo de economías pequeñas y choques eficientes, se toma en cuenta el análisis de De Paoli (2009b), considerando que, en el límite, el tamaño de la economía nacional tiende a cero de tal manera que la misma no tiene influencia en los precios ni tasas de interés del resto del mundo, pero sí puede verse afectada por choques externos. Para la representación canónica del modelo, se derivan analíticamente las ecuaciones fundamentales de la economía (curva de Phillips neo-keynessiana y curva IS) en términos de desviaciones de la brecha relevante del producto, en un contexto de choques eficientes e ineficientes.

El análisis de la dinámica de choques ineficientes es fundamental en el contexto de una economía pequeña y abierta como Bolivia que enfrenta perturbaciones exógenas que podrían generar un simultáneo ascenso de la inflación y una contracción del producto tales como: potenciales incrementos en los precios de los insumos de producción, sequías o inundaciones que generen menores niveles de producción y presiones inflacionarias (especialmente en el caso de alimentos), conflictos sociales que perjudiquen el normal tránsito de la producción y desencadenen tanto escasez en la oferta como potenciales mayores precios. En todos estos casos, apuntar solamente a reducir la inflación podría generar presiones negativas en el producto.

Por otra parte, con el objetivo de evaluar las siete reglas simples de política monetaria descritas previamente, se deriva una aproximación de segundo orden de la función de utilidad que representa las potenciales pérdidas para la sociedad (*welfare losses*), en el estilo de Rotemberg y Woodford (1999) y Galí (2015). Finalmente, se eligen como mejores, aquellas reglas simples de política monetaria que minimicen aquellas pérdidas⁷.

7 Debido a la construcción del modelo y los parámetros, las pérdidas de bienestar (*welfare losses*) basadas en la derivación de segundo orden de la función de utilidad, se basan en desviaciones del trabajo. A su vez, las mínimas desviaciones del trabajo coinciden con las mínimas desviaciones del producto y la inflación.

El presente trabajo está organizado de la siguiente manera: la sección dos presenta una breve revisión de la literatura, considerando los principales análisis teóricos y empíricos que sirven de base para la elaboración del mismo, además de considerar los principales estudios de equilibrio general en el caso de Bolivia; la sección tres describe y resuelve el modelo, considerando la influencia de diferentes choques en la economía y mostrando la representación canónica de las principales ecuaciones log-linealizadas del sistema; la sección cuatro explica el mecanismo de evaluación de las reglas de política monetaria, describiendo las siete posibles alternativas y detallando la derivación de segundo orden de la función de utilidad para el análisis de las reglas; la quinta sección muestra los detalles de calibración y estimación del modelo, explicando la metodología empírica utilizada y describiendo los datos; la sexta sección muestra los principales resultados obtenidos a partir del análisis, presentando los parámetros computados por la estimación bayesiana y la evaluación de políticas en dos tipos de escenarios: el primero, tomando en cuenta el periodo comprendido entre 1990 y 2019, y el segundo, considerando una atmósfera de excesiva volatilidad en la varianza de los choques, simulando el periodo de recesión sin precedente de 2020. Finalmente, la sección siete concluye.

II. Revisión de la literatura

La construcción teórica del modelo se basa esencialmente en el trabajo de Galí y Monacelli (2005) que considera un entorno de competencia imperfecta y rigideces nominales al estilo de Calvo (1983). En esencia, los autores calibran un modelo de equilibrio general para una economía pequeña y abierta con el objetivo de analizar las implicaciones macroeconómicas de tres diferentes tipos de políticas monetarias. Se modela la economía mundial como un continuo infinito de pequeñas economías, donde los patrones de demanda de una de ellas no tienen influencia en el agregado total. La característica principal del análisis es la derivación analítica de las ecuaciones fundamentales, como la curva de Phillips neo-keynesiana y la curva IS, en términos de la brecha del producto.

Existe una amplia gama de literatura sobre la estimación bayesiana en el contexto de modelos de equilibrio general. Por ejemplo, Adolfson (2007) utiliza los datos de la Eurozona para realizar el análisis de una economía abierta, tomando en cuenta rigideces reales y nominales. Por su parte, Lubik y Schorfheide (2006) estiman los parámetros de reacción de la política monetaria, evaluando la importancia que asignan los bancos centrales a la estabilidad cambiaria. Estos trabajos muestran que, para lograr una lectura más precisa

del comportamiento dinámico de las principales variables de la economía, es relevante la combinación del análisis empírico y teórico.

Rotemberg y Woodford (1999) evalúan diferentes reglas de política monetaria en el contexto de una economía pequeña y abierta. La idea se centra en demostrar el bienestar a partir de la agregación o sumatoria de la función de utilidad de los agentes representativos, derivando una aproximación de segundo orden de la misma, que denominan “Pérdidas de la sociedad” (*welfare losses*). El objetivo final de éste cómputo analítico es elegir aquella regla que minimice las pérdidas en un contexto de equilibrio general. Éste planteamiento es ampliamente utilizado en la literatura económica actual, por ejemplo, Galí y Monacelli (2005), Benigno (2009) y De Paoli (2009b) se basan en ésta estrategia para medir el desempeño de diferentes políticas monetarias.

De Paoli (2009b) desarrolla un modelo neo-keynesiano, derivando una expresión cuadrática de la función de utilidad para la evaluación de políticas monetarias y concluye que, en el contexto de una economía abierta, con choques ineficientes, la autoridad monetaria debe prestar especial atención a la variabilidad del tipo de cambio nominal para minimizar las pérdidas totales de la sociedad. Además, la autora representa la economía como un conjunto de dos países: la economía pequeña y abierta y el resto del mundo, donde el tamaño de la primera tiende a cero (tomando el límite) en comparación con su contraparte. También toma en cuenta el concepto de “*home bias*” para representar la proporción de bienes domésticos en el consumo total. Finalmente, De Paoli (2009b) encuentra que una regla de política monetaria con miras a estabilizar la inflación del IPP es más efectiva que una enfocada en el IPC.

Monacelli (2004) captura, en una regla de política monetaria, la importancia que otorga la autoridad monetaria a la estabilidad cambiaria, estimando los parámetros de la regla en base a datos observados de un conjunto de países industrializados que mantuvieron un tipo de cambio controlado en la década de 1960. En el marco del análisis de equilibrio general con rigidices nominales, el autor muestra que el tipo de cambio real es entre cuatro a cinco veces más volátil en un entorno de tipo de cambio nominal completamente flexible, destacando el rol de la estabilidad cambiaria.

Sutherland (2005) analiza y compara el desempeño de diferentes reglas simples de política monetaria, evaluando las mismas a través de una aproximación de segundo orden de la función de utilidad, en un entorno donde están presentes choques eficientes e ineficientes (*cost-push shocks*). Adicionalmente, se

deriva analíticamente una regla de política monetaria óptima a partir de la minimización de la función de pérdidas. En el documento, el autor afirma que, ante la presencia de choques ineficientes que provocan una disyuntiva entre la estabilización del producto y la inflación, es preferible una regla de política simple (y no necesariamente “óptima”) que minimice las pérdidas de utilidad para la sociedad.

En el caso de Bolivia, uno de los primeros avances en el marco de modelos de equilibrio general para una economía abierta es el de Cerezo (2010), que evalúa la efectividad de la respuesta de políticas monetarias a choques a las exportaciones, productividad y tasas de interés. El autor halla que una política monetaria enfocada en estabilizar tanto el producto como la inflación es mejor que otra que sólo considera desvíos de la inflación. Además, se afirma que la autoridad monetaria en Bolivia, mediante Operaciones de Mercado Abierto (OMA), desencadena fluctuaciones en la cantidad de dinero en circulación, repercutiendo en cambios en la tasa de interés nominal del mercado, siendo, por tanto, válido un análisis que incluya una regla de tipo Taylor para representar la política monetaria en Bolivia.

Por otra parte, Valdivia y Valdivia (2014) analizan las repercusiones de la política fiscal en la dinámica inflacionaria en Bolivia, mostrando que la primera contribuyó efectivamente a la estabilización de precios en el periodo 2000-2012.

La investigación de Zeballos (2018) tiene como objetivo evaluar el comportamiento de la economía boliviana en base a un modelo de equilibrio general con cambio de régimen (*Markov-Switching*). Tomando en cuenta una política basada en agregados monetarios (regla de McCallum), los autores demuestran evidencia que la función de reacción de política monetaria y las volatilidades de los choques experimentaron un cambio de régimen, además, se provee una amplia estimación de los parámetros.

Valdivia (2019) desarrolla una regla de política monetaria para el caso boliviano a través de un análisis micro-fundado cimentado en el aporte de William Poole (1970), derivando la denominada “Regla de Poole”. El análisis toma en cuenta el régimen de *Monetary Aggregate Target*, postulando que el banco central fija la oferta monetaria en función a cinco variables clave: la brecha del producto, brecha de la tasa de interés, tasa de interés observada, expectativas del producto y de la inflación. El autor muestra que, a diferencia de una regla de McCallum, la regla de Poole provee resultados intuitivos y coherentes con la teoría económica, de tal manera que *shocks* positivos en la regla de agregados

lograrían incentivos en las variables reales a través del canal de las tasas de interés incluido en la regla.

Además de las publicaciones mencionadas, existen varios documentos de análisis que también evalúan la economía boliviana en el marco de un modelo de equilibrio general, como es el caso de Machicado y Estrada (2012), Díaz y Garrón (2016), Salas y Escobar (2018), entre otros. Sin embargo, hasta el momento ninguno de los trabajos se ha enfocado en evaluar una aproximación de segundo orden de la función de utilidad para medir el desempeño de diferentes reglas alternativas simples de política monetaria. En éste sentido, el presente documento, precisamente, trata de incluir éstas características para evaluar adecuadamente diferentes reglas y elaborar un *ranking* de las mismas en presencia de choques eficientes e ineficientes.

III. Descripción del modelo

En el estilo de Galí y Monacelli (2005), el modelo toma en cuenta un entorno de competencia imperfecta y rigideces nominales *à la* Calvo (1983). Para la representación de la economía pequeña y del resto del mundo, se toma en cuenta el estilo de De Paoli (2009b), considerando que, en el límite, el tamaño de la primera tiende a cero, de tal manera que la misma no influencia los precios ni las tasas de interés del resto del mundo pero puede verse afectada por choques externos. El agente representativo maximiza su utilidad diferenciable en consumo, horas de trabajo y demanda por dinero en saldos reales.

Existe un continuo de hogares (de masa igual a la unidad). El segmento ubicado entre $[0, n)$ está ubicado en la economía nacional o doméstica “H” y el resto $[0, n)$ corresponde al resto del mundo o país extranjero “F”. Por lo tanto, la representación de la economía se da en un contexto similar al de dos países, donde $n \rightarrow 0$.

Cada hogar posee una firma monopolísticamente competitiva que produce un bien diferenciado, que emplea solamente “trabajo” como factor de producción, y asume retornos constantes de escala. De la misma forma, los bienes producidos en la economía doméstica “H” y extranjera “F” se encuentran en los intervalos respectivos de $[0, n)$ y $[n, 1]$. Se asume que todos los bienes son transables entre países. Adicionalmente, se toma en cuenta el concepto de “*home bias*”, en el estilo de De Paoli (2009b), para representar la fracción de bienes domésticos consumidos en el país “H”. Éste último concepto ayuda a modelar y derivar intuitivamente la función de demanda agregada de la economía pequeña y abierta.

III.1. Preferencias

Cada agente representativo, en la economía doméstica “H”, maximiza su función de utilidad separable intertemporal, diferenciable en consumo “C”, horas de trabajo “N” y demanda por dinero en saldos reales “M/P”⁸, la cual es creciente y cóncava en cuanto a la primera y tercera variables y decreciente y convexa en cuanto a la segunda.

$$U_t = E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} \beta^{\tau} U\left(C_{t,\tau}, N_{t,\tau}, \frac{M_{t,\tau}}{P_{t,\tau}}\right) \quad (3.1)$$

$\beta \in [0,1]$ es el factor de descuento intertemporal y E_t es la esperanza condicionada en la información disponible en tiempo “t”. El consumo y el trabajo están respectivamente representadas por funciones de forma iso-elástica:

$$U(C, N) = \frac{C^{1-\rho} - 1}{1-\rho} - \frac{N^{1+\eta}}{1+\eta} + \frac{\left(\frac{M}{P}\right)^{1-\sigma_M}}{1-\sigma_M}$$

donde el parámetro ρ es el coeficiente de aversión al riesgo, η es la inversa de la elasticidad de la oferta de trabajo y σ_M es la inversa de la elasticidad de la demanda por dinero con respecto a la tasa de interés. Cada firma, monopolísticamente competitiva, produce un bien diferenciado de consumo “h” utilizando la mano de obra como único factor de producción y considerando la siguiente función $y(h) = A_t N_t(h)$, donde A_t representa la tecnología utilizada para la producción del bien.

El agente representativo consume bienes extranjeros C_F y nacionales C_H y, por tanto, el consumo total está definido por la siguiente función de elasticidad de sustitución intertemporal constante:

$$C = \left(v^{\frac{1}{\theta}} C_H^{\frac{\theta-1}{\theta}} + (1-v)^{\frac{1}{\theta}} C_F^{\frac{\theta-1}{\theta}} \right)^{\frac{\theta}{\theta-1}} \quad (3.2)$$

donde $\theta > 0$ es la elasticidad intra-temporal de sustitución entre bienes domésticos y extranjeros. Siguiendo a De Paoli (2009b), el parámetro que determina las preferencias de los agentes nacionales por bienes extranjeros $(1-v)$ es una función del tamaño relativo de la economía extranjera $(1-n)$ y el grado de apertura de la economía nacional λ :

8 Este tipo de representación se denomina “money in the utility function”

$$(1 - v) = (1 - n)\lambda \quad (3.3)$$

Por lo tanto, la preferencia por bienes nacionales o “*home bias*” “ v ” se encuentra inversamente relacionada con el grado de apertura de la economía nacional. A menor apertura, mayor preferencia por el consumo de bienes nacionales.

El resto del mundo, F , goza de similares patrones de preferencias, donde C_H^* y C_F^* denotan el consumo extranjero de bienes producidos en la economía doméstica “H” y extranjera “F”, respectivamente:

$$C_s^* = \left(v^{\frac{1}{\theta}} C_H^{*\frac{\theta-1}{\theta}} + (1 - v^*)^{\frac{1}{\theta}} C_F^{*\frac{\theta-1}{\theta}} \right)^{\frac{\theta}{\theta-1}} \quad (3.4)$$

donde las preferencias de agentes extranjeros por bienes nacionales producidos en “H” están definidas por v^* y dependen del tamaño relativo de la economía doméstica n y su grado de apertura. Es decir, a mayor apertura de “H”, mayor consumo de bienes producidos en “H” en el extranjero:

$$v^* = n\lambda \quad (3.5)$$

Al mismo tiempo, C_H^* y C_F^* son índices de consumo de bienes domésticos y extranjeros en “F”, representados por las siguientes funciones:

$$C_H = \left(\left(\frac{1}{n} \right)^{\frac{1}{\sigma_t}} \int_0^n c(h)^{\frac{\sigma_t-1}{\sigma_t}} dh \right)^{\frac{\sigma_t}{\sigma_t-1}} \quad (3.6)$$

$$C_H^* = \left(\left(\frac{1}{n} \right)^{\frac{1}{\sigma_t}} \int_0^n c^*(h)^{\frac{\sigma_t-1}{\sigma_t}} dh \right)^{\frac{\sigma_t}{\sigma_t-1}} \quad (3.7)$$

donde σ_t denota la elasticidad de sustitución entre bienes diferenciados “h” producidos en la economía doméstica “H”; sin embargo, la misma es variante a través del tiempo. De la misma forma, los índices de consumo de bienes diferenciados “f” producidos en el extranjero “F” son:

$$C_F = \left(\left(\frac{1}{n} \right)^{\frac{1}{\sigma_t}} \int_0^n c^*(f)^{\frac{\sigma_t-1}{\sigma_t}} dh \right)^{\frac{\sigma_t}{\sigma_t-1}} \quad (3.8)$$

$$C_F^* = \left(\left(\frac{1}{1-n} \right)^{\frac{1}{\sigma_c}} \int_{(1-n)}^1 c(f)^{\frac{\sigma_c-1}{\sigma_c}} df \right)^{\frac{\sigma_c}{\sigma_c-1}} \quad (3.9)$$

Los índices de precios también representan una composición de bienes domésticos y extranjeros, ya que el agente representativo consume ambos:

$$P = (vP_H^{1-\theta} + (1-v)P_F^{1-\theta})^{\frac{1}{1-\theta}} \quad (3.10)$$

$$P^* = (v^*P_H^{*1-\theta} + (1-v^*)P_F^{*1-\theta})^{\frac{1}{1-\theta}} \quad (3.11)$$

Al mismo tiempo, los sub-índices de precios de bienes producidos en la economía “H” y consumidos tanto nacionalmente como en el extranjero son, respectivamente:

$$P_H = \left(\left(\frac{1}{n} \right) \int_0^n p(h)^{1-\sigma_c} dh \right)^{\frac{1}{1-\sigma_c}} \quad (3.12); \quad P_H^* = \left(\left(\frac{1}{n} \right) \int_0^n p^*(h)^{1-\sigma_c} dh \right)^{\frac{1}{1-\sigma_c}} \quad (3.13)$$

donde $p^*(h)$ es el precio de un bien genérico diferenciado “h”, producido en la economía “H” y consumido en el extranjero “F”. De la misma forma, los sub-índices de precios de bienes producidos en el extranjero son:

$$P_F = \left(\left(\frac{1}{1-n} \right) \int_{(1-n)}^1 p(f)^{1-\sigma_c} df \right)^{\frac{1}{1-\sigma_c}} \quad (3.14)$$

$$P_F^* = \left(\left(\frac{1}{1-n} \right) \int_{(1-n)}^1 p^*(f)^{1-\sigma_c} df \right)^{\frac{1}{1-\sigma_c}} \quad (3.15)$$

No menos importante, los índices “P” y “P*” son expresados en términos de la moneda doméstica y extranjera, respectivamente. Además, el tipo de cambio real Q, se encuentra definido por:

$$P \neq SP^* \rightarrow \tilde{Q} = \frac{SP^*}{P} \quad (3.16)$$

donde “S” representa el tipo de cambio nominal. Por otra parte, la ley del precio único (*Law of one price*) se cumple para bienes idénticos producidos en el país “H” pero comercializados tanto en la economía nacional “H” como extranjera “F”:

$$p(h) = Sp^*(h) \quad y \quad p(f) = Sp^*(f) \quad (3.17)$$

III.1.1. Consumo intratemporal

Después de algunas derivaciones mostradas en el Apéndice A, apartado A.1, el consumo óptimo de bienes nacionales y extranjeros es el siguiente:

$$C_H = v \left(\frac{P_H}{P} \right)^{-\theta} C \quad (3.18); \quad C_F = (1-v) \left(\frac{P_F}{P} \right)^{-\theta} C \quad (3.19)$$

donde la función de demanda por bienes producidos domésticamente depende de su precio relativo, de la elasticidad de sustitución intratemporal y de las preferencias por bienes domésticos o “home bias”. Similarmente, el consumo óptimo en el país extranjero, en términos de precios domésticos, es el siguiente:

$$C_H^* = v^* \left(\frac{P_H}{P\bar{Q}} \right)^{-\theta} C^* \quad (3.20); \quad C_F^* = (1-v^*) \left(\frac{P_F}{P\bar{Q}} \right)^{-\theta} C^* \quad (3.21)$$

Al mismo tiempo, el agente representativo de la economía nacional maximiza el consumo por bienes diferenciados; por lo tanto, las funciones de demanda por bienes genéricos “h” y “f” son:

$$c(h) = \frac{1}{n} \left(\frac{p(h)}{P_H} \right)^{-\sigma_t} C_H \quad (3.22); \quad c(f) = \frac{1}{1-n} \left(\frac{p(f)}{P_F} \right)^{-\sigma_t} C_F \quad (3.23)$$

Análogamente, la demanda extranjera por bienes genéricos “h” y “f” en términos de precios domésticos es la siguiente:

$$c^*(h) = \frac{1}{n} \left(\frac{p(h)}{P_H} \right)^{-\sigma_t} C_H^* \quad (3.24); \quad c^*(f) = \frac{1}{1-n} \left(\frac{p(f)}{P_F} \right)^{-\sigma_t} C_F^* \quad (3.25)$$

Seguindo a De Paoli (2009b), parte del gasto público doméstico (extranjero) es destinado a la compra de bienes nacionales (extranjeros) denotando, respectivamente, las siguientes funciones de demanda del gobierno (las derivaciones están disponibles en el Apéndice A, apartado A.2):

$$g(h) = \frac{1}{n} \left(\frac{p(h)}{P_H} \right)^{-\sigma_t} G \quad (3.26); \quad g^*(f) = \frac{1}{1-n} \left(\frac{p(f)}{P_F} \right)^{-\sigma_t} G^* \quad (3.27)$$

Por lo tanto, la restricción presupuestaria del gobierno en la economía nacional se encuentra definida por:

$$\tau W_t N_t + O_t = P_{H,t}(G_t + Tr_t) \quad (3.28)$$

donde el gobierno financia sus gastos en bienes nacionales G_t y las transferencias (en forma de bienes de consumo) otorgadas a los ciudadanos Tr_t con recursos provenientes de impuestos proporcionales al salario por el trabajo $\tau W_t N_t$ y otros ingresos O_t .

a) La demanda intratemporal agregada

La demanda agregada se deriva tomando en cuenta que, en el límite, el tamaño de la economía doméstica “ H ” tiende a cero, es decir, $n \rightarrow 0$. Por lo tanto, la demanda por bienes genéricos de consumo producidos en la economía doméstica y extranjera, respectivamente, son (derivaciones en el Apéndice A, apartado A.3):

$$y(h) = \left(\frac{p(h)}{P_H}\right)^{-\sigma_t} \left(\left(\frac{P_H}{P}\right)^{-\theta} \left((1-\lambda)c + \lambda c^* \left(\frac{1}{Q}\right)^{-\theta}\right) + G\right) \quad (3.29)$$

$$y(f) = \left(\frac{p^*(f)}{P_F^*}\right)^{-\sigma_t} \left(\left(\frac{P_F^*}{P^*}\right)^{-\theta} c^* + G\right) \quad (3.30)$$

Por lo tanto, la demanda externa por bienes nacionales y el tipo de cambio real tienen influencia en la demanda agregada de la pequeña economía abierta. Al contrario, el consumo doméstico de bienes extranjeros no tiene ninguna influencia en la demanda agregada internacional ya que el tamaño de la economía nacional tiende a cero, en comparación con el resto del mundo.

Finalmente, log-linealizando las demandas agregadas nacional y extranjera, se tiene:

$$y_t = (1-\lambda)c_t + \lambda c_t^* + \gamma q_t + g_t \quad (3.31)$$

$$y_t^* = c_t^* + g_t^* \quad (3.32)$$

donde la demanda pública por bienes producidos nacionalmente sigue un proceso autorregresivo AR(1) con ruido blanco $\epsilon_g \sim iid N(0, \sigma_g)$:

$$g_t - \rho_g g_{t-1} + \epsilon_{g,t} \quad (3.33)$$

Similarmente, la demanda extranjera por bienes domésticos sigue un proceso autorregresivo con ruido blanco: $(\epsilon_{c^*} \sim iid N(0, \sigma_{c^*}))$, y es definida de la siguiente forma:

$$c_t^* = \rho_c \cdot c_{t-1}^* + \epsilon_{c^*,t} \tag{3.34}$$

III.1.2. Elección de consumo intertemporal

La restricción presupuestaria del agente representativo es la siguiente:

$$(1 + i_{t-1})B_{t-1} + (p_{s,t} + d_t)Z_{t-1} + (1 - \tau)W_t N_t + P_t T r_t + M_{t-1} + U_t \geq B_t + p_{z,t} Z_t + P_t C_t - M_t$$

donde B_{t-1} es el *stock* de bonos nominales, en moneda nacional, que pagan una tasa de interés. Z_{t-1} representa las acciones de un activo con precio $p_{s,t}$, que paga dividendos d_t . Adicionalmente, $P_t T r_t$ denota las transferencias del gobierno en forma de bienes producidos domésticamente. $(1 - \tau)$ es el impuesto proporcional al salario del agente representativo. $W_t N_t$ representa los ingresos por el trabajo, donde W_t es el salario nominal por hora y N_t son las horas de trabajo proporcionadas por el agente representativo. M_t es la cantidad de dinero nominal en t . Finalmente, U_t son las ganancias obtenidas por la producción de bienes que, en un contexto de retornos constantes a escala, son iguales a cero.

El agente consume bienes, tanto nacionales como extranjeros, de tal forma que se cumple la siguiente identidad: $P_t C_t = P_{H,t} C_{H,t} + P_{F,t} C_{F,t}$. Configurando el lagrangiano y derivando las condiciones de primer orden (Apéndice A, apartado A.4), la ecuación de Euler, la condición de trabajo y la demanda por dinero en saldos reales son:

$$\beta(1 + i_t)E_t \left(\left(\frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^{-\rho} \frac{P_t}{P_{t+1}} \right) = 1 \tag{3.35}$$

$$\frac{N_t^\eta}{C_t^{-\rho}} = \frac{W_t(1 + \tau)}{P_t} \tag{3.36}$$

$$\left(\frac{M_t}{P_t} \right)^{\sigma_M} = C_t^{-\rho} \left(\frac{i_t}{1 + i_t} \right) \tag{3.37}$$

donde el factor de descuento estocástico $Q_{t,t+1}$, que gobierna la tasa a la que el consumidor está dispuesto a sustituir consumo intertemporalmente, es la siguiente:

$$Q_{t,t+1} - \beta E_t \left(\left(\frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^{-\rho} \frac{P_t}{P_{t+1}} \right) \tag{3.38}$$

Finalmente, las ecuaciones log-linealizadas son las siguientes:

$$c_t = E_{t+1}(c_{t+1}) - \frac{1}{\rho}(i_t - E_t \pi_{t+1} - b) \quad (3.39)$$

$$\eta m_t + \rho c_t - v = w_t - p_t \quad (3.40)$$

$$m_t = \frac{\rho}{\sigma_M} c_t - \frac{b}{\sigma_M} i_t \quad (3.41)$$

donde $b = -\ln\beta$; $v = \ln(1 - \tau)$ y $\pi_{t+1} = p_{t+1} - p_t$ es la inflación en la economía nacional y m_t es la demanda por dinero en saldos reales.

III.2. Firmas

Existe un continuo de firmas en competencia monopolística, de masa uno, de tal manera que aquellas empresas comprendidas en el intervalo $[0, n)$ se encuentran instaladas en la economía nacional “ H ”, mientras que las firmas en el intervalo $(n, 1]$ están ubicadas en la economía extranjera “ F ”. Como factor de producción, las empresas utilizan solamente un tipo homogéneo de trabajo para la producción de bienes provisto por el agente representativo. El mercado de producción de bienes se desarrolla en un marco de competencia monopolística. Cada firma nacional produce un bien diferenciado “ h ” y la función de producción es la siguiente:

$$y_t(h) = N_t(h)A_t \quad (3.42)$$

Las horas de trabajo empleadas para la producción, $N_t(h)$, describe retornos constantes de escala, y la variable A_t es la productividad empleada en la fabricación del bien. Por tanto, en términos agregados, la función de producción log-linealizada alrededor del estado estacionario es descrita por la siguiente función:

$$y_t = a_t + n_t \quad (3.43)$$

Además, se considera que todas las firmas operan con la misma tecnología y la misma enfrenta un proceso autorregresivo con choques gaussianos ($\epsilon_{a,t} \sim iid N(0, \sigma_{a,t}^2)$):

$$a_t = \rho_a a_{t-1} + \epsilon_{a,t}$$

III.2.1. Minimización de costos

En el mercado laboral, existe un salario nominal común para todos los agentes de la economía. Éste representa un costo para las firmas que minimizan su costo variable (derivaciones en Apéndice 5). Por tanto, el costo marginal nominal de producir una unidad adicional de un bien genérico “ h ” es:

$$MC^n = \frac{W_t}{A_t} = \frac{W_t}{MPL} \quad (3.44)$$

donde MPL es una función decreciente del costo marginal y denota la productividad marginal del trabajo. Finalmente, la ecuación log-linealizada del costo marginal, en términos de los precios nacionales, es la siguiente:

$$mc_t^r = w_t - p_{H,t} - a_t \quad (3.45)$$

III.2.2. Fijación de precios

En línea con Galí y Monacelli (2005), la firma representativa (monopolísticamente competitiva) sigue un ajuste parcial de precios à la Calvo (1983). De acuerdo con éste mecanismo, en cada periodo, una fracción de firmas $\alpha \in [0,1]$, no procede a cambiar el precio de los bienes que producen mientras que la restante proporción de firmas, $(1 - \alpha)$, selecciona sus precios de manera óptima, independientemente del tiempo transcurrido desde la última modificación de los mismos. De ésta forma, la proporción α de firmas elegirá un precio \tilde{p}_t de tal manera que maximice el valor presente de sus futuras ganancias, descontadas por el factor estocástico de descuento $Q_{t,t+k}$, derivado anteriormente. Por tanto, la firma representativa lidia con el siguiente problema de maximización de ganancias (ingresos-costos):

$$\underset{\tilde{p}_t(h)}{\text{maximizar}} \sum_{k=0}^{\infty} \alpha^k E_t \left(Q_{t,t+k} \left(y_{t+k}(h) (\tilde{p}_t(h) - MC_{t+k}^n) \right) \right)$$

$$\text{sujeto a } \tilde{y}_{t+k}(h) = \left(\frac{\tilde{p}_t(h)}{P_{H,t+k}} \right)^{-\sigma_t} Y_{t+k}$$

donde, MC_{t+k}^n representa el flujo futuro de costos nominales marginales que enfrenta la empresa, Y_{t+k} es la secuencia futura de demanda agregada por bienes nacionales en el periodo $t+k$. El Apéndice A, apartado A.6 muestra las derivaciones que desembocan en la curva de Phillips neo-keynesiana para la economía nacional:

$$\pi_{H,t} = \beta\pi_{H,t+1} + \zeta\tilde{m}c_t^r \quad ; \quad \text{donde } \zeta = \frac{(1-\alpha\beta)(1-\alpha)}{\alpha} \quad (3.46)$$

Para continuar con la representación teórica de esta economía, es necesario tomar en cuenta ciertos aspectos conceptuales:

La definición del costo marginal, cuando las únicas distorsiones de la economía son competencia monopolística y existen rigideces nominales, es la siguiente

- a) $\hat{m}c_t^r = mc_t^r - (-\mu)$, donde $-\mu$ es un *mark-up* constante a través del tiempo.
- b) Por lo tanto, la constante μ genera precios superiores a los observados en competencia perfecta y un nivel ineficiente de producción.
- c) En términos teóricos, un nivel eficiente de producción, es dado cuando el *mark-up* constante de precios (en un contexto de competencia monopolística) es compensado por un supuesto subsidio en el empleo que impulsa una mayor producción simulando un entorno de competencia perfecta.
- d) Por su parte, el producto natural simula un entorno de competencia perfecta pero sin restringir la existencia de un posible *mark-up* variante a través del tiempo, el cual no necesariamente está compensado por un subsidio teórico variante para incentivar la producción a su máximo nivel. De ésta forma, el producto natural puede llegar a ser inferior al producto eficiente.
- e) El presente modelo, considera un *mark-up* variante a través del tiempo (i.e. un producto natural potencialmente inferior al producto eficiente), que no logra ser compensado por el supuesto subsidio en el empleo. La variable *mark-up* se encuentra definida por: $\mu_t^n = \frac{\sigma_t}{\sigma_t - 1}$. De ésta manera, la firma representativa toma en cuenta la siguiente definición del costo marginal:

$$\tilde{m}c_t^r = mc_t^r + \mu_t^n \quad (3.47)$$

Y entonces, la curva de Phillips neo-keynesiana puede ser escrita de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \pi_{H,t} &= \beta\pi_{H,t+1} + \zeta(mc_t^r + \mu_t^n) = \beta\pi_{H,t+1} + \zeta(mc_t^r + \mu + \mu_t^n - \mu) \\ \pi_{H,t} &= \beta\pi_{H,t+1} + \zeta(\tilde{m}c_t^r) + \zeta(\mu_t^n - \mu) \\ \pi_{H,t} &= \beta\pi_{H,t+1} + \zeta(\tilde{m}c_t^r) + \zeta(\mu_t) \end{aligned} \quad (3.48)$$

Finalmente, el término $\mu_t = \mu_t^n - \mu$ captura esencialmente las desviaciones del producto natural respecto al producto eficiente, y está representado por un proceso autorregresivo AR(1) con ruido blanco $\epsilon_{\mu_t} \sim iid N(0, \sigma_{\mu_t})$:

$$\mu_t = \rho_{\mu} \mu_{t-1} + \epsilon_{\mu,t} \quad (3.49)$$

III.3. Interacción entre la pequeña economía abierta y el resto del mundo

III.3.1. Términos de intercambio e inflación

Los términos de intercambio de la economía nacional representan el precio relativo de los bienes importados en términos del precio de bienes domésticos. Un descenso en ésta relación representa a una economía que puede comprar una mayor cantidad de bienes extranjeros por cada unidad de bienes nacionales al ser, los últimos, de mayor precio relativo y, por tanto, menos competitivos. Los términos de intercambio están representados por la siguiente ecuación:

$$TOT_t = \frac{P_{F,t}}{P_{H,t}} \rightarrow tot_t = p_{F,t} - p_{H,t} \quad (3.50)$$

Después de algunas derivaciones disponibles en el Apéndice A, apartado A.7, se cumple la siguiente relación:

$$\pi_t = \pi_{H,t} + (1 - v) \Delta tot_t \quad (3.51)$$

Por lo tanto, la brecha entre la inflación total enfrentada por el consumidor nacional π_t (IPC) y la inflación de los productos localmente producidos $\pi_{H,t}$ (IPP) está dada por los términos de intercambio ajustados por el parámetro proporcional de consumo de bienes extranjeros en la canasta del agente representativo nacional. En términos intuitivos, un descenso en los términos de intercambio incrementa la brecha entre las inflaciones IPC e IPP ya que los agentes preferirán una mayor cantidad de bienes extranjeros relativamente más baratos, reduciendo la demanda por bienes domésticos y, por ende, el precio de los bienes nacionales.

III.3.2. Términos de intercambio y tipo de cambio

a) Términos de intercambio y tipo de cambio nominal

Tomando en cuenta que la ley del precio único se cumple solamente para aquellos bienes genéricos producidos en un determinado país, se tiene que:

$$p_t(h) = S_t p_t^*(h) \quad \text{y} \quad p_t(f) = S_t p_t^*(f)$$

Utilizando la expresión anterior y la definición de precios en la economía extranjera (ecuación 3.14), se obtiene lo siguiente:

$$P_{F,t} = S_t P_{F,t}^* \quad (3.52)$$

Considerando la ecuación 3.11, la proporción de bienes nacionales consumidos por extranjeros ($v^* = n\lambda$), y el hecho de que el tamaño de la economía pequeña y abierta tiende a cero en comparación con el resto del mundo ($n \rightarrow 0$), se obtiene la siguiente expresión:

$$P^* = (v^* P_H^{*1-\theta} + (1 - v^*) P_F^{*1-\theta})^{\frac{1}{1-\theta}} = P_F^* \quad (3.53)$$

donde se observa que los precios de la economía pequeña y abierta no influyen los precios del resto del mundo. Reemplazando la ecuación 3.53 en 3.52 y log-linealizando, se obtiene:

$$p_{F,t} = s_t + p_t^* \quad (3.54)$$

Finalmente, combinando la ecuación 3.54 con la definición de términos de intercambio (3.50), es posible observar una relación positiva entre una depreciación nominal y un aumento en los términos de intercambio:

$$tot_t = s_t - p_{H,t} + p_t^*$$

Expresando la ecuación anterior en términos de primeras diferencias, se obtiene:

$$\Delta tot_t = \Delta s_t - \pi_{H,t} + \pi_t^* \quad (3.55)$$

Por lo tanto, en términos teóricos, una depreciación nominal se traduce en precios nacionales comparativamente inferiores a los extranjeros. Sin embargo, esto a su vez, determina que, por cada bien nacional, puede comprarse una menor proporción de bienes extranjeros.

b) Términos de intercambio y tipo de cambio real

La definición del tipo de cambio real, es la siguiente:

$$Q_t = \frac{S_t P_t^*}{P_t} \rightarrow q_t = s_t + p_t^* - p_t \quad (3.56)$$

donde se muestra una correlación positiva con el tipo de cambio nominal. Después de algunas derivaciones detalladas en el Apéndice A, apartado A.8, en el estilo de Galí y Monacelli (2005), las siguientes relaciones se cumplen:

$$q_t = vtot_t \quad (3.57)$$

$$q_t = (1 - \lambda)tot_t \quad (3.58)$$

Las ecuaciones anteriores muestran una correlación positiva entre los términos de intercambio y el tipo de cambio real.

III.3.3. Paridad descubierta de las tasas de interés (Uncovered interest parity condition)

Para ésta sección, se asume que el agente representativo invierte en bonos nacionales y extranjeros. Por lo tanto, la restricción presupuestaria puede ser escrita de la siguiente forma:

$$(1 - \tau)W_t N_t - P_t T_t + \Pi_t + (1 + i_{t-1})B_{t-1} + (1 + i_{t-1}^*)S_{t-1} B_{t-1}^* + (p_{z,t} + d_t)Z_{t-1} + M_{t-1} \\ = B_t + p_{z,t}Z_t + P_t C_t + S_t B_t^* + M_t$$

Después de obtener las condiciones de optimalidad y log-linealizando (Apéndice A, apartado A.9), emerge la siguiente relación:

$$i_t - i_t^* = E_t(\Delta s_{t+1}) \quad (3.59)$$

La ecuación anterior indica que, cuando las tasas de interés nacionales son superiores a su contraparte en el extranjero, surge una apreciación del tipo de cambio nominal en tiempo t , al existir una potencial entrada de capitales atraídos por las elevadas tasas de interés en territorio nacional. En el caso opuesto en el que $i_t < i_t^*$, existe una tendencia a la salida de capitales atraídos por retornos más altos, desencadenando una depreciación nominal.

III.3.4. Riesgo compartido internacional (International Risk Sharing)

Bajo el supuesto de mercados perfectos (De Paoli, 2009b) y asumiendo que las condiciones de primer orden (condición de Euler y optimalidad del trabajo) se cumplen en el país extranjero, surge la siguiente relación (derivaciones en Apéndice A, apartado A.10):

$$c_t = c_t^* + \frac{1}{\rho} q_t \quad (3.60)$$

Considerando la ecuación 3.57, que toma en cuenta la relación entre los términos de intercambio y el tipo de cambio real, la condición de riesgo compartido (*international risk sharing*) es:

$$c_t = c_t^* + \frac{v}{\rho} tot_t \quad (3.61)$$

donde se muestra que existe una correlación directa del consumo entre países, es decir, un contexto económico mundial favorable será también traducido en mejoras en la economía doméstica, mejorando el consumo de la última. Finalmente, utilizando la definición de “*home bias*”, se obtiene:

$$c_t = c_t^* + \frac{(1-\lambda)}{\rho} tot_t \quad (3.62)$$

III.4. Equilibrio – Demanda

Como se derivó anteriormente en la ecuación 3.31, la demanda agregada y log linealizada es:

$$y_t = (1-\lambda)c_t + \lambda c_t^* + \gamma q_t + g_t$$

donde $\gamma = \frac{\theta\lambda(2-\lambda)}{(1-\lambda)}$. Utilizando 3.57, la demanda agregada puede ser escrita de ésta forma:

$$y_t = (1-\lambda)c_t + \lambda c_t^* + \gamma v tot_t + g_t \quad (3.63)$$

Según ésta representación, la demanda agregada del país “*H*” depende, primero, del consumo interno de bienes nacionales c_t ; segundo, del consumo extranjero c_t^* ; tercero, de la demanda pública por bienes nacionales; y cuarto, de los términos de intercambio, donde una depreciación de los mismos genera presiones en la demanda por bienes nacionales, al ser éstos más competitivos. Adicionalmente, según la ecuación (3.63), un descenso en los términos de intercambio, desencadenaría un deterioro en la demanda agregada nacional, ya que los bienes nacionales serían menos competitivos.

Por otra parte, la demanda total por bienes producidos en el extranjero es la siguiente:

$$y_t^* = c_t^* + g_t^* \quad (3.64)$$

La relación descrita muestra que la demanda agregada por bienes extranjeros depende solamente del consumo extranjero, tanto público como privado. La demanda nacional por bienes extranjeros es insignificante y no tiene impacto en la economía extranjera (ya que $n \rightarrow 0$).

Tomando en cuenta la ecuación 3.60, y después de algunos cálculos detallados en el apéndice A.11, la siguiente relación se cumple:

$$y_t = y_t^* - g_t^* + \frac{tot_t}{\rho_v} + g_t \quad (3.65)$$

$$\text{donde } \rho_v = \frac{\rho}{(1-\lambda)\gamma\rho + (1-\lambda)^2} \quad y \quad \gamma = \frac{\theta\lambda(2-\lambda)}{(1-\lambda)}$$

Por tanto, la sensibilidad del producto (o demanda agregada total) a los términos de intercambio, depende estrictamente de los parámetros (elasticidad de sustitución intertemporal del consumo ρ , grado de apertura λ y elasticidad intra-temporal de sustitución θ).

III.4.1. La ecuación de Euler escrita en términos del producto

Después de algunos cálculos detallados en el Apéndice A, apartado A.16, la ecuación de Euler en términos del producto puede ser escrita de la siguiente forma:

$$y_t - g_t = y_{t+1} - g_{t+1} - \frac{1}{\rho_v} (i_t - \pi_{t+1,H} - \gamma) + \omega_\rho (c_{t+1}^* - c_t^*) \quad (3.66)$$

donde se observa que el grado de apertura λ , contenido en el parámetro compuesto ρ_v , incrementa la sensibilidad de la demanda agregada, por bienes domésticos, a la tasa de interés. Entonces, cambios en la tasa de interés generan un *switching effect* dirigido hacia los bienes extranjeros. Esto es, debido a que, en una economía abierta, un incremento en la tasa de interés nominal en la economía nacional desencadena un descenso en el consumo nacional, a razón de que los agentes pueden dirigir su consumo a bienes extranjeros relativamente más competitivos ante la depreciación de la moneda nacional, impulsada por el diferencial de tasas (de acuerdo a la condición de la sección 3.59 (*Uncovered interest parity condition*)).

III.4.2. La ecuación IS dinámica

Para esta sección, es fundamental recordar la definición de la tasa de interés real r_t , en línea con la regla de Fisher.

$$r_t = i_t - E_t(\pi_{t+1}) \quad (3.67)$$

Después de algunos cálculos detallados en el Apéndice A, apartado A.16 y tomando en cuenta la definición de la brecha relevante del producto ($x_t = y_t - y_t^e$), la ecuación IS dinámica para la pequeña economía abierta es la siguiente:

$$x_t = x_{t+1} - \frac{1}{\rho_v} (i_t - E_t(\pi_{H,t+1}) - r_t^e) \quad (3.68)$$

La relación previa es similar a la típica ecuación relevante en una economía cerrada; sin embargo, es éste caso, el grado de apertura de la economía nacional (reflejado en los parámetros) impacta directamente en la sensibilidad del producto eficiente a variaciones en la tasa de interés. Ésta situación, repercute en un *switching effect* detallado anteriormente.

Adicionalmente, la ecuación (3.68) toma en cuenta indirectamente las desviaciones de la tasa de interés real respecto a su nivel eficiente (Considerando la ecuación de Fisher $r_t = i_t - E_t(\pi_{t+1})$) (derivaciones de la tasa de interés en el Apéndice A, apartado A.17). Por tanto, en el caso de que la tasa de interés real sea menor a la tasa eficiente, existen desviaciones positivas del producto respecto a su nivel eficiente. Además, un incremento en la inflación esperada se traduce en expectativas de una mejora en la actividad económica por lo que desencadena una expansión en la producción. Finalmente, incrementos en la tasa de interés implican un potencial descenso en la actividad económica (debido a la sustitución intertemporal del consumo).

III.5. Equilibrio – Oferta

III.5.1. El costo marginal

Tomando en cuenta la condición de optimalidad del trabajo, derivada a partir de las condiciones de primer orden, el costo marginal de la economía pequeña y abierta es el siguiente (derivaciones en el Apéndice A, apartado A.12):

$$mc_t = -v + pc_t^* + tot_t + \eta y_t - \alpha_t(\eta + 1) \quad (3.69)$$

La ecuación (3.69) es fundamental para comprender las fuentes de posibles presiones inflacionarias en la economía, explicadas por aquella proporción de empresas que son capaces de modificar sus precios (proporción $(1 - \alpha)$ de firmas de acuerdo al parámetro Calvo).

- a) Primero, un incremento en el producto genera presiones expansivas en la demanda por trabajo, generando potenciales incrementos en los salarios y, por lo tanto, en el costo marginal real. La magnitud de éste efecto es capturada a través del parámetro η que representa la inversa de la elasticidad de la oferta de trabajo.
- b) Segundo, el efecto del consumo extranjero por bienes nacionales también es positivo, debido a que un incremento en la demanda externa implica posibles aumentos en la producción nacional, afectando positivamente la demanda por trabajadores y generando presiones inflacionarias por el lado de los salarios.
- c) Tercero, un incremento de los términos de intercambio implica que los bienes nacionales sean comparativamente más baratos que su contraparte en el resto del mundo, direccionando un incremento en la demanda de los primeros y, por lo tanto, un ascenso en los costos marginales.
- d) Cuarto, el costo marginal está inversamente correlacionado con la productividad o capacidad tecnológica a_t (por ejemplo, a través de factores tecnológicos que enriquecen la productividad de los trabajadores o mejoras tecnológicas en las empresas, reduciendo los costos de producción).

III.5.2. El producto natural

Como se explicó anteriormente, el nivel natural del producto es aquel que prevalece en un marco de competencia perfecta y en ausencia de rigidices nominales, pero considera la existencia de un posible *mark-up* variante a través del tiempo. Bajo estas consideraciones, según Galí y Monacelli (2005), es posible reescribir la ecuación (3.69) como:

$$-\mu_t^n = -v + y_t^n(\eta + \rho_v) + c_t^*(\rho - \rho_v) - g_t \rho_v - a_t(\eta + 1) \quad (3.70)$$

Despejando el producto natural, resulta la siguiente expresión:

$$y_t^n = \Gamma_o + \Gamma_\mu \mu_t^n + \Gamma_* c_t^* + \Gamma_g g_t + \Gamma_a a_t \quad (3.71)$$

$$\Gamma_o = \frac{v}{\eta + \rho_v} ; \Gamma_\mu = -\frac{1}{\eta + \rho_v} ; \Gamma_* = -\frac{\rho - \rho_v}{\eta + \rho_v} ; \Gamma_g = \frac{\rho_v}{\eta + \rho_v} ; \Gamma_a = \frac{\eta + 1}{\eta + \rho_v}$$

La ecuación (3.71) muestra las fuentes de un potencial incremento en el producto natural que puede ser influenciado, de manera transitoria, por choques en la productividad, en el gasto del gobierno y en el consumo externo. Sin embargo,

el producto natural depende negativamente del *mark-up* de precios que varía en el tiempo, dado que el mismo genera presiones inflacionarias y, al mismo tiempo, menores niveles de producción. También, una mejora tecnológica es crucial dado que impulsa una mayor capacidad de producción en la economía.

III.5.3. El producto eficiente

En éste caso, el producto eficiente y_t^e es aquel que considera un escenario de competencia perfecta (i.e. no *mark-up* en los precios) y rigideces nominales. Por tanto, la ecuación (3.69) puede ser escrita de la siguiente forma:

$$-\mu = -v + y_t^e(\eta + \rho_v) - g_t \rho_v + c_t^*(\rho - \rho_v) - a_t(\eta + 1) \quad (3.72)$$

Despejando el término y_t^e , el producto eficiente es escrito de la siguiente manera:

$$y_t^e = \Gamma_o + \Gamma_* c_t^* + \Gamma_g g_t + \Gamma_a a_t \quad (3.73)$$

$$\Gamma_o = \frac{-\mu + v}{\eta + \rho_v} ; \Gamma_* = -\frac{\rho - \rho_v}{\eta + \rho_v} ; \Gamma_g = \frac{\rho_v}{\eta + \rho_v} ; \Gamma_a = \frac{\eta + 1}{\eta + \rho_v}$$

donde, la única diferencia entre el producto natural y el eficiente es que el último, ahora depende solamente de un *mark-up* constante cuyo impacto en y_t^e continúa siendo negativo, pero es teóricamente compensado por el subsidio en el trabajo.

III.5.4. La curva neo-keynesiana de Phillips

La brecha relevante del producto es definida como:

$$x_t = y_t - y_t^e \quad (3.74)$$

Después de algunos cálculos detallados en el Apéndice A, apartado A.15, y reescribiendo el costo marginal real en términos de x_t , la curva neo-keynesiana de Phillips en una economía abierta, es:

$$\pi_{H,t} = \beta \pi_{H,t+1} + \kappa_v x_t + \kappa_v \mu_t$$

$$\kappa_v = \zeta(\eta + \rho_v) ; \zeta = \frac{(1 - \alpha\beta)(1 - \alpha)}{\alpha} ; \rho = \frac{\rho}{(1 - \lambda)\gamma\rho + (1 - \lambda)^2} ; \gamma = \frac{\theta\lambda(2 - \lambda)}{(1 - \lambda)} \quad (3.75)$$

donde, básicamente, μ_t captura la brecha entre el producto eficiente y el producto natural, constituyendo la fuente de los denominados “*cost-push shocks*” o choques a la curva de Phillips.

La ecuación (3.75) es fundamental en el análisis de equilibrio ya que depende de la brecha relevante del producto. En este contexto, una política enfocada en mantener un determinado nivel de inflación, es decir nulas desviaciones de las tasas de inflación respecto a su meta mantienen, también, nulas desviaciones de la brecha del producto, si y sólo si la variable μ_t no estaría presente. Empero, el presente trabajo considera ésta variable en el modelo y, por lo tanto, apuntar a cero desviaciones de la inflación respecto de su meta, no necesariamente coincide con cerrar las brechas del producto y, por tanto, la teoría de la coincidencia divina⁹ no se cumple.

Adicionalmente, es importante notar que, en el caso de que el grado de apertura de la economía pequeña y abierta sea igual a cero (si $\lambda = 0$), se alberga el caso de una economía cerrada.

III.5.5. La tasa de interés eficiente (relevante)

Después de algunos cálculos descritos en el Apéndice A, apartado A.17, es posible obtener la expresión de la tasa de interés eficiente:

$$r_t^e = \gamma + \omega_p \Delta c_{t+1}^* + \rho_v \Gamma_g \Delta g_{t+1} - a_t \rho_v \Gamma_a (1 - \rho_a) \quad (3.76)$$

La tasa de interés eficiente es fundamental para definir la tasa de interés nominal que debería ser apuntada por la autoridad monetaria para cerrar la brecha relevante del producto.

IV. Mecanismo de evaluación de las reglas de política monetaria

IV.1. Reglas alternativas de política económica

En ésta sección se plantearán siete reglas de política monetaria para posteriormente evaluar y comparar su desempeño y efectividad ante diferentes choques de oferta y demanda, eficientes e ineficientes. Para fines de presentación, las reglas serán divididas en cuatro bloques descritos en la Tabla 1:

9 La teoría de la coincidencia divina establece que estabilizar la inflación desemboca, también, en la estabilización del producto.

Tabla 1: REGLAS DE POLÍTICA MONETARIA CONSIDERADAS PARA LA SIMULACIÓN DEL MODELO
(Expresado en parámetros de sensibilidad de la política monetaria)

	Parámetros de política monetaria	Regla Típica de Taylor		Regla de Agregados Monetarios (CPI)		Regla de Agregados Monetarios (IPP)		Tipo de cambio nominal fijo
Parámetro de respuesta a inflación	ψ_π	1,5	1,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0
Parámetro de respuesta al producto	ψ_x	0,125	0,125	0,85	0,85	0,85	0,85	0
Parámetro de respuesta al tipo de cambio	w_s	0,4	0,76	0,4	0,76	0,4	0,76	$\Delta s_t = 0$

Fuente: Elaboración propia con datos de Monacelli (2004), Taylor (1993) y Valdivia (2019)

- **Bloque 1:** Regla típica de Taylor, basada en los precios del consumidor (IPC), brecha del producto y estabilidad del tipo de cambio nominal (Monacelli, 2004):

$$i_t = \rho_r i_{t-1} + \psi_\pi \pi_t + \psi_x x + \phi_s \Delta s_t$$

- **Bloque 2:** Regla de agregados monetarios, basada en los precios del consumidor (IPC), brecha del producto, estabilidad del tipo de cambio nominal (Monacelli, 2004) y un factor de ajuste Ω_t (Valdivia, 2019):

$$m_t = \psi_\pi \pi_t + \psi_x x + \phi_s \Delta s_t + \Omega_t$$

Para este bloque se consideran dos reglas, una con estricto y otra con moderado control del tipo de cambio.

- **Bloque 3:** Regla de agregados monetarios basada en los precios del productor (IPP¹⁰), brecha del producto, estabilidad del tipo de cambio nominal (Monacelli, 2004) y un factor de ajuste Ω_t (Valdivia, 2019):

$$m_t = \psi_\pi \pi_{H,t} + \psi_x x + \phi_s \Delta s_t + \Omega_t$$

10 Según el Instituto Nacional de Estadística de Chile, el IPP es un indicador que mide mensualmente la variación de los precios de bienes producidos y vendidos por productores del país.

Similar al caso anterior, se considera una regla con estricto y otra con moderado control del tipo de cambio.

Para los bloques 1, 2 y 3, el parámetro relacionado con el tipo de cambio ϕ_s está definido en base al documento escrito por Monacelli (2004) que, a través de una regla de política monetaria, caracteriza el compromiso del ente emisor por mantener la estabilidad cambiaria. El autor propone la siguiente definición para el parámetro ϕ_s :

$$\phi_s = \frac{w_s}{1 - w_s}$$

donde $w_s \in (0,1]$ denota el grado de control del banco central sobre el tipo de cambio. Por lo tanto, cuando $w_s = 0$, el banco central mantiene un tipo de cambio completamente flexible y no ejerce ningún control sobre el mismo mientras que cuando el parámetro tiende a 1 (i.e. $w_s \rightarrow 1$), el banco central mantiene un tipo de cambio completamente controlado.

Monacelli (2004) hace una estimación del parámetro w_s , tomando los datos observados de aquellos países industrializados que mantuvieron un tipo de cambio estrictamente controlado en la década de 1960. Su resultado final fue establecer un valor de: $w_s = 0,76$ para reflejar un estricto control sobre el tipo de cambio. Adicionalmente, para simular un entorno de moderado control del banco central sobre el tipo de cambio, se toma en cuenta que: $w_s = 0,4$.

En el estilo de Valdivia (2019), para los bloques 2 y 3, el “factor de ajuste” de la regla de agregados monetarios se define de la siguiente forma:

$$\Omega_t = -\alpha_t i_t$$

donde i_t es la tasa de interés nominal y α_t denota el factor de respuesta (negativo) de los agregados monetarios ante variaciones en la tasa de interés. Se consideran dos posibles escenarios:

El primero, cuando $\alpha_t = 0$, la regla de agregados monetarios se transforma, básicamente, en una regla de McCallum.

Y el segundo, cuando $\alpha_t > 0$, se obtiene una regla de agregados monetarios basada en el documento escrito por Valdivia (2019), que desarrolla una regla de política monetaria para el caso boliviano a través de un análisis microfundado, cimentado en el aporte de William Poole (1970). Valdivia (2019) deriva la denominada “Regla de Poole” tomando en cuenta el régimen de *Monetary*

Aggregate Target, postulando que el banco central fija la oferta monetaria, fundamentalmente, en función a la brecha del producto, la inflación y las tasas de interés. A diferencia de la regla de McCallum, la regla de Poole provee resultados intuitivos y coherentes con la teoría económica, de tal manera que *shocks* positivos en la regla de agregados, lograrían incentivos en las variables reales a través del canal de las tasas de interés incluido en la regla.

Por tanto, para la evaluación de las reglas de agregados monetarios, se tomará en cuenta el aporte de Valdivia (2019), estableciendo que $\alpha_t = 0,776$.

Para el caso de la regla típica de Taylor, la calibración de los parámetros de política monetaria relacionados con la inflación y el producto, toma en cuenta la estimación de Taylor (1993), es decir: $\pi_t = 1,5$ y $\psi_x = 0,25$.

- **Bloque 4:** Regla de política monetaria basada solamente en la estabilidad completa del tipo de cambio nominal (Galí y Monacelli 2005):

$$\Delta s_t = 0$$

En éste último caso, el banco central se concentra únicamente en mantener un tipo de cambio nominal fijo, dejando de lado cualquier respuesta de política monetaria a desvíos en la inflación y el producto.

Pero, ¿cómo saber qué regla de política monetaria se desempeña mejor que la otra? El siguiente punto responderá ésta pregunta a detalle.

IV.2. Derivación de una aproximación de segundo orden de la función de utilidad

Para evaluar el desempeño de las diferentes reglas de política monetaria se seguirá el criterio propuesto por Rotemberg y Woodford (1999), basado en una aproximación de segundo orden de la función de utilidad que deriva, finalmente, en la pérdida de utilidad experimentada por el agente representativo. Ésta se denomina en la literatura como la función de pérdida de bienestar (*welfare losses*). Finalmente, se elige la política monetaria que desemboca en las menores pérdidas en el contexto del modelo de equilibrio general propuesto en la sección tres. Éste planteamiento es ampliamente utilizado en la literatura económica actual, por ejemplo, Galí y Monacelli (2005), Benigno (2009) y De Paoli (2009b) se basan en ésta estrategia para medir el desempeño de diferentes políticas monetarias. La idea se centra en representar el bienestar

de la sociedad (*welfare analysis*) a partir de la agregación o sumatoria de la función de utilidad de los agentes representativos. En términos matemáticos se tiene:

$$W = E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t w_t$$

donde $w_t = \frac{C^{1-\rho}-1}{1-\rho} - \frac{N^{1+\eta}}{1+\eta} + \frac{(\frac{M}{P})^{1-\sigma_M}}{1-\sigma_M}$. Seguidamente, de acuerdo con la definición de la expansión de Taylor de segundo orden, la función de utilidad puede escribirse de la siguiente manera:

$$u_t - U = U_{cC} \frac{C_t - C}{C} + U_{nN} \frac{N_t - N}{N} + U_{\tilde{M}\tilde{M}} \frac{\tilde{M}_t - \tilde{M}}{\tilde{M}} + \frac{1}{2} U_{cc} C^2 \left(\frac{C_t - C}{C} \right)^2 + \frac{1}{2} U_{nn} N^2 \left(\frac{N_t - N}{N} \right)^2 + \frac{1}{2} U_{\tilde{M}\tilde{M}} \tilde{M}^2 \left(\frac{\tilde{M}_t - \tilde{M}}{\tilde{M}} \right)^2 \quad (4.1)$$

donde $\tilde{M} = \frac{M}{P}$. Sabiendo que: $\frac{X_t - X}{X} = x_t + \frac{1}{2} x_t^2$, la ecuación anterior se expresa como:

$$u_t - U = U_{cC} \left(\hat{c}_t + \frac{1}{2} \hat{c}_t^2 \right) + U_{nN} \left(\hat{n}_t + \frac{1}{2} \hat{n}_t^2 \right) + U_{\tilde{M}\tilde{M}} \left(\hat{m}_t + \frac{1}{2} \hat{m}_t^2 \right) + \frac{1}{2} U_{cc} C^2 \hat{c}_t^2 + \frac{1}{2} U_{nn} N^2 \hat{n}_t^2 + \frac{1}{2} U_{\tilde{M}\tilde{M}} \tilde{M}^2 \hat{m}_t^2 + (||o||^3)$$

donde ($||o||^3$) considera términos de tercer orden o más. Distribuyendo y reorganizando, se obtiene lo siguiente:

$$\frac{u_t - U}{U_{cC}} = \hat{c}_t + \frac{1}{2} \hat{c}_t^2 \left(1 + \frac{U_{cc}C}{U_{cC}} \right) + \frac{U_{nN}}{U_{cC}} \left(\hat{n}_t + \frac{1}{2} \hat{n}_t^2 \left(1 + \frac{U_{nn}N}{U_{nN}} \right) \right) + \frac{U_{\tilde{M}\tilde{M}}}{U_{cC}} \left(\hat{m}_t + \frac{1}{2} \hat{m}_t^2 \left(1 + \frac{U_{\tilde{M}\tilde{M}}\tilde{M}}{U_{\tilde{M}\tilde{M}}} \right) \right) \quad (4.2)$$

Computando las derivadas y asumiendo una forma logarítmica de la función de consumo y saldos reales (i.e. $\rho = \sigma_M = 1$), se tiene que:

$$\frac{U_{cc}C}{U_{cC}} = -1 \quad ; \quad \frac{U_{nn}N}{U_{nN}} = \eta \quad ; \quad \frac{U_{\tilde{M}\tilde{M}}\tilde{M}}{U_{\tilde{M}\tilde{M}}} = -1 \quad (4.3)$$

Utilizando las ecuaciones 4.2 y 4.3, se obtiene la siguiente relación:

$$\frac{u_t - U}{U_{cC}} = \hat{c}_t + \frac{U_{nN}}{U_{cC}} \left(\hat{n}_t + \frac{1}{2} \hat{n}_t^2 (1 + \eta) \right) + \frac{U_{\tilde{M}\tilde{M}}\tilde{M}}{U_{cC}} \hat{m}_t \quad (4.4)$$

Seguidamente, definiendo $\frac{u_t - U}{U_{cC}} = W$ (*Welfare losses*), y tomando la sumatoria infinita de la función anterior, se obtiene:

$$W = -\frac{C(1 + \eta)}{2} \text{var}(\hat{n}_t) \quad (4.5)$$

donde el término $C = \frac{U_{nN}}{U_{cC}}$ se mantiene como una constante a través del tiempo.

Finalmente, la ecuación (4.5) es la denominada función de pérdidas de la sociedad (*welfare losses*)¹¹ y el principal objetivo se centra en elegir la política monetaria que minimice las mismas. Por lo tanto, se elegirá aquella regla que minimice las desviaciones del trabajo de su estado estacionario. Pero ¿por qué desviaciones solamente de la variable “trabajo”? En un modelo microfundado, el trabajo es fundamental en el análisis debido a que desviaciones en el producto repercuten de manera directa en el mercado laboral. A su vez, el incremento o descenso en los salarios, incide en las presiones inflacionarias. Por lo tanto, se espera que las mínimas pérdidas para la sociedad se traduzcan, también, en las mínimas desviaciones del producto y la inflación respecto a su estado estacionario¹².

V. Calibración y estimación del modelo

Para simular el modelo propuesto en las secciones anteriores, se procederá, primero, a calibrar aquellos parámetros estructurales con suficiente sustento y consenso en la literatura previa para el caso de Bolivia y países de Latinoamérica; y segundo, se estimarán, con técnicas bayesianas, los parámetros relacionados con los choques de oferta y demanda.

V.1. Calibración del modelo

Los parámetros calibrados se basan en estimaciones previas para el caso de Bolivia y países de Latinoamérica y están descritos en la Tabla 2. Para comenzar, el factor de descuento intertemporal β es fijado en 0,98, lo que implica una tasa de interés anual del 4%. El coeficiente de aversión al riesgo ρ , es igual a la unidad, en línea con un sin número de análisis de equilibrio para países en vías de desarrollo (ver Medina, 2007; De Menezes, 2016; Lahcen, 2014; Aguiar, 2007). El parámetro de la inversa de la elasticidad de la oferta de trabajo, η , es fijado en 0,5, situación que implica una elasticidad de la oferta

11 Galí (2015) deriva una función de pérdidas del bienestar, basada en estrictos supuestos en los parámetros, llegando al siguiente resultado: $W = -(1 - \lambda) \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left(\frac{1}{2} (\sigma \zeta^{-1} \pi_{Ht}^2 + (1 + \eta) \hat{x}_t^2) \right)$

12 En la simulación del modelo, se obtiene que una política que minimiza las desviaciones del trabajo de su estado estacionario coincide con las menores variaciones de la brecha del producto y la inflación.

de trabajo de 2 y, por lo tanto, refleja un alto nivel de rotación en el mercado de trabajo, típico en economías emergentes, dado el alto nivel de informalidad en las mismas.

Tabla 2: PARÁMETROS CALIBRADOS DEL MODELO
(En valores)

DESCRIPCIÓN	Parámetro	Valor	Fuente
Factor de descuento intertemporal	β	0,98	Medina y Soto (2007) y Zeballos et al. (2018)
Coefficiente de aversión al riesgo	ρ	1	Medina y Soto (2007) y Zeballos et al. (2018)
Inversa de la elasticidad de la oferta de trabajo	η	0,5	Duncan (2013) y Cerezo (2010)
Grado de apertura de la economía nacional	λ	0,32	García-Cicco et al.(2017)
Elasticidad intra-temporal de sustitución	θ	0,8	Amado (2014) y De Menezes (2016)
Inversa de la elasticidad de la demanda por dinero con respecto a la tasa de interés	σ_M	2	Valdivia (2019)
Parámetro Calvo	α	0,39	Valdivia (2008) y Cerezo (2010)
Persistencia de Gasto público	ρ_g	0,12	Lubik y Schorfheide (2006) y Salas y Escobar (2018)
Desviación de choques de Gasto público	σ_g	0,0056	Salas y Escobar (2018)

Fuente: Elaboración propia con datos de Medina y Soto (2007), Zeballos et al. (2018), Duncan (2013), Cerezo (2010), García-Cicco et al. (2017), Amado (2014), De Menezes (2016), Valdivia (2019), Lubik y Schorfheide (2006) y Salas y Escobar (2018)

El grado de apertura de la economía pequeña y abierta, λ , o la proporción de consumo de bienes extranjeros en la economía doméstica, es calibrado en 0,32, basado en el trabajo de Zeballos et al. (2018) que realiza un análisis entre 2000 y 2017 para el caso de Bolivia. La elasticidad intratemporal de sustitución entre bienes domésticos y extranjeros, es fijada en 0,8, consistente con el análisis en varios países de Latinoamérica, como es el caso de Perú (Amado 2014) y Brasil (Menezes 2016). El parámetro relacionado con el grado de rigidez de precios, α , es calibrado en 0,39, lo que implica que las firmas mantienen

sus precios fijos, en promedio, 1,6 trimestres¹³. Finalmente, los parámetros relacionados con los choques de demanda pública por bienes nacionales, son basados en la estimación de Salas y Escobar (2018).

V.2. Estimación del modelo

V.2.1. Metodología empírica

Para la estimación bayesiana, los *priors* están descritos por la siguiente función de densidad:

$$p(V_A|A)$$

donde A simboliza un modelo específico, V_A representa los parámetros del modelo y $p(\cdot)$ es la función de densidad de probabilidad. Por otra parte, la función de máxima verosimilitud está dada por la siguiente función:

$$\mathcal{L}(V_A|Y_T, A) = p(Y_T|V_A, A)$$

El término Y_T representa los valores observados hasta el periodo T . Por lo tanto, tomando en cuenta las ecuaciones anteriores y el teorema de Bayes, se obtiene la función de densidad “posterior”:

$$p(V_A|Y_T, A) = \frac{p(Y_T|V_A, A)p(V_A|A)}{p(Y_T|A)}$$

Adicionalmente, la función kernel “posterior” asume que la variable Y_T , condicionada por el modelo A , es constante y dada por:

$$p(V_A|Y_T, A) \propto K(V_A|Y_T, A)$$

De acuerdo con Mancini (2008), la ecuación anterior es el eje fundamental para la construcción de momentos posteriores de los parámetros de interés que serán obtenidos mediante la plataforma Dynare de Matlab. Finalmente, el vector de parámetros que serán estimados es:

$$V = [\rho_{c^*}, \sigma_{c^*}, \rho_{\alpha}, \sigma_{\alpha}, \rho_u, \sigma_u]$$

Y el vector de variables observadas,

$$Y_T = [y_t, c_t, \pi_t, tot_t]$$

13 Este cálculo se realiza mediante la definición del promedio de duración de los precios, dado por $\frac{1}{1-\alpha}$

V.2.2. Descripción de los datos

Para evitar problemas de singularidad estocástica, y debido a que el modelo presenta cuatro choques o perturbaciones exógenas, la estimación bayesiana puede realizarse a partir de cuatro series de tiempo. Las mismas son series trimestrales de la economía boliviana en el periodo comprendido entre 1990 y 2019, obtenidas del Instituto Nacional de Estadística (INE). Como se mencionó anteriormente, el vector de variables observadas está comprendido por el PIB real (y_t), consumo real de los hogares (c_t), inflación (π_t) (basada en el IPC total) y términos de intercambio (tot_t) (basado en el índice de términos de intercambio).

Sin embargo, los datos requieren un tratamiento especial para ser empleados en el modelo: primero, se procede con desestacionalizar las series de tiempo (y_t) y (c_t) utilizando el método ARIMA X-13; y segundo, se computan las primeras diferencias de las variables PIB, consumo, IPC e índice de términos de intercambio, expresadas en logaritmos.

VI. Resultados y análisis de políticas

VI.1. Resultados de la estimación Bayesiana

Tabla 3: ESTIMACIÓN BAYESIANA DE PARÁMETROS
(En valores)

Descripción	Parámetro	Distribución Prior			Distribución Posterior		
		Densidad	Dominio	Media	Media	Intervalo 90%	
Persistencia de <i>cost-push shocks</i>	ρ_u	Beta	[0, 1)	0,5	0,1436	0,0769	0,2073
Desviación de <i>cost-push shocks</i>	σ_u	Inv. Gamma	[0, ∞)	0,0013	0,0098	0,0079	0,012
Persistencia de demanda externa	ρ_{c^e}	Beta	[0, 1)	0,7	0,8601	0,6875	0,9834
Desviación de choques en la demanda externa	σ_{c^e}	Inv. Gamma	[0, ∞)	0,01	0,0409	0,0353	0,0464
Persistencia de productividad	ρ_a	Beta	[0, 1)	0,4	0,1241	0,0594	0,1874
Desviación de choques en la productividad	σ_a	Inv. Gamma	[0, ∞)	0,0071	0,0172	0,015	0,0193

Fuente: Elaboración propia con datos del INE

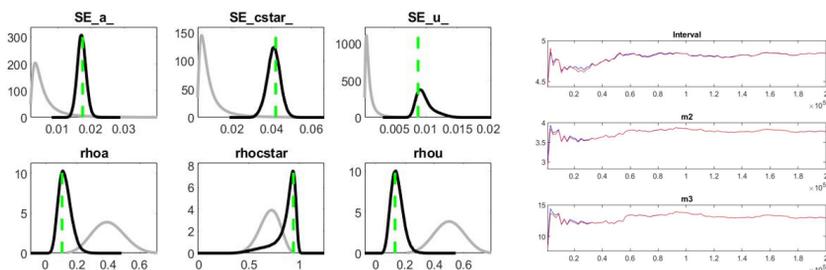
Las últimas tres columnas de la Tabla 3 reportan la media y los intervalos de confianza al 90% de la estimación bayesiana. Los valores *priors* están basados en evidencia de análisis previos, en el caso de Bolivia y otras economías de la región. En general, los parámetros autorregresivos de los procesos

estocásticos, es decir ρ_u , ρ_c y ρ_a , tienen una distribución del tipo Beta, debido a que los valores de los mismos deben estar comprendidos entre 0 y 1, garantizando así un proceso estacionario.

En particular, el valor *prior* del parámetro de persistencia relacionado con los *cost-push shocks* es situado en 0,5, en línea con el trabajo de Valdivia (2017). La presente estimación bayesiana computa un coeficiente autorregresivo de 0,1436, y un proceso estocástico con una desviación estándar de 0,0013. En relación a los choques de demanda externa, se toma en cuenta el análisis de Cerezo (2010) que fija el coeficiente autorregresivo en un valor de 0,7. Este valor es utilizado como *prior*, obteniendo una estimación de 0,86. De la misma forma, varios análisis de equilibrio general para países de Latinoamérica sugieren valores entre 0,01 y 0,02 para la desviación estándar de los choques externos. En el presente trabajo, se toma un *prior* de 0,01, obteniendo un valor estimado de 0,04. Finalmente, se estiman los parámetros relevantes para los choques de productividad, situando el valor *prior*, para el parámetro de persistencia, en 0,4. En base al mismo, la estimación bayesiana sugiere un coeficiente de persistencia de 0,1241 y una desviación estándar de los choques de productividad de 0,017.

El Gráfico 1 muestra los resultados de la estimación. Los cuadros de la izquierda reflejan que la información provista por las series de tiempo ha sido informativa para la estimación de parámetros, mientras que los paneles de la derecha demuestran una adecuada convergencia del proceso.

**Gráfico 1: RESULTADOS DE ESTIMACIÓN BAYESIANA
Y ANÁLISIS DE CONVERGENCIA**
(En valores)



Fuente: Elaboración propia con datos del INE

Adicionalmente, se estimaron los parámetros de acuerdo a cada regla de política monetaria evaluada. Estos resultados se muestran en el Apéndice B.

VI.2. Evaluación de políticas monetarias alternativas

**Tabla 4: PARÁMETROS DE DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE CHOQUES EN PERIODOS
DE NORMALIDAD Y VOLATILIDAD**
(Expresado en términos de desviación estándar)

	Parámetro de Desviación estándar de choques	Periodo de normalidad 1990-2019 (Parámetros estimados)	Periodo de excesiva volatilidad – 2020 (Parámetros Calibrados)
Choques de Oferta	σ_u	0,1436	0,9 (Ferroni et al. 2015)
	σ_w	0,0172	0,5 (Ferroni et al. 2015)
Choques de Demanda	σ_g	0,0056	0,5 (Ferroni et al. 2015)
	σ_{c*}	0,0409	0,7 (Ferroni et al. 2015)

Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE y Ferroni et al. (2015).

El análisis se efectúa en dos tipos de escenarios; el primero en un entorno basado en la estimación de parámetros en el periodo 1990-2019, y el segundo, considerando un contexto de extrema volatilidad en la varianza de los choques, simulando un contexto de recesión extrema como fue la época de pandemia en 2020.

La Tabla 4 muestra las varianzas de los choques que presentan una significativa diferencia entre los parámetros estimados en el periodo de estabilidad (i.e. sin choques abruptos como los registrados en la pandemia) 1990-2019 y los parámetros calibrados para un escenario sin precedente y recesión, como fue el periodo 2020.

Las desviaciones estándar de los choques de oferta y demanda, en el periodo de extrema volatilidad, son tomadas de trabajos anteriores que evalúan el comportamiento de éste tipo de escenarios. Tal es el caso de Baqaee et al. (2021) que estiman elevados niveles de varianza en los choques que atañen la economía estadounidense en 2020. También se toma en cuenta el trabajo de Ferroni et al. (2015), que discuten diferentes niveles de desviación estándar en choques estructurales. Fornaro y Wolf (2020) discuten el cambio negativo en los niveles de productividad y en la función de oferta dada por la curva de Phillips, alegando niveles sin precedentes de recesión.

VI.2.1. Escenario basado en la estimación de parámetros en el periodo 1990-2019

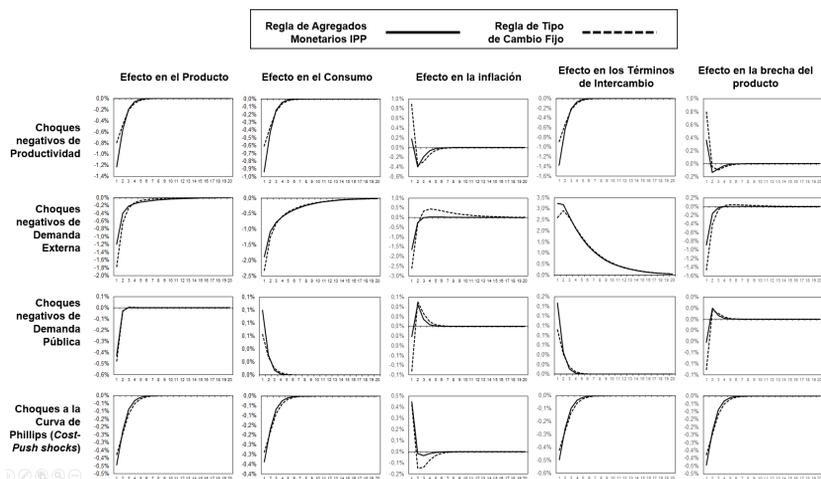
A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la simulación del modelo, considerando las siete reglas de política monetaria descritas anteriormente (Tabla 5 y Gráfico 2) y su repercusión en la aproximación de segundo orden de la función de utilidad, cuyo objetivo es evaluar las reglas consiguiendo las menores pérdidas “L” (en el estilo de Galí, 2015).

Tabla 5: EVALUACIÓN DE REGLAS DE POLÍTICA MONETARIA (Expresado en términos de desviaciones estándar)

	Parámetros de política	Regla Típica de Taylor		Regla de Agregados Monetarios (CPI)		Regla de Agregados Monetarios (IPP)		Tipo de cambio nominal fijo
Parámetro de respuesta a inflación	Ψ_{π}	1,5	1,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0
Parámetro de respuesta al producto	Ψ_x	0,125	0,125	0,85	0,85	0,85	0,85	0
Parámetro de respuesta al tipo de cambio	Ψ_s	0,4	0,76	0,4	0,76	0,4	0,76	$\Delta s_t = 0$
Varianza de principales variables	σ_y	0,14511	0,15754	0,16121	0,16497	0,15821	0,16331	0,16823
	σ_x	0,09612	0,11702	0,09880	0,12194	0,08738	0,11845	0,13391
	σ_{π_H}	0,07365	0,09848	0,08280	0,11870	0,06388	0,10860	0,14713
	$\sigma_{\Delta s_t}$	0,14612	0,06435	0,12892	0,04432	0,17135	0,05670	0,00000
	σ_{tot}	0,46132	0,44136	0,45217	0,43489	0,46305	0,43817	0,42563
Pérdidas estimadas totales según aprox. de función de utilidad “L”		-0,01234	-0,01687	-0,01306	-0,01807	-0,01080	-0,01724	-0,02101

Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE y simulación.

Gráfico 2: ESCENARIO 1 – FUNCIONES IMPULSO RESPUESTA EN VARIABLES SELECCIONADAS (En porcentaje)



Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE y simulación.

La Tabla 5 muestra que la política monetaria, con las menores pérdidas “L”, es una regla de agregados monetarios que apunta a controlar la inflación IPP, la brecha del producto y, en menor medida, el tipo de cambio, en presencia de choques simultáneos a la economía (demanda externa, gasto gubernamental, productividad y *cost-push shocks*) y en medio de un contexto que carece de periodos de anormal volatilidad. En el otro extremo, la regla menos preferida en éste escenario es aquella que sólo se enfoca en la estabilidad cambiaria y deja de lado el control de variables como la inflación y el producto.

Paralelamente, es posible observar que la regla que cumple con las mínimas pérdidas estimadas, según la aproximación de segundo orden de la función de utilidad “L”, coincide con la mínima varianza de las variables principales en la economía, como ser la brecha del producto e inflación.

Los resultados obtenidos van en línea con el análisis de De Paoli (2009b) y Parrado (2004) que muestran que una regla de política monetaria enfocada en el IPP ofrece el mejor desempeño. Este es el caso, debido a que en un escenario de elevados niveles de inflación de los bienes domésticos (IPP), una política monetaria que reacciona de manera contundente a apaciguar su avance resulta la más efectiva, dado que la misma no es influenciada por

posibles reducciones en los precios de productos importados incluidos en el IPC.

No obstante, en éste contexto también destaca una regla de Taylor que apunta a controlar la inflación IPC, el producto y el tipo de cambio, logrando menores niveles de volatilidad en los términos de intercambio, en comparación con una regla de agregados monetarios concentrada solamente en el IPP.

Tabla 6: EVALUACIÓN DE REGLAS DE POLÍTICA MONETARIA, SEGÚN TIPO DE SHOCK
(Expresado en términos de desviaciones estándar)

	Parámetros de política monetaria	Regla Típica de Taylor		Regla de Agregados Monetarios (CPI)		Regla de Agregados Monetarios (IPP)		Tipo de cambio nominal fijo
Parámetro de respuesta a inflación	ψ_{π}	1,5	1,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0
Parámetro de respuesta al producto	ψ_x	0,125	0,125	0,85	0,85	0,85	0,85	0
Parámetro de respuesta al tipo de cambio	ψ_s	0,4	0,76	0,4	0,76	0,4	0,76	$\Delta s_t = 0$
Pérdidas estimadas por choque	Choque de Productividad	-0,00274	-0,00354	-0,00180	-0,00334	-0,00128	-0,00314	-0,00430
	Choque de Demanda Externa	-0,00592	-0,00982	-0,00808	-0,01142	-0,00621	-0,01074	-0,01335
	Choque de Gasto Gobierno	-0,00158	-0,00165	-0,00145	-0,00163	-0,00139	-0,00161	-0,00172
	Choque a la curva de Phillips (Cost-Push Shocks)	-0,00210	-0,00186	-0,00172	-0,00169	-0,00192	-0,00165	-0,00175
	Pérdidas estimadas según aprox. de función de utilidad	-0,01234	-0,01687	-0,01306	-0,01807	-0,01080	-0,01724	-0,02101

Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE y simulación.

Adicionalmente, se reevalúa el desempeño de las reglas de política monetaria (Tabla 6), suponiendo que la economía ha sufrido solamente un tipo de choque a la vez.

En el caso de la presencia únicamente de perturbaciones negativas en el gasto del gobierno (choque negativo de demanda pública), una regla de agregados monetarios concentrada, simultáneamente, en estabilizar el producto, la inflación IPP y el tipo de cambio, es aquella que presenta las menores pérdidas, i.e. un mejor rendimiento. Similarmente, suponiendo que solamente existen choques negativos en la productividad, la misma regla minimiza las pérdidas ya que combate directamente posibles efectos inflacionarios. En vista de choques negativos en la demanda externa por bienes nacionales, una regla de Taylor es aquella que minimiza las pérdidas totales.

En el caso de choques a la curva de Phillips (*cost-push shocks*), una regla de política monetaria con mayor énfasis en la estabilización del tipo de cambio nominal (además de la inflación y el producto), es la que presenta el mejor desempeño. De acuerdo con Berger y Wagner (2006), en el caso de choques de oferta, la denominada “coincidencia divina” de estabilización simultánea de producto e inflación no se cumple. Esto es debido a que, descensos en la producción a raíz de perturbaciones exógenas, derivan en potenciales aumentos en el precio explicados por la escasez de oferta. Por lo tanto, una regla de política monetaria concentrada en reducir los niveles inflacionarios, desencadena también un decremento no deseado en el producto y, por tanto, un incremento negativo en la brecha del mismo.

Finalmente, a través del análisis realizado, es posible afirmar que, en un contexto como el analizado, una regla de política monetaria de agregados monetarios, basada en la estabilización, tanto del producto, la inflación (IPP) y el tipo de cambio, se desempeña mejor que una regla basada solamente en la administración de un tipo de cambio fijo y una regla típica de Taylor.

VI.2.2. Escenario de extrema volatilidad en la varianza de los choques.

Tomando en cuenta los nuevos parámetros de la desviación estándar, en relación a los cuatro choques analizados en el modelo, se simula un escenario de mayor volatilidad en las perturbaciones de oferta y demanda (Tabla 7). Con ésta nueva configuración, los resultados cambian, posesionando, en primer lugar, una regla de política monetaria que hace especial énfasis en la estabilidad cambiaria. Como muestra la Tabla 7, la regla que minimiza las pérdidas totales L también minimiza la desviación estándar de la brecha del producto.

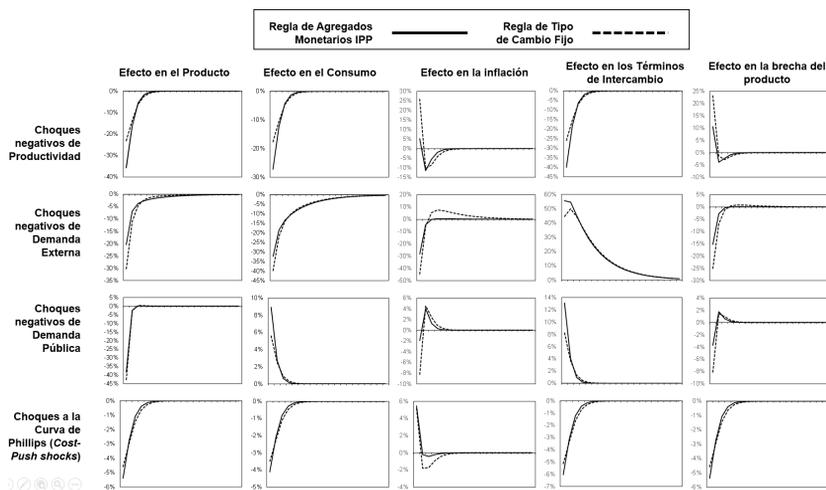
Tabla 7: EVALUACIÓN DE REGLAS DE POLÍTICA MONETARIA, SEGÚN TIPO DE SHOCK
(Expresado en desviaciones estándar)

	Parámetros de política monetaria	Regla de Taylor (CPI)		Regla de Agregados Monetarios (CPI)		Regla de Agregados Monetarios (IPP)		Sólo tipo de cambio nominal fijo
		Regla 1	Regla 2	Regla 3	Regla 4	Regla 5	Regla 6	Regla 7
Parámetro de respuesta a inflación	ψ_{π}	1,5	1,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0
Parámetro de respuesta al producto	ψ_x	0,125	0,125	0,85	0,85	0,85	0,85	0
Parámetro de respuesta al tipo de cambio	ψ_z	0,4	0,76	0,4	0,76	0,4	0,76	$\Delta s_z = 0$
Des. Estándar de principales variables	σ_y	0,56642	0,58650	0,59902	0,60044	0,59519	0,59748	0,60513
	σ_x	0,24452	0,30919	0,24054	0,31977	0,36022	0,30813	<u>0,19765</u>
	σ_{π}	0,15534	0,26266	0,19879	0,30117	0,12545	0,27485	0,38589
	$\sigma_{\Delta s_z}$	0,37404	0,16567	0,39351	0,13674	0,50824	0,16940	0,00000
	σ_{tot}	1,15535	1,10328	1,14721	1,09106	1,17790	1,10000	1,06185
Pérdidas estimadas por choque	Choque de Productividad	-0,03496	-0,04511	-0,02296	-0,04258	<u>-0,01632</u>	-0,04011	-0,05487
	Choque de Demanda Externa	<u>-0,03546</u>	-0,05884	-0,04841	-0,06843	-0,03720	-0,06433	-0,07995
	Choque de Gasto Gobierno	-0,12620	-0,13182	-0,11566	-0,12955	<u>-0,11044</u>	-0,12807	-0,13710
	Choque en la curva de Phillips (Cost-Push shocks)	-0,02101	-0,01861	-0,01724	-0,01688	-0,01925	-0,01752	<u>-0,01647</u>
Pérdidas estimadas totales según aprox. de función de utilidad		-0,19665	-0,23580	-0,18705	-0,24058	-0,27194	-0,23253	<u>-0,16398</u>

Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE y simulación.

De acuerdo al análisis por choque, se observa que, en el caso de perturbaciones exógenas de productividad y gasto público, la regla con el mejor desempeño es una de agregados monetarios que reacciona simultáneamente a desviaciones del producto, la inflación IPP y tipo de cambio. Sin embargo, el panorama es algo distinto en el caso de choques a la curva de Phillips (*cost-push shocks*), donde se desempeña mejor una regla que hace mayor énfasis en la estabilidad cambiaria. La repercusión de ésta última perturbación, desencadena un cambio completo en el *ranking* de políticas cuando todos los choques impactan sincrónicamente a la economía nacional.

**Gráfico 3: ESCENARIO 2 – FUNCIONES IMPULSO RESPUESTA
EN VARIABLES SELECCIONADAS
(En términos de porcentaje)**



Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE y simulación.

Éste cambio en el *ranking* de políticas, se debe al incremento en la volatilidad de los choques eficientes e ineficientes: cuando un choque es ineficiente, el producto natural no coincide con el producto eficiente (Gupta, 2019). Como se describe en la sección 3.2.2 del presente documento, éste escenario se da cuando los choques a la curva de Phillips (*cost-push shocks*) están presentes en la economía, existiendo un *trade-off* entre la estabilización del producto y la inflación¹⁴. Consecuentemente, se da el caso de que la autoridad monetaria no lograría cerrar las brechas en el producto, inclusive, logrando una estabilidad completa de los precios. Por otra parte, los choques eficientes (como aquellas perturbaciones en la productividad, en la demanda pública y externa) no generan un dilema entre la estabilización del producto y la inflación¹⁵.

Por consiguiente, una economía que enfrenta choques ineficientes deberá considerar la aplicación de medidas alternativas, ya que estabilizar la inflación podría conllevar a incrementos importantes en la brecha del producto, impulsando una potencial recesión a costa de evitar presiones inflacionarias

14 Ésta situación se evidencia en la ecuación de la curva de Phillips neo-keynesiana (ecuación 3.74)

15 Según Galí (2015), el producto debe fluctuar en línea con el producto potencial (eficiente) y cualquier incremento de la brecha puede generar presiones inflacionarias o deflacionarias, debido a movimientos en la demanda agregada.

(Sutherland, 2005). Entonces, una alternativa es considerar también la estabilidad cambiaria.

La razón de la afirmación previa se basa en el mecanismo de transmisión de la política (Gráfico 3). Por ejemplo, si la autoridad se enfoca solamente en apuntar a una meta específica de inflación, un potencial incremento en la inflación a raíz de una contracción en la oferta impulsaría, inmediatamente, un incremento en las tasas de interés (a partir de cambios en los agregados monetarios). Esta situación desencadenaría un descenso transitorio en el consumo (por sustitución intertemporal) y por tanto en el producto. Suponiendo que las tasas de interés en el extranjero se mantienen constantes (por ejemplo cercanas a cero como en el caso en periodos de recesión), de acuerdo con el principio de la paridad descubierta de las tasas de interés (*uncovered interest parity*), debería generarse una inminente apreciación de la moneda nacional en tiempo t y, por lo tanto, una contracción de la demanda agregada, debido al deterioro en la competitividad de los productos nacionales. Empero, si el banco central se centra en mantener una estabilidad cambiaria, evita ésta rotunda apreciación del tipo de cambio nominal y por ende frena una contracción sostenida del producto.

VII. Conclusiones

En el presente documento se conoció el desempeño de diferentes reglas de política monetaria, a través de la evaluación de una aproximación analítica de segundo orden de la función de utilidad. Para ello, se construyó un Modelo de Equilibrio General Dinámico Estocástico (MEGDE) calibrado y estimado con técnicas bayesianas, considerando choques eficientes e ineficientes.

En el estilo de Galí y Monacelli (2005), el modelo tomó en cuenta un entorno de competencia imperfecta y rigideces nominales *à la* Calvo (1983). Para la representación de la economía pequeña y del resto del mundo, siguiendo a De Paoli (2009b), se estableció que, en el límite, el tamaño de la primera tiende a cero, de tal manera que la misma no influencia los precios ni las tasas de interés del resto del mundo, pero puede verse afectada por choques externos. También, se toma en cuenta el concepto de *home bias* con el propósito de modelar y derivar intuitivamente la función de demanda agregada de la economía pequeña y abierta. También, se tomó en cuenta una función de utilidad del tipo “*money in the utility function*”, con el fin de tomar en cuenta la demanda por saldos reales de dinero en el modelo.

Para la representación canónica del modelo, se consideraron choques eficientes (productividad, demanda pública y demanda externa por bienes nacionales) e ineficientes (*cost-push shocks* o choques a la curva de Phillips). Además, se derivaron analíticamente las ecuaciones fundamentales del sistema, tales como la curva de Phillips neo-keynesiana, la curva IS y la tasa de interés eficiente, en términos de la brecha del producto y la inflación. Todo esto, con el propósito de comprender adecuadamente la interrelación entre las variables del modelo en el contexto de una economía abierta, tomando en cuenta conceptos claves como por ejemplo la relación entre el tipo de cambio real y los términos de intercambio.

Se plantearon siete reglas simples de política monetaria: dos reglas típicas de Taylor que apuntan a estabilizar la inflación, desviaciones del producto y tipo de cambio (control estricto y relajado de tipo de cambio), dos reglas de agregados monetarios¹⁶ enfocadas a estabilizar la inflación IPP, desviaciones del producto y tipo de cambio (control estricto y relajado de tipo de cambio), dos reglas de agregados monetarios enfocadas a estabilizar la inflación IPC, desviaciones del producto y tipo de cambio (control estricto y relajado de tipo de cambio) y, finalmente, una regla orientada solamente a mantener nulas variaciones del tipo de cambio nominal, sin considerar el comportamiento de variables reales de la economía.

Para evaluar el desempeño de las diferentes reglas de política monetaria se siguió el criterio propuesto por Rotemberg y Woodford (1999), basado en una aproximación de segundo orden de la función de utilidad que deriva, finalmente, la pérdida de utilidad experimentada por el agente representativo, denominada como la función de pérdida de bienestar (*welfare loss*). La misma concluye que, para aminorar las pérdidas de la sociedad, se debe proceder con minimizar las desviaciones del trabajo respecto a su estado estacionario. Éste criterio también coincide con las menores varianzas de la brecha del producto y la inflación.

Seguidamente, para simular el modelo propuesto, se procedió, primero, a calibrar aquellos parámetros estructurales con suficiente sustento en la literatura previa para el caso de Bolivia y países de Latinoamérica; y segundo, se estimaron con técnicas bayesianas los parámetros relacionados con los choques de oferta y demanda, tomando en cuenta series de tiempo del PIB real de la economía boliviana, consumo real doméstico, inflación IPC, y términos de intercambio. Los resultados muestran que los datos provistos para

16 En el estilo de Valdivia (2019) que desarrolla la regla de Poole.

la estimación son suficientemente informativos para la determinación de los parámetros.

Finalmente, se efectuó el análisis en dos tipos de escenarios, el primero en un entorno basado en la estimación de parámetros en el periodo 1990-2019, y el segundo, considerando un contexto de extrema volatilidad en la varianza de los choques.

En el primer escenario, se mostró que la política monetaria con las menores pérdidas es una regla de agregados monetarios que apunta a controlar la inflación IPP, el producto y el tipo de cambio, en presencia de choques simultáneos a la economía. En el otro extremo, la regla menos preferida en éste escenario es aquella que sólo se enfoca en la estabilidad cambiaria y deja de lado el control de variables reales.

Adicionalmente, se reevaluó el desempeño de las reglas de política monetaria, suponiendo que la economía ha sufrido solamente un tipo de choque a la vez, encontrando que en el caso de la presencia únicamente de perturbaciones negativas en el gasto público (choque negativo de demanda pública), una regla de agregados monetarios concentrada, simultáneamente, en estabilizar el producto, la inflación IPP y el tipo de cambio, es aquella que presenta un mejor rendimiento. El caso es similar para los choques negativos en la productividad. En vista de choques negativos de la demanda externa, una regla de Taylor sería aquella que minimiza las pérdidas totales. En el caso de choques a la curva de Phillips (*cost-push shocks*), una regla de política monetaria de agregados monetarios con mayor énfasis en la estabilización del tipo de cambio nominal (además de la inflación y el producto), es la que presenta el mejor desempeño debido a la naturaleza de los choques ineficientes.

En el segundo escenario, el de mayor volatilidad en las perturbaciones de oferta y demanda, los resultados cambian, posesionando, en primer lugar, una regla de política monetaria con especial énfasis en la estabilidad cambiaria. Ésta regla minimiza, fundamentalmente, las pérdidas totales derivadas a partir de la aproximación de segundo orden de la función de utilidad. En éste caso, la repercusión de choques ineficientes desencadena un cambio completo en el *ranking* de políticas cuando todos los choques impactan sincrónicamente la economía nacional en un contexto de extrema volatilidad.

Referencias bibliográficas

ADOLFSON, Malin, LASÉEN, Stefan, LINDÉ, Jesper, VILLANI, Mattias, 2007. Bayesian estimation of an open economy DSGE model with incomplete pass-through. *Journal of International Economics*, 72 (2), pp. 481 - 511. ISSN en línea 0022-1996. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2007.01.003>

AGUIAR, Mark and GOPINATH, Gita, 2007. Emerging Market Business Cycles: The Cycle is the Trend. *Journal of Political Economy*, 115 (1), pp. 69 - 102. ISSN en línea 1537-534X. Disponible en: <https://doi.org/10.1086/511283>

AMADO, María, 2014. Macroprudential Rules in Small Open Economies. Banco Central de Reserva del Perú, Working Paper Series DT, N° 2014-009, July. Disponible en: <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Documentos-de-Trabajo/2014/documento-de-trabajo-09-2014.pdf>

BANCO CENTRAL DE BOLIVIA [sin fecha] [en línea]. Estadísticas semanales. Disponible en <https://www.bcb.gob.bo/?q=estad-sticas-semanales>. Recuperado el 22 de febrero de 2021

BAQAEE, David and BURSTEIN, Ariel, 2021. Welfare and Output with Income Effects and Taste Shocks. National Bureau of Economic Research, Working Paper 28754, May. Disponible en: <https://doi.org/10.3386/w28754>

BENIGNO, Pierpaolo, 2009. Price Stability with Imperfect Financial Integration. *Journal of Money, Credit and Banking*, 41 (s1), pp. 121 - 149. ISSN en línea 1538-4616. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1538-4616.2008.00201.x>

BERGER, Wolfram and WAGNER, Helmut, 2006. International Policy Coordination and Simple Monetary Policy Rules. International Monetary Fund, Working Paper WP/06/164, June. Disponible en: <https://doi.org/10.5089/9781451864243.001>

BERGHOLT, Drago, 2012. The Basic New Keynesian Model. Lecture notes, January. Disponible en: https://bergholt.weebly.com/uploads/1/1/8/4/11843961/the_basic_new_keynesian_model_-_drago_bergholt.pdf. Recuperado en 12, 2021

CALVO, Guillermo, 1983. Staggered prices in a utility-maximizing framework. *Journal of Monetary Economics*, 12 (3), pp. 383 - 398. ISSN en línea 0304-3932. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(83\)90060-0](https://doi.org/10.1016/0304-3932(83)90060-0)

CEREZO, Sergio, 2010. Un Modelo de Equilibrio General Dinámico Estocástico para el análisis de la política monetaria en Bolivia. Banco Central de Bolivia, *Revista de Análisis*, 13, pp. 49 - 89. ISSN en línea 2305-2597. Disponible en: https://www.bcb.gob.bo/webdocs/publicacionesbcb/revista_analisis/ra_vol13/articulo_2_v13.pdf

CÉSPEDES, Nikita and RENDÓN, Silvio, 2012. The Frisch Elasticity in Labor Markets with High Job Turnover. Institute for the Study of Labor – IZA, Discussion Paper Series IZA DP No. 6991, November. Disponible en: <https://www.iza.org/publications/dp/6991/the-frisch-elasticity-in-labor-markets-with-high-job-turnover>

CLARIDA, Richard, GALÍ, Jordi and GERTLER, Mark, 1999. The Science of Monetary Policy: A New Keynesian Perspective. *Journal of Economic Literature*, 37 (4), pp. 1661 - 1707. ISSN en línea 2328-8175. Disponible en: <https://doi.org/10.1257/jel.37.4.1661>

COMBES, Jean-Louis, KINDA, Tidiane and PLANE, Patrick, 2011. Capital Flows, Exchange Rate Flexibility and the Real Exchange Rate, International Monetary Fund, Working Paper WP/11/9, January. Disponible en: <https://doi.org/10.5089/9781455211876.001>

CORSETTI, Giancarlo, Dedola, Luca and LEDUC, Sylvain, 2005. International Risk-Sharing and the Transmission of Productivity Shocks. Board of Governors of the Federal Reserve System, International Finance Discussion Papers Number 826, February. Disponible en: <https://www.federalreserve.gov/econres/ifdp/international-risk-sharing-and-the-transmission-of-productivity-shocks.htm>

DE MENEZES, Fernando, 2016. Assessing the Fit of a Small Open-Economy DSGE Model for the Brazilian Economy, Central Bank of Brazil, Working Paper 424, April. ISSN 1518-3548. Disponible en: <https://www.bcb.gov.br/pec/wps/ingl/wps424.pdf>

DE PAOLI, Bianca, 2009a. Monetary policy and welfare in a small open economy. *Journal of International Economics*, 77 (1), pp. 1 - 22. ISSN en línea 0022-1996. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2008.09.007>

DE PAOLI, Bianca, 2009b. Monetary Policy under Alternative Asset Market Structures: The Case of a Small Open Economy. *Journal of Money, Credit and Banking*, 41 (7), pp. 1301-1330. ISSN en línea 1538-4616. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1538-4616.2009.00257.x>

DÍAZ, Oscar y GARRÓN, Ignacio, 2016. Un modelo de equilibrio general estocástico dinámico para analizar el efecto de la política monetaria sobre el sistema financiero boliviano. Banco Central de Bolivia, *Revista de Análisis*, 24, pp. 147 - 192. ISSN en línea 2305-2597. Disponible en: https://www.bcb.gob.bo/webdocs/publicacionesbcb/revista_analisis/ra_vol24/articulo_4_v24.pdf

DUNCAN, Roberto, 2013. Institutional Quality, the Cyclicity of Monetary Policy and Macroeconomic Volatility. Federal Reserve Bank of Dallas, Working Paper No. 163, December. Disponible en: <https://www.dallasfed.org/-/media/documents/institute/wpapers/2013/0163.pdf>

FERRERO, Andrea and SENECA, Martin, 2019. Notes on the Underground: Monetary Policy in Resource-Rich Economies. *Journal of Money, Credit and Banking*, 51 (4), pp. 953 - 976. ISSN en línea 1538-4616. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/jmcb.12556>

FERRONI, Filippo, GRASSI, Stefano and LEÓN-LEDESMA, Miguel, 2015. Fundamental shock selection in DSGE models. University of Kent, School of Economics Discussion Papers KDPE 1508, May. Disponible en: <https://kar.kent.ac.uk/id/eprint/62893>

FORNARO, Luca and WOLF, Martin, 2020. Coronavirus and macroeconomic policy. Disponible en: <https://voxeu.org/article/coronavirus-and-macroeconomic-policy>. Consultado el 26 de marzo de 2021

GALÍ, Jordi, 2015. *Monetary policy, Inflation, and the Business Cycles. An Introduction to the New Keynesian Framework and Its Applications*. Second edition. New Jersey, United States of America: Princeton University Press. ISBN 978-0-691-16478-6

GALÍ, Jordi and MONACELLI, Tommaso, 2005. Monetary Policy and Exchange Rate Volatility in a Small Open Economy. *The Review of Economic Studies*, 72 (3), pp. 707 - 734. ISSN en línea 1467-937X. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1467-937X.2005.00349.x>

GARCIA-CICCO, Javier, KIRCHNER, Markus, CARRILLO, Julio, RODRÍGUEZ, Diego, PEREZ, Fernando, GONDO, Rocío, MONTORO, Carlos and CHANG, Roberto, 2017. Financial and real shocks and the effectiveness of monetary and macroprudential policies in Latin American countries. Bank for International Settlements, Working Paper No 668, October. Disponible en: <https://www.bis.org/publ/work668.htm>

GUPTA, Sargam, 2019. Inefficient Shocks and Optimal Monetary Policy. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3454129>. Recuperado el 10 de marzo de 2021

HAMILTON, James, 1994. *Time Series Analysis*. New Jersey: Princeton University Press. ISBN 0-691-04289-6

INTERNATIONAL MONETARY FUND, 2020. Annual Report on Exchange Rate Arrangements and Exchange Restrictions 2019. ISSN 2304-0831. Disponible en: <https://0-www-elibrary-imf-org.library.svsu.edu/view/books/012/26225-9781498324571-en/26225-9781498324571-en-book.xml?rskey=eFvWvX&result=2>

JEMIO, Valeria, 2020. Monetary rules in an open economy with distortionary subsidies and inefficient shocks: A DSGE approach for Bolivia. MPRA Paper No. 102374, July. Disponible en: https://mprapaub.uni-muenchen.de/102374/1/MPRA_paper_102374.pdf

LAHCEN, Mohammed, 2014. DSGE models for developing economies: An application to Morocco. MPRA Paper No. 63404, August. Disponible en: https://mprapaub.uni-muenchen.de/63404/1/Master_thesis-DSGE_developing_econ-Final.pdf

LUBIK, Thomas and SCHORFHEIDE, Frank, 2006. A Bayesian Look at New Open Economy Macroeconomics. En: GERTLER, Mark and ROGOFF, Kenneth, eds. *NBER Macroeconomics Annual 2005*. Cambridge Massachusetts: The MIT Press, pp. 313 -366. ISBN 0-262-5723

MACHICADO, Carlos and ESTRADA, Paul, 2012. Fiscal policy and economic growth: a simulation analysis for Bolivia. Instituto Nacional de estadística y Censos de Ecuador, *Analítica*, 4 (2), pp. 57-79. ISSN en línea 1390-7867. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Revistas/Analitika/volumenes_pdf/ANALitica4.pdf

MANCINI, Tommaso, 2007. *DYNARE User Guide: An Introduction to the solution & estimation of DSGE models*. Disponible en: https://archives.dynare.org/documentation-and-support/user-guide/Dynare-UserGuide-WebBeta.pdf/at_download/file

MEDINA, Juan Pablo and SOTO, Claudia, 2007. The Chilean Business Cycles Through the Lens of a Stochastic General Equilibrium Model. Central Bank of

Chile, Working Papers N° 457, December. Disponible en: https://www.bcentral.cl/documents/33528/133326/bcch_archivo_136937_es.pdf/d3e5b6ed-a8feb574-1a27-f25ba93110cf?t=1573283073363

MONACELLI, Tommaso, 2004. Into the Mussa puzzle: monetary policy regimes and the real exchange rate in a small open economy. *Journal of International Economics*, 62 (1), pp. 191 - 217. ISSN en línea 0022-1996. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0022-1996\(03\)00039-4](https://doi.org/10.1016/S0022-1996(03)00039-4)

PARRADO, E., 2004. Inflation Targeting and Exchange Rate Rules in an Open Economy. International Monetary Fund, Working Paper WP/04/21, February. ISSN 1018-5941. Disponible en: <https://doi.org/10.5089/9781451921892.001>

ROTEMBERG, Julio and WOODFORD, Michael, 1999. The Cyclical Behavior of Prices and Costs. National Bureau of Economic research, Working Paper 6909, January. Disponible en: <https://doi.org/10.3386/w6909>

SALAS, Jorge y ESCOBAR, Luis, 2018. *Shocks* internos, externos e innovaciones de política económica en Bolivia: Un enfoque general (DSGE). En: 9no Encuentro de Economistas de Bolivia. La Paz, Bolivia: Banco Central de Bolivia. Disponible en: [https://www.bcb.gob.bo/eeb/sites/default/files/9eeb/archivos/Viernes%201502/Shocks%20internos%20externos%20e%20innovaciones%20de%20politica%20economica%20en%20Bolivia%20Un%20enfoque%20general%20\(DSGE\).pdf](https://www.bcb.gob.bo/eeb/sites/default/files/9eeb/archivos/Viernes%201502/Shocks%20internos%20externos%20e%20innovaciones%20de%20politica%20economica%20en%20Bolivia%20Un%20enfoque%20general%20(DSGE).pdf)

SUTHERLAND, Alan, 2005. Cost-push shocks and monetary policy in open economies. *Oxford Economic Papers*, 57 (1), pp. 1 - 33. ISSN en línea 1464-3812. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/oen/gpi008>

TAYLOR, John, 1993. Discretion versus policy rules in practice. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 39, pp. 195 - 214. ISSN 0167-2231. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0167-2231\(93\)90009-L](https://doi.org/10.1016/0167-2231(93)90009-L)

VALDIVIA, Daney, 2008. ¿Es importante la fijación de precios para entender la dinámica de la inflación en Bolivia? Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo, Serie de Documentos de Trabajo sobre Desarrollo No. 02/2008, febrero. Disponible en: <https://www.inesad.edu.bo/2008/02/20/es-importante-la-fijacion-de-precios-para-entender-la-dinamica-de-la-inflacion-en-bolivia/#:~:text=El%20principal%20resultado%20es%20la,a%20partir%20del%20a%C3%B1o%202000>

VALDIVIA, Joab, 2017. Impacto del Gasto de Capital del SPNF sobre el crecimiento económico de Bolivia en el periodo 2006-2016. Documento de trabajo del Cuaderno de Investigación Económica Boliviana del Ministerio de Economía y Finanzas Públicas – Vol. 2 (1), Dic. 2017. Disponible en: https://repositorio.economiayfinanzas.gob.bo/documentos/2018/UAEF/CIEB/ii_Art%C3%ADculos/Volumen%20II/N%C3%BAmero%20I/CIEB_Esp_2017_Paper_3.pdf

VALDIVIA, Daney y VALDIVIA, Joab, 2014. Efecto de la política fiscal sobre la dinámica de la inflación en Bolivia. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2487981>

VALDIVIA, Daney y VALDIVIA, Joab, 2019. Microfoundations of a Monetary Policy Rule, Poole's Rule. MPRA Paper No. 95630, April. Disponible en: <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/id/eprint/95630>

ZEBALLOS, David, HEREDIA, Juan y YUJRA, Paola, 2018. Fluctuaciones cíclicas y cambios de régimen en la economía boliviana: Un análisis estructural a partir de un modelo DSGE. Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo. Serie Documentos de Trabajo sobre Desarrollo del No. 07/2018, octubre. Disponible en: <https://www.inesad.edu.bo/2018/12/07/fluctuaciones-ciclicas-y-cambios-de-regimen-en-la-economia-boliviana-un-analisis-estructural-a-partir-de-un-modelo-dsge/>

APÉNDICES

Apéndice A: Derivaciones matemáticas

A.1 Demanda de bienes nacionales y extranjeros

El país de origen maximiza el consumo total (3.2) al elegir bienes de consumo domésticos y extranjeros:

$$\underset{C_H, C_F}{\text{maximizar}} C(C_H, C_F) = \left(v^{\frac{1}{\theta}} C_H^{\frac{\theta-1}{\theta}} + (1-v)^{\frac{1}{\theta}} C_F^{\frac{\theta-1}{\theta}} \right)^{\frac{\theta}{\theta-1}}$$

sujeto a $PC \geq P_H C_H + P_F C_F$

Las condiciones de primer orden son:

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial C_H} &\equiv C^{\frac{1}{\theta}} v^{\frac{1}{\theta}} C_H^{-\frac{1}{\theta}} - \lambda P_H = 0 \rightarrow C_H = (\lambda P_H)^{-\theta} v^C \\ \frac{\partial C}{\partial C_F} &= C^{\frac{1}{\theta}} (1-v)^{\frac{1}{\theta}} C_F^{-\frac{1}{\theta}} - \lambda P_F = 0 \rightarrow C_F = (\lambda P_F)^{-\theta} (1-v) C \\ &\Rightarrow C_H = C_F \left(\frac{P_F}{P_H} \right)^{\theta} \frac{v}{1-v} \end{aligned} \quad (\text{A.1})$$

Reemplazando (A.1) en la función objetivo y reordenando los términos tomando en cuenta la ecuación (3.10), la asignación óptima para bienes nacionales es:

$$\begin{aligned} C &= \left(v^{\frac{1}{\theta}} \left(C_F \left(\frac{P_F}{P_H} \right)^{\theta} \frac{v}{1-v} \right)^{\frac{\theta-1}{\theta}} + (1-v)^{\frac{1}{\theta}} C_F^{\frac{\theta-1}{\theta}} \right)^{\frac{\theta}{\theta-1}} \\ C^{\frac{\theta-1}{\theta}} &= v(1-v)^{\frac{1-\theta}{\theta}} C_F^{\frac{\theta-1}{\theta}} P_H^{1-\theta} P_F^{\theta-1} + (1-v)^{\frac{1}{\theta}} C_F^{\frac{\theta-1}{\theta}} P_F^{\theta-1} P_F^{1-\theta} \\ C_H &= v \left(\frac{P_H}{P} \right)^{-\theta} C \quad (\text{A.2}); \quad C_F = (1-v) \left(\frac{P_F}{P} \right)^{-\theta} C \quad (\text{A.3}) \end{aligned}$$

Del mismo modo, los agentes extranjeros maximizan su consumo:

$$C_H^* = v^* \left(\frac{P_H}{P_Q} \right)^{-\theta} C^* \quad (\text{A.4}); \quad C_F^* = (1-v^*) \left(\frac{P_F}{P_Q} \right)^{-\theta} C^* \quad (\text{A.5})$$

A.2 Demanda entre bienes diferenciados nacionales y extranjeros

En esta etapa, los agentes del país doméstico maximizan su consumo de las diferentes variedades de productos de producción nacional, por lo tanto:

$$\begin{aligned} \underset{c(z)}{\text{maximizando}} \quad C_H(c(h)) &= \left(\left(\frac{1}{n} \right)^{\frac{1}{\sigma}} \int_0^n c(h)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} dh \right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \\ \text{sujeeto a} \quad P_H C_H &\geq \int_0^n p(h) c(h) dh \end{aligned}$$

Del mismo modo, el Lagrange y la condición de primer orden con respecto al consumo interno del bien diferenciado del hogar es:

$$\begin{aligned} \frac{\sigma}{\sigma-1} \left(\left(\frac{1}{n} \right)^{\frac{1}{\sigma}} \int_0^n c(h)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} dh \right)^{\frac{1}{\sigma-1}} \frac{\sigma-1}{\sigma} \left(\frac{1}{n} \right)^{\frac{1}{\sigma}} (c(h))^{\frac{1}{\sigma}} - \lambda_t p(h) &= 0 \\ c(h) &= \frac{1}{n} (\lambda_t p(h))^{-\sigma} C_H \end{aligned} \quad (\text{A.6})$$

Incluyendo (A.6) en la restricción presupuestaria y utilizando la definición (3.12):

$$\begin{aligned} \int_0^n p(h) \left(\frac{1}{n} (\lambda_t p(h))^{-\sigma} C_H \right) dh &= P_H C_H \\ \lambda^{-\sigma} P^{1-\sigma} &= P_H \rightarrow \lambda_t = \frac{1}{P_H} \end{aligned} \quad (\text{A.7})$$

Así, la demanda interna de bienes diferenciados nacionales y extranjeros es:

$$c(h) = \frac{1}{n} \left(\frac{p(h)}{P_H} \right)^{-\sigma} C_H \quad (\text{A.8}); \quad c(f) = \frac{1}{1-n} \left(\frac{p(f)}{P_F} \right)^{-\sigma} C_F \quad (\text{A.9})$$

Se usa un proceso análogo para maximizar la demanda en el país extranjero:

$$c^*(h) = \frac{1}{n} \left(\frac{p^*(h)}{P_H^*} \right)^{-\sigma} C_H^* \rightarrow c^*(h) = \frac{1}{n} \left(\frac{p(h)}{P_H} \right)^{-\sigma} C_H^* \quad (\text{A.10})$$

$$c^*(f) = \frac{1}{1-n} \left(\frac{p^*(f)}{P_F^*} \right)^{-\sigma} C_F^* \rightarrow c^*(f) = \frac{1}{1-n} \left(\frac{p(f)}{P_F} \right)^{-\sigma} C_F^* \quad (\text{A.11})$$

Según De Paoli (2009b), el gobierno del país de origen tiene preferencias por bienes domésticos diferenciados, por lo tanto, su problema de maximización es:

$$\begin{aligned} \underset{g(z)}{\text{maximize}} \quad G(g(h)) &= \left(\left(\frac{1}{n} \right)^{\frac{1}{\sigma}} \int_0^n g(h)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} dh \right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} & (A.12) \\ \text{sujeeto a} \quad P_H G &\geq \int_0^n p(h) g(h) dh \end{aligned}$$

Así, la demanda pública interna es la siguiente:

$$g(h) = \frac{1}{n} \left(\frac{p(h)}{P_H} \right)^{-\sigma} G \quad (A.13)$$

A.3 Demanda total de bienes nacionales y extranjeros diferenciados

La demanda total de un bien genérico h producido en el país H viene dada por la agregación de sus demandas nacionales y extranjeras:

$$y(h) = n(c(h) + g(h)) + (1 - n)c^*(h) \quad (A.14)$$

Sustituyendo las correspondientes demandas derivadas anteriormente:

$$y(h) = \left(\frac{p(h)}{P_H} \right)^{-\sigma} \left(\left(\frac{P_H}{P} \right)^{-\theta} \left(vC + \frac{(1-n)}{n} v^* C^* \left(\frac{1}{Q} \right)^{-\theta} \right) + G \right)$$

Aplicando la definición de *home bias* descrita anteriormente (v, v^*), y tomando en cuenta que $n \rightarrow 0$, la demanda total de los bienes diferenciados es la siguiente:

$$y(h) = \left(\frac{p(h)}{P_H} \right)^{-\sigma} \left(\left(\frac{P_H}{P} \right)^{-\theta} \left((1-\lambda)C + \lambda C^* \left(\frac{1}{Q} \right)^{-\theta} \right) + G \right)$$

Por lo tanto:

$$Y_t = \left(\left(\frac{P_H}{P} \right)^{-\theta} \left((1-\lambda)C + \lambda C^* \left(\frac{1}{Q} \right)^{-\theta} \right) + G \right) \quad (A.15)$$

Log linealizando se tiene que¹⁷:

$$y_t = -\theta(p_n) + (1 + \lambda)c_t + \lambda c_t^* + \theta \lambda q_t + g_t \quad (\text{A.16})$$

Asimismo, el consumo total de bienes extranjeros diferenciados es:

$$y(f) = nc(f) + (1 - n)(c^*(f) + g^*(f)) \quad (\text{A.17})$$

$$y(f) = \frac{n}{1 - n} \left(\frac{p(f)}{P_F} \right)^{-\sigma} C_F + \frac{1 - n}{1 - n} \left(\frac{p(f)}{P_F} \right)^{-\sigma} (C_F^* + G^*)$$

$$y(f) = \left(\frac{p^*(f)}{P_F^*} \right)^{-\sigma} \left(\left(\frac{P_F^*}{P^*} \right)^{-\theta} C^* + G \right) \quad (\text{A.18})$$

Seguindo a De Paoli (2009b), la ecuación anterior puede representarse como:

$$y_t = (1 - \lambda)C_t + \lambda C_t^* + \gamma q_t + g_t \quad (\text{A.19})$$

donde $\gamma = \frac{\theta \lambda (2 - \lambda)}{1 - \lambda}$. Seguindo un procedimiento similar se tiene:

$$y_t^* = C_t^* + g_t^* \quad (\text{A.20})$$

A.4 Maximización de la utilidad

$$\text{maximizando } U(C, N) = E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left(\frac{C_t^{1-p}}{1-p} - \frac{N_t^{1+n}}{1-n} + \frac{(M/P)^{1-\sigma_M}}{1-\sigma_M} \right)$$

Sujeto a $W_t N_t - P_t T_{rt} + (1 + i_{t-1})B_{t-1} + (p_{z,t} + d_t)Z_{t-1} + M_{t-1} \geq B_t + p_{z,t}Z_t + P_t C_t + M_t$

Las condiciones de primer orden son:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial C_t} = \beta^t C_t^{-p} - \lambda_t P_t = 0; \quad \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial N_t} = \beta^t N_t^n - \lambda_t W_t = 0; \quad \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial B_t} = \lambda_{t+1}(1 + i_t) - \lambda_t = 0$$

La ecuación de Euler:

$$\beta(1 + i_t)E_t \left(\left(\frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^{-p} \frac{P_t}{P_{t+1}} \right) = 1 \quad (\text{A.21})$$

17 Las condiciones de estado estacionario consideran: $P_t^H / P_{t-1}^H = P_t^F / P_{t-1}^F = 1$

• El índice de precios está normalizado, de modo que $\bar{P}_H = \bar{P}_F$
 • Las versiones de estado estacionario de la ecuación de demanda en el país nacional y extranjero son: $\bar{Y} = (1 - \lambda)C + \lambda C^* + G$ y $\bar{Y}^* = \bar{C}^* + \bar{G}^*$

La regla de optimización del mercado laboral es:

$$\frac{N_t^\eta}{C_t^{-\rho}} = \frac{W_t}{P_t} \quad (\text{A.22})$$

La demanda por agregados reales:

$$\left(\frac{M_t}{P_t}\right)^{\sigma_M} = C_t^{-\rho} \left(\frac{i_t}{1+i_t}\right) \quad (\text{A.23})$$

A.5 Minimización de costos

$$\begin{aligned} & \underset{n_t(h)}{\text{minimizar}} \quad W_t n_t(z) \\ & \text{subject to} \quad A_t n(z) = y_t(z) \\ & \mathcal{L} = W_t n_t(z) + \lambda_t(z)(y_t(z) - A_t n(z)) \end{aligned}$$

La condición de primer orden con respecto al trabajo es:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial n_t(z)} = w_t - \lambda_t(z) A_t = 0$$

donde el multiplicador de la restricción tiene la interpretación de costo marginal:

$$\lambda_t = \frac{W_t}{A_t} \quad (\text{A.24})$$

A.6 Mecanismo de fijación de precios à la Calvo

$$\begin{aligned} & \underset{\tilde{p}_t(h)}{\text{maximizar}} \sum_{k=0}^{\infty} \alpha^k E_t \left(Q_{t,t+k} \left((y_{t,t+k}(h) (\tilde{p}_t(h) - MC_{t,t+k}^n)) \right) \right) \\ & \text{sujeto a} \quad y_{t,t+k}(h) = \left(\frac{\tilde{p}_t(h)}{P_{H,t+k}} \right)^{-\sigma} \left(\frac{P_{H,t+k}}{P_{t+k}} \right)^{-\theta} \left((1-\lambda) C_{t+k} + \lambda C_{t+k}^* \left(\frac{1}{Q_{t+k}} \right)^{-\theta} \right) + G_{t+k} \end{aligned}$$

Derivando las condiciones de primer orden con respecto al precio óptimo $\tilde{p}_t(h)$:

$$\sum_{k=0}^{\infty} \alpha^k E_t \left(Q_{t,t+k} \left((1-\sigma) \left(\frac{\tilde{p}_t(h)}{P_{H,t+k}} \right)^{-\sigma} Y_{t+k} + \sigma \left(\tilde{p}_t(h)^{(-1)} \left(\frac{\tilde{p}_t(h)}{P_{H,t+k}} \right)^{-\sigma} Y_{t+k} MC_{t+k}^n \right) \right) \right) = 0$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} \alpha^k E_t \left(Q_{t,t+k} y_{t+k}(h) \left(\check{p}_t(h) - \frac{\sigma}{(\sigma-1)} \frac{MC_{t+k}^n}{P_{t+k}} \right) \right) = 0$$

Al estilo de De Paoli (2009b), se tienen en cuenta *mark-up shocks* a partir de la elasticidad variable de sustitución entre bienes:

$$\mu_t = \frac{\sigma}{(1-\sigma_t)} \tag{A.25}$$

que sigue un proceso autorregresivo (AR (1)) con ruido blanco: $\varepsilon_{\mu,t} \sim iid N_{(0,\sigma_{\mu})}$:

$$\mu_t = \rho_{\mu} \mu_{t-1} + \varepsilon_{\mu,t} \tag{A.26}$$

Reemplazando del factor de descuento estocástico: $Q_{t,t+k} = \beta^k EE_t \left(\frac{C_{t+k}}{C_t} \right)^{-\sigma} \frac{P_t}{P_{t+k}}$ y simplificando algunos términos comunes:

$$\sum_{k=0}^{\infty} (\alpha\beta)^k E_t \left(\frac{(C_{t+k})^{-\sigma}}{P_{t+k}} y_{t+k}(h) (\check{p}_t(h) - \mu_t MC_{t+k}^n) \right) = 0$$

Simplificando y tomando en cuenta la definición de inflación y producto marginal:

$$\Rightarrow \sum_{k=0}^{\infty} (\alpha\beta)^k E_t \left((C_{t+k})^{-\sigma} \frac{P_{t-1}(h)}{P_{t+k}(h)} y_{t+k}(h) \left(\frac{\check{p}_t(h)}{P_{t-1}(h)} - \mu_t \pi_{H,t-1,t+k} MC_{t+k} \right) \right) = 0$$

Log-linealizando la suma infinita¹⁸ alrededor del estado estacionario de inflación cero:

$$\Rightarrow \check{p}_t(h) - P_{t-1}(h) = (1 - \alpha\beta) \sum_{k=0}^{\infty} (\alpha\beta)^k (\tilde{m}c_{t+k} + \pi_{H,t}) \tag{A.27}$$

La ecuación anterior sigue la forma de una ecuación en diferencias estocásticas de primer orden¹⁹, así:

$$\check{p}_t(h) - p_{t-1}(h) = \alpha\beta(\check{p}_{t+1}(h) - p_t(h)) + (1 - \alpha\beta)(\tilde{m}c_t + \pi_{H,t}) \tag{A.28}$$

Según la especificación de fijación de precios de Calvo, el índice de precios evoluciona de acuerdo con lo siguiente ley de movimiento:

18 $\sum_{k=0}^{\infty} x^k = \frac{1}{1-x}$

19 $y_t = a \sum_{k=0}^{\infty} b^k E_t x_{t+k} \Rightarrow y_t = ax_t + bE_t y_{t+1}$ (y, x variables aleatorias y a, b constantes)

$$(P_{H,t})^{1-\sigma} = \alpha P_{H,t-1}^{1-\sigma} + (1-\alpha)(\tilde{p}_t(h))^{(1-\sigma)}$$

Su correspondiente versión log-linealizada viene dada por:

$$p_{H,t} - p_{H,t-1} = (1-\alpha)(\tilde{p}_{H,t} - p_{H,t-1}) \rightarrow \pi_{H,t} = (1-\alpha)(\tilde{p}_{H,t} - p_{H,t-1}) \quad (\text{A.29})$$

Finalmente, conectando A.29 y A.28 la curva de Phillips neo-keynesiana es:

$$\pi_{H,t} = \beta \pi_{H,t+1} + \zeta \tilde{m} \tilde{c}_t \quad (\text{A.30})$$

$$\text{donde } \zeta = \frac{(1-\alpha\beta)(1-\alpha)}{\alpha}$$

A.7 Términos de intercambio e inflación

La versión log-linealizada de los términos de intercambio es la siguiente:

$$TOT_t = \frac{P_{F,t}}{P_{H,t}} \Rightarrow tot_t = p_{F,t} - p_{H,t} \quad (\text{A.31})$$

La versión log-linealizada de 3.10:

$$p_t = v p_{t,h} + (1-v) p_{t,f} \quad (\text{A.32})$$

Combinando las ecuaciones (A.31) y (A.32) se tiene:

$$p_t = p_{t,h} + (1-v) tot_t \quad (\text{A.33})$$

Por definición, la versión log-linealizada de la inflación es la siguiente:

$$\pi_t = p_t - p_{t-1} \quad y \quad \pi_{t,H} = p_{t,H} - p_{t-1,H}$$

Conectando en la ecuación (A.33) y usando (A.31) se tiene:

$$\begin{aligned} \pi_t + p_{t-1} &= \pi_{t,H} + p_{t-1,H} + (1-v)(p_{t,F} - p_{t,H}) \\ \pi_t &= \pi_{t,H} + (1-v)\Delta tot_t \end{aligned} \quad (\text{A.34})$$

A.8 Términos de intercambio y tipo de cambio real

Combinando las ecuaciones (3.54) y (3.53):

$$q_t = tot_t + p_{H,t} - p_t \quad (\text{A.35})$$

Finalmente, usando las ecuaciones (A.35) y (A.33):

$$q_t = tot_t + p_{t,H} - p_t \Rightarrow q_t = tot_t - (1 - v)tot_t$$

$$q_t = vtot_t \quad (A.36)$$

A.9 Paridad de interés descubierto (*Uncovered Interest Parity*)

En mercados completos, los hogares pueden invertir en bonos nacionales y extranjeros. Entonces, la restricción presupuestaria se puede escribir como:

$$W_t N_t - P_t T r_t + \Pi_t + (1 + i_{t-1})B_{t-1} + (1 + i_{t-1}^*)S_{t-1}B_{t-1}^* + (p_{z,t} + d_t)Z_{t-1}$$

$$= B_t + p_{z,t}Z_t + P_t C_t + S_t B_t^*$$

$$1 = \beta(1 + i_t) \left(\frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^{-\rho} \frac{P_t}{P_{t+1}} ; 1 = \beta(1 + i_t^*) \left(\frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^{-\rho} \frac{P_t}{P_{t+1}} \frac{S_{t+1}}{S_t}$$

Tomando el ratio entre ambas ecuaciones, simplificando y log-linealizando:

$$i_t - i_t^* = E_t(\Delta S_{t+1}) \quad (A.37)$$

A.10 Condiciones de riesgo compartido (*Risk sharing conditions*)

Según Galí y Monacelli (2005), la ecuación de Euler en el extranjero es:

$$\beta R_t E_t \left(\left(\frac{C_{t+1}^*}{C_t^*} \right)^{-\rho} \frac{P_t^* S_t}{P_{t+1}^* S_{t+1}} \right) = 1$$

Igualando la expresión anterior con su contraparte nacional y usando (3.16):

$$C_t = E_t \left(\frac{C_{t+1}}{C_{t+1}^*} Q_{t+1}^{\frac{1}{\rho}} \right) C_t^* Q_t^{\frac{1}{\rho}}$$

Asumiendo condiciones iniciales simétricas, log-linealizando y usando (A.36):

$$c_t = c_t^* + \frac{v}{\rho} tot_t \quad (A.38)$$

A.11 Equilibrio: lado de la demanda

Tomando en cuenta la demanda agregada

$$y_t = (1 - \lambda)c_t + \lambda c_t^* + \lambda q + g_t \quad (A.39)$$

donde $\gamma = \frac{\theta\lambda(2-\lambda)}{(1-\lambda)}$. Usando (A.36):

$$y_t = (1-\lambda)c_t + \lambda c_t^* + v\gamma tot_t + g_t \quad (\text{A.40})$$

Recordando (A.24):

$$y_t^* = c_t^* + g_t^* \quad (\text{A.41})$$

Insertando (A.38) en (A.40) se obtiene:

$$y_t = c_t^* + \frac{tot_t}{\rho_v} + g_t; \text{ donde } \rho_v = \frac{\rho}{v\gamma\rho + (1-\lambda)v}$$

Reescribiendo:

$$y_t = y_t^* - g_t^* + \frac{tot_t}{\rho_v} + g_t \quad (\text{A.42})$$

Tomando en cuenta la ecuación de Euler:

$$y_t - \lambda c_t^* - v\gamma tot_t - g_t = y_{t+1} - \lambda c_{t+1}^* - v\gamma tot_{t+1} - g_{t+1} - \frac{(1-\lambda)(i_t - \pi_{t+1} - \gamma)}{\rho}$$

$$y_t = y_{t+1} - \frac{(1-\lambda)(i_t - \pi_{t+1} - \gamma)}{\rho} - \lambda\Delta y_{t+1}^* + \lambda\Delta g_{t+1}^* - v\gamma\Delta tot_{t+1} - \Delta g_{t+1} \quad (\text{A.43})$$

A.12 Lado de la oferta - El costo marginal

Recordando (A.30) y la definición de costo marginal establecida previamente:

$$\tilde{m}c_t^r = mc_t + \mu_t|$$

También, (3.43) se puede escribir como:

$$mc_t = w_t - p_{t,H} - a_t$$

$$mc_t = (w_t - p_t) + (p_t - p_{t,H}) - a_t \quad (\text{A.44})$$

Usando (A.34) y (A.33):

$$mc_t = (-v + \eta n_t + \rho c_t) + (1-v)tot_t - a_t$$

$$mc_t = -v + \rho c_t + \eta n_t + (1-v)tot_t - a_t \quad (\text{A.45})$$

Teniendo en cuenta (A.41), la función de producción log-linealizada y la relación entre el consumo interno y los términos de intercambio (A.38):

$$\begin{aligned}
 mc_t &= -v + \rho \left(c_t^* + \frac{vtot_t}{\rho} \right) + \eta n_t + (1-v)tot_t - a_t \\
 mc_t &= -v + \rho(y_t^* - g_t^*) + vtot_t + \eta(y_t - a_t) + (1-v)tot_t - a_t \\
 mc_t &= -v + \rho(y_t^* - g_t^*) + tot_t + \eta y_t - a_t(\eta + 1) \quad (A.46)
 \end{aligned}$$

Finalmente, aislando tot_t de la ecuación (A.42): $tot_t = (y_t - g_t)\rho_v - (y_t^* - g_t^*)\rho_v$ y conectando a la ecuación derivada anteriormente:

$$\begin{aligned}
 mc_t &= -v + \rho(y_t^* - g_t^*) + tot_t + \eta y_t - a_t(\eta + 1) \\
 mc_t &= -v + \rho(y_t^* - g_t^*) + (y_t - g_t)\rho_v - (y_t^* - g_t^*)\rho_v + \eta y_t - a_t(\eta + 1) \\
 mc_t &= -v + c_t^*(\rho - \rho_v) + y_t(\eta + \rho_v) - g_t\rho_v - a_t(\eta + 1) \quad (A.47)
 \end{aligned}$$

A.13 El producto natural

(A.47) se escribe como:

$$-\mu_t^n = -v + y_t^n(\eta + \rho_v) + c_t^*(\rho - \rho_v) - g_t\rho_v - a_t(\eta + 1) \quad (A.48)$$

Aislando la producción natural, se cumple la siguiente expresión:

$$y_t^n = \Gamma_o + \Gamma_\mu \mu_t^n + \Gamma_* c_t^* + \Gamma_g g_t + \Gamma_a a_t \quad (A.49)$$

$$\Gamma_o = \frac{v}{\eta + \rho_v} \quad ; \quad \Gamma_\mu = -\frac{1}{\eta + \rho_v} \quad ; \quad \Gamma_* = -\frac{\rho - \rho_v}{\eta + \rho_v} \quad ; \quad \Gamma_g = \frac{\rho_v}{\eta + \rho_v} \quad ; \quad \Gamma_a = \frac{\eta + 1}{\eta + \rho_v}$$

A.14 La producción eficiente

El producto eficiente $\overline{y_t^e}$ prevalece en ausencia de rigideces reales y nominales. Como consecuencia, la ecuación (A.47) se escribe de la siguiente manera:

$$-\mu = -v + y_t^e(\eta + \rho_v) - g_t\rho_v + c_t^*(\rho - \rho_v) - a_t(\eta + 1) \quad (A.50)$$

Aislando y_t^e , la producción eficiente es:

$$y_t^e = \Gamma_o + \Gamma_* c_t^* + \Gamma_g g_t + \Gamma_a a_t \quad (A.51)$$

$$\Gamma_o = \frac{-\mu + v}{\eta + \rho_v} \quad ; \quad \Gamma_* = -\frac{\rho - \rho_v}{\eta + \rho_v} \quad ; \quad \Gamma_g = \frac{\rho_v}{\eta + \rho_v} \quad ; \quad \Gamma_a = \frac{\eta + 1}{\eta + \rho_v}$$

A.15 La nueva curva de Phillips keynesiana

Tomando en cuenta que:

$$\tilde{y}_t = y_t - y_t^n \quad (\text{A.52})$$

Restando la ecuación (A.48) de (A.47), el costo marginal $\tilde{m}c_t$ como función de la brecha del producto con respecto a la producción natural es la siguiente:

$$\begin{aligned} mc_t + \mu_t^n &= (\rho - \rho_v)(y_t^* - g_t^*) + y_t(\eta + \rho_v) - g_t\rho_v - a_t(\eta + 1) \\ &\quad - y_t^n(\eta + \rho_v) - (\rho - \rho_v)(y_t^* - g_t^*) + g_t\rho_v + a_t(\eta + 1) \\ \tilde{m}c_t &= \tilde{y}_t(\eta + \rho_v) \end{aligned} \quad (\text{A.53})$$

Sin embargo, para obtener una expresión para la curva neo-keynesiana definida previamente, se debe obtener el costo marginal en función de la brecha de producción eficiente: $\hat{m}c = mc_t - mc_t^e = mc_t + \mu$. En este caso:

$$x_t = y_t - y_t^e \quad (\text{A.54})$$

Restando (A.50) de (A.47) y teniendo en cuenta la ecuación (A.54):

$$\begin{aligned} \hat{m}c_t^r &= (\eta + \rho_v)(y_t - y_t^e) \\ \hat{m}c_t^r &= (\eta + \rho_v)x_t \end{aligned} \quad (\text{A.55})$$

Calculando la diferencia entre (A.48) y (A.50):

$$\mu_t = \mu_t^n - \mu = (\eta + \rho_v)(y_t^e - y_t^n) \quad (\text{A.56})$$

Por último, insertando la ecuación (A.55) y (A.56) en la curva de Phillips:

$$\begin{aligned} \pi_{H,t} &= \beta\pi_{H,t+1} + \zeta(\hat{m}c_t^r) + \zeta(\mu_t) \\ \pi_{H,t} &= \beta\pi_{H,t+1} + \zeta(\eta + \rho_v)x_t + \zeta(\eta + \rho_v)\mu_t \\ \pi_{H,t} &= \beta\pi_{H,t+1} + \kappa_v x_t + \kappa_v \mu_t \\ \text{donde } \zeta &= \frac{(1 - \alpha\beta)(1 - \alpha)}{\alpha} \quad \text{y} \quad \kappa_v = \zeta(\eta + \rho_v). \end{aligned}$$

A.16 La ecuación dinámica IS

Tomando en cuenta la regla de Fisher:

$$r_t = i_t - E_t(\pi_{t+1}) \quad (A.57)$$

En segundo lugar, para obtener una expresión de la brecha del producto en función de la tasa de interés, se siguen cinco pasos adicionales:

- Recordando la definición de inflación en función de los términos de intercambio (A.39), (A.49) puede escribirse como:

$$y_t = y_{t+1} - \frac{(1-\lambda)(i_t - \pi_{t+1,H} - \gamma)}{\rho} - \lambda \Delta y_{t+1}^* + \lambda \Delta g_{t+1}^* - \Delta g_{t+1} - \frac{\Delta \text{tot}_{t+1}}{\rho} \omega \quad (A.58)$$

donde $\omega = v\gamma\rho - (1-\lambda)(1-v)$

- Aislando los términos de intercambio tot_t de (A.42) ($\text{tot}_t = \rho_v(y_t - y_t^* + g_t - g_t)$) y colocándola en la ecuación (A.58), se tiene:

$$\begin{aligned} \rightarrow y_t \left(1 - \frac{\omega\rho_v}{\rho}\right) - g_t \left(1 - \frac{\omega\rho_v}{\rho}\right) &= (y_{t+1} - g_{t+1}) \left(1 - \frac{\omega\rho_v}{\rho}\right) \\ &- \frac{(1-\lambda)}{\rho} (i_t - \pi_{t+1,H} - \gamma) + (\Delta y_{t+1}^* - \Delta g_{t+1}^*) \left(\frac{\omega\rho_v}{\rho} - \lambda\right) \end{aligned}$$

El término $\rho \left(1 - \frac{\omega\rho_v}{\rho}\right)$ se puede escribir como $\rho_v(1-\lambda)$. Por lo tanto:

$$\rightarrow y_t - g_t = y_{t+1} - g_{t+1} - \frac{1}{\rho_v} (i_t - \pi_{t+1,H} - \gamma) + \omega_\rho \Delta c_{t+1}^* \quad (A.59)$$

$$\text{donde } \omega_\rho = \frac{\omega\rho_v - \lambda\rho}{\rho_v(1-\lambda)}$$

- Usando la expresión de la tasa de interés real (A.58) en (A.59):

$$y_t - g_t = y_{t+1} - g_{t+1} - \frac{(r_t - \gamma)}{\rho_v} + (\Delta y_{t+1}^* - \Delta g_{t+1}^*) \left(\frac{\omega\rho_v - \lambda\rho}{\rho_v(1-\lambda)}\right)$$

- Conociendo que la producción eficiente es función de la tasa eficiente:

$$y_t^e - g_t = y_{t+1}^e - g_{t+1} - \frac{(r_t^n - \gamma)}{\rho_v} + (\Delta y_{t+1}^* - \Delta g_{t+1}^*) \left(\frac{\omega\rho_v - \lambda\rho}{\rho_v(1-\lambda)}\right) \quad (A.60)$$

- Restando la ecuación (A.60) de (A.59) se tiene la curva IS:

$$\begin{aligned} \rightarrow y_t - g_t - y_t^e + g_t &= y_{t+1} - g_{t+1} - \frac{1}{\rho_v} (i_t - \pi_{t+1,H} - \gamma) + (\Delta y_{t+1}^* - \Delta g_{t+1}^*) \left(\frac{\omega \rho_v - \lambda \rho}{\rho_v (1 - \lambda)} \right) \\ &\quad - y_{t+1}^e + g_{t+1} + \frac{(r_t^e - \gamma)}{\rho_v} - (\Delta y_{t+1}^* - \Delta g_{t+1}^*) \left(\frac{\omega \rho_v - \lambda \rho}{\rho_v (1 - \lambda)} \right) \\ &\rightarrow x_t = x_{t+1} - \frac{1}{\rho_v} (i_t - r_t^e - \pi_{t+1,H}) \end{aligned} \quad (\text{A.61})$$

A.17 La tasa de interés eficiente

Las ecuaciones (A.59), (A.51) y (A.61) se pueden escribir respectivamente como:

$$\Delta y_{t+1} - \Delta g_{t+1} = \frac{1}{\rho_v} (i_t - \pi_{t+1,H} - \gamma) - \omega \rho \Delta c_{t+1}^* \quad (\text{A.62})$$

$$\Delta y_{t+1}^e = \Gamma_g \Delta g_{t+1} + \Gamma_* \Delta c_{t+1}^* + \Gamma_a \Delta a_{t+1} \quad (\text{A.63})$$

$$\Delta x_{t+1} = \frac{1}{\rho_v} (i_t - r_t^e - \pi_{t+1,H}) \quad (\text{A.64})$$

Aislando la tasa de interés real eficiente de la ecuación (A.64) y utilizando la definición de la brecha del producto relevante $x_t = y_t - y_t^e$:

$$r_t^e = (i_t - \pi_{t+1,H}) - \rho_v (\Delta y_{t+1} - \Delta y_{t+1}^e)$$

En consecuencia, sustituyendo (A.62) y (A.63) en la ecuación anterior y simplificando, la tasa de interés eficiente es la siguiente:

$$r_t^e = \gamma + \rho_v \Delta c_{t+1}^* (\omega \rho + \Gamma_*) + \rho_v \Gamma_g \Delta g_{t+1} + \rho_v \Gamma_a (\rho_a a_t - a_t) \quad (\text{A.65})$$

Apéndice B: Estimaciones adicionales

Tabla B.1: ESTIMACIÓN BAYESIANA DE PARÁMETROS SEGÚN TIPO DE REGLA
(En valores)

Descripción	Parámetro	Distribución Prior			Distribución Posteriori (Media)						
		Densidad	Dominio	Media	Regla 1	Regla 2	Regla 3	Regla 4	Regla 5	Regla 6	Regla 7
Persistencia de Cost-push shocks	ρ_u	Beta	[0, 1)	0,5	0,1436	0,1459	0,1496	0,1416	0,1436	0,1416	0,1125
Desviación de Cost-Push shocks	σ_u	Inv. Gamma	[0, ∞)	0,0013	0,0098	0,0099	0,0098	0,0099	0,0098	0,0099	0,0093
Persistencia de demanda externa	ρ_{c^*}	Beta	[0, 1)	0,7	0,8601	0,8824	0,8361	0,8481	0,8401	0,8481	0,8290
Desviación de choques en la demanda externa	σ_{c^*}	Inv. Gamma	[0, ∞)	0,01	0,0409	0,0421	0,0433	0,0411	0,0445	0,0423	0,0433
Persistencia de productividad	ρ_α	Beta	[0, 1)	0,4	0,1241	0,1264	0,1201	0,1221	0,1241	0,1221	0,1230
Desviación de choques en la productividad	σ_α	Inv. Gamma	[0, ∞)	0,0071	0,0172	0,0171	0,0169	0,0171	0,0173	0,0168	0,0166

Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística

Apéndice C: Análisis de una regla adicional (Taylor PPI)

Tabla C.1.: EVALUACIÓN DE REGLAS EN TIEMPOS NORMALES
(Expresado en desviaciones estándar)

	Parámetros de política monetaria	Regla de Taylor (CPI)		Regla de Taylor (IPP)		Regla de Agregados Monetarios (CPI)		Regla de Agregados Monetarios (IPP)		Tipo de cambio nominal fijo
Parámetro de respuesta a inflación	ψ_π	1,5	1,5	1,5	1,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0
Parámetro de respuesta al producto	ψ_x	0,125	0,125	0,125	0,125	0,85	0,85	0,85	0,85	0
Parámetro de respuesta al tipo de cambio	ψ_ϵ	0,4	0,76	0,4	0,76	0,4	0,76	0,4	0,76	$\Delta s_\epsilon = 0$
Varianza de principales variables	σ_y	0,14511	0,15754	0,13994	0,15416	0,16121	0,16497	0,15821	0,16331	0,16823
	σ_x	0,09612	0,11702	0,08146	0,11024	0,09880	0,12194	0,08738	0,11845	0,13391
	σ_{π_H}	0,04365	0,09848	0,02788	0,07858	0,08280	0,11870	0,06388	0,10860	0,14713
	$\sigma_{\Delta s_\epsilon}$	0,14612	0,06435	0,21510	0,09099	0,12892	0,04432	0,17135	0,05670	0,00000
	$\sigma_{\epsilon_{OI}}$	0,46132	0,44136	0,47840	0,44793	0,45217	0,43489	0,46305	0,43817	0,42563
Pérdidas estimadas totales según aprox. de función de utilidad "L"		-0,01234	-0,01687	<u>-0,00940</u>	-0,01532	-0,01306	-0,01807	<u>-0,01080</u>	-0,01724	-0,02101

Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE y simulación