

BANCO DE GUATEMALA

Documentos de Trabajo

CENTRAL BANK OF GUATEMALA

Working Papers

No. 131

**INTERACCIÓN ENTRE LA POLÍTICA FISCAL Y
MONETARIA EN GUATEMALA: UN MODELO
DSGE BAYESIANO***

Año 2014

Autor:

Carlos Javier Rodríguez Espejo

*Trabajo ganador del 3er. lugar, reconocimiento otorgado por el Jurado Calificador del Certamen Permanente de Investigación sobre Temas de Interés para la Banca Central Dr. Manuel Noriega Morales, Edición XXV





BANCO DE GUATEMALA

La serie de Documentos de Trabajo del Banco de Guatemala es una publicación que divulga los trabajos de investigación económica realizados por el personal del Banco Central o por personas ajenas a la institución, bajo encargo de la misma. El propósito de esta serie de documentos es aportar investigación técnica sobre temas relevantes, tratando de presentar nuevos puntos de vista que sirvan de análisis y discusión. Los Documentos de Trabajo contienen conclusiones de carácter preliminar, las cuales están sujetas a modificación, de conformidad con el intercambio de ideas y de la retroalimentación que reciban los autores.

La publicación de Documentos de Trabajo no está sujeta a la aprobación previa de los miembros de la Junta Monetaria del Banco de Guatemala. Por lo tanto, la metodología, el análisis y las conclusiones que dichos documentos contengan son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no necesariamente representan la opinión del Banco de Guatemala o de las autoridades de la institución.

*****©*****

The Central Bank of Guatemala Working Papers Series is a publication that contains economic research documents produced by the Central Bank staff or by external researchers, upon the Bank's request. The publication's purpose is to provide technical economic research about relevant topics, trying to present new points of view that can be used for analysis and discussion. Such working papers contain preliminary conclusions, which are subject to being modified according to the exchange of ideas, and to feedback provided to the authors.

The Central Bank of Guatemala Working Papers Series is not subject to previous approval by the Central Bank Board. Therefore, their methodologies, analysis and conclusions are of exclusive responsibility of their authors, and do not necessarily represent the opinion of either the Central Bank or its authorities.

**Interacción entre la Política Fiscal y Monetaria en
Guatemala: Un modelo DSGE Bayesiano**



Contenido

Resumen	3
Introducción	5
Revisión de la literatura.....	9
Modelo teórico: El modelo neokeynesiano.....	14
El comportamiento de las familias	17
El comportamiento de las firmas.....	24
La regla de política monetario.....	30
Las reglas de política fiscal.....	31
Restricción presupuestaria del gobierno.....	32
Forma reducida del modelo	32
Metodología econométrica: Estimación Bayesiana	33
Datos.....	38
Estimación del Modelo.....	39
Calibración de Parámetros del modelo	39
Elección de Priors	41
Resultados de la Estimación Bayesiana.....	43
Impulso-Respuesta Bayesianos	45
Conclusiones.....	50
Referencias Bibliográficas.....	52
Anexos	59
Anexo A: Identidades del modelo	59
Anexo B: Derivación de la IS neokeynesiana	66
Anexo C: Comparación de las densidades posteriores y a priori	72

Interacción entre la Política Fiscal y Monetaria en Guatemala: Un modelo DSGE Bayesiano

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivos estudiar la interacción entre la política monetaria y fiscal en la estabilización de los ciclos económicos, controlando la brecha producto, la inflación y el nivel de deuda del gobierno. En ese sentido, este trabajo busca estimar los parámetros de reacción de una regla de política monetaria- a la Taylor-, y dos reglas de política fiscal estilizadas, las cuales responden a los desvíos de la brecha producto y al desvío de la deuda pública respecto de su nivel de largo plazo.

Usamos un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico (DSGE) de tipo neokeynesiano, en el cual se incorporan rigideces de precios *à la* Calvo (1983). Además, se incorpora indexación de precios, siguiendo a Galí y Gertler (1999), para que el modelo sea coherente con un hecho empírico relevante: la persistencia de la inflación. Modelamos la economía de Guatemala siguiendo el trabajo seminal de Galí y Monacelli (2005), quienes construyeron un modelo neokeynesiano para una economía pequeña y abierta. Asimismo, se realizaron algunas variantes de dicho modelo, siguiendo a Fragetta y Kirsanova (2010) para incorporar la política fiscal.

Dado que el objetivo central del presente documento es estimar los parámetros de interacción de la política monetaria y fiscal, utilizamos un modelo DSGE de escala pequeña, donde las ecuaciones de la forma reducida del modelo sirven como restricciones de identificación para las funciones de reacción de ambas autoridades de

política. Para la estimación de los parámetros del modelo, usamos técnicas bayesianas, implementadas a través de métodos *Markov-Chain Monte Carlo* (MCMC), y hacemos uso del algoritmo Metropolis-Hastings para aproximarnos a las distribuciones posteriores de los parámetros. Para ello, utilizamos datos de la economía guatemalteca de frecuencia trimestral, a partir del período posterior a la adopción del esquema de metas explícitas de inflación. Es decir, nuestro periodo de estudio abarca desde el trimestre 2005:1 hasta el trimestre 2012:4.

Las estimaciones evidencian que el Banco de Guatemala reaccionó de manera decidida antes desvíos de la inflación con respecto a la meta explícita, y esta reacción fue mucho mayor que la causada ante desvíos del Producto con respecto a su nivel potencial. Por otro lado, las estimaciones evidencian que la autoridad de política fiscal controló los desvíos de la deuda pública respecto de su nivel de largo plazo; sin embargo, también optó por estabilizar la brecha producto. En ese sentido, encontramos que el Ministerio de Finanzas Públicas ejecutó el gasto público de manera procíclica, lo que puede tener altos costos sobre la economía, ya que exacerba los ciclos económicos.

Los resultados encontrados por el lado de la política monetaria de Guatemala son coherentes con la literatura de *Optimal Policy-Mix*. La conclusión principal de estos trabajos es que la política monetaria debe utilizarse de manera decidida para la estabilización de precios y en menor medida, o de manera implícita, en la estabilización de los ciclos económicos. Asimismo, señalan que la política fiscal debe enfocarse en el control del déficit fiscal con el objetivo de mantener la sostenibilidad de la deuda, y de esta manera garantizar la estabilidad macroeconómica.

Introducción

Durante los últimos años, muchos Bancos Centrales alrededor del mundo han ido migrando de los esquemas de metas monetarias hacia la adopción de esquemas de metas explícitas de inflación, teniendo como objetivo principal mantener la estabilidad de precios.

Bajo un esquema de metas sobre agregados monetarios, el Banco Central busca conseguir a través de alguna meta intermedia – definida sobre algún agregado monetario, como la emisión de dinero- su objetivo final de preservar la estabilidad de precios. En Guatemala, se empezó a utilizar un esquema de metas monetarias a partir de 1991, utilizando como meta intermedia a la emisión monetaria. A partir de dicha meta intermedia, la autoridad monetaria establecía metas finales para la inflación. Sin embargo, este esquema dejó de funcionar en Guatemala, y en distintas partes del mundo, debido a la pérdida de la relación entre emisión monetaria e inflación.

Es por ello que la autoridad monetaria de Guatemala, inició entre los años 1999-2000 un proceso de transición hacia un esquema de metas explícitas de inflación, en el que se especifica una meta única, estableciendo un valor numérico para el nivel de precios de la economía.

Desde el punto de vista teórico, un esquema de metas explícitas de inflación se basa en políticas monetarias creíbles, que permitan que los agentes incluyan en la formación de sus expectativas el comportamiento del Banco Central, quien trata de seguir una regla clara y explícita, teniendo como instrumento de política a la tasa de interés de corto plazo. En esta misma línea, la autonomía de la política monetaria, entendida como la capacidad de definir un instrumento para alcanzar un objetivo no relacionado con otras

variables, ha sido el eje central del buen funcionamiento de los Bancos Centrales desde fines del siglo pasado (Woodford, 2003). En ese sentido, algunos autores como Clarida et al. (1999) y Galí (2000) proponen- además- que la política monetaria por sí sola actuando bajo una regla clara y persiguiendo niveles de inflación cercanos a cero, es la mejor forma de lograr al mismo tiempo dos de los objetivos macroeconómicos más importantes: la estabilidad de precios y el pleno empleo.

A diferencia de la política monetaria, las políticas fiscales- a nivel mundial- no han seguido el mismo camino de sistematización basada en reglas y objetivos claros, a pesar de que desde hace muchos años, autores como Friedman (1948) han demostrado que las políticas fiscales y las monetarias están íntimamente relacionadas.

La importancia de la política monetaria y su interacción con la política fiscal para controlar la inflación y administrar la demanda agregada es el núcleo de todo programa de política económica. Por lo tanto, es necesario analizar de qué manera la política monetaria y fiscal necesitan estar coordinadas para garantizar la estabilidad macroeconómica y mitigar el impacto de los ciclos económicos, y cómo es que ambos tipos de política económica interactúan. Por esta razón, es importante analizar la interacción entre diferentes variables macroeconómicas tales como: el gasto público, el presupuesto fiscal, la recaudación tributaria, con la elección de las tasas de interés de corto plazo por parte de la autoridad monetaria. Todas estas variables forman parte de los instrumentos de política con los que cuenta el gobierno para lograr los objetivos de estabilización de los ciclos económicos y de la inflación.

En ese sentido, el presente trabajo analiza el rol que ha tenido la política fiscal y monetaria en la estabilización macroeconómica de Guatemala, en el período posterior a

la adopción del esquema de metas explícitas de inflación, puesto que, es recién a partir de dicho período que la tasa de interés de política monetaria tiene un comportamiento similar al de una Regla de Taylor. Para realizar dicho análisis, en el presente documento estimamos los coeficientes de reacción tanto de una regla de política monetaria- a la Taylor-, como de dos reglas de política fiscal estilizadas, las cuales responden a los desvíos de la brecha producto y al desvío de la deuda pública respecto de su nivel de largo plazo.

El modelo del que partimos nos permitirá analizar la interacción entre la política fiscal y la política monetaria, y el rol que ambas tienen en la estabilización de los ciclos económicos y el control de la inflación. Para dichos propósitos, usaremos un modelo de Equilibrio General Dinámico y Estocástico (DSGE), dadas ventajas inherentes sobre otros tipos de modelos macroeconómicos a la hora de analizar los efectos de cambios en las condiciones de política económica¹. Entre algunas de las ventajas de los modelos DSGE se encuentran: ser robustos a la crítica de Lucas, ya que parten de un comportamiento optimizador de los agentes. Es decir, las ecuaciones del modelo reducido estarán micro fundamentadas. Por otro lado, cabe señalar que existe evidencia empírica, desarrolla en los últimos años que muestra que los modelos DSGE tienen la misma o incluso mejor capacidad que los modelos de forma reducida- como por ejemplo modelos de tipo VAR- para realizar pronósticos (Castillo, Monto y Tuesta 2009).

El modelo DSGE utilizado es de tipo neo keynesiano, ya que se incorporan rigideces nominales en los precios, siguiendo el esquema propuesto por Calvo (1983). Este

¹ Tales como modelos de Ecuaciones Estructurales, propuestos por la Fundación de Cowless, modelos de Vectores Autoregresivos (VAR), entre otros.

modelo neokeynesiano se basa en el trabajo de Galí y Monacelli (2005), quienes estudian la política monetaria óptima para una economía pequeña y abierta, como la economía de Guatemala.

Dado que el objetivo central es estimar los parámetros de interacción de la política monetaria y fiscal, se plantea un modelo DSGE de pequeña escala, en el cual las ecuaciones de la forma reducida sirven como restricciones de identificación para las funciones de reacción de ambas autoridades de política. Esta estrategia es adoptada siguiendo a Lubik y Schorfheide (2007) quienes demostraron que, a pesar de la simplicidad y posible mala especificación de los modelo DSGE de pequeña escala, pueden capturar relaciones empíricas robustas.

El documento se divide en seis secciones. En la segunda sección, se realiza una revisión de la literatura relevante, en particular, se hace una revisión de trabajos que hayan analizado la interacción entre la política fiscal y la política monetaria, en un esquema de equilibrio general. En la sección tres, se describe el modelo DSGE de tipo neokeynesiano utilizado. En la sección 4, se describe la metodología de estimación utilizada, la cual se basa en técnicas bayesianas, ampliamente usadas por la literatura de modelos macroeconómicos en los últimos años. En la sección cinco, se presentan los resultados de las estimaciones bayesianas, se comparan las distribuciones prior con las distribuciones posterior, y además se presentan las gráficas de impulso-respuesta obtenidas de la simulación del modelo utilizando como valores para los parámetros, los valores obtenidos mediante la estimación bayesiana. Por último, en la sección seis, se presentan las conclusiones de la presente investigación, así como algunas recomendaciones de política. En los anexos, se presentan algunas derivaciones más detalladas de las ecuaciones del modelo.

Revisión de la literatura

En los años ochenta, período caracterizado por altas tasas de inflación en países industrializados y emergentes, el debate sobre la interacción entre las autoridades fiscales y monetarias se centraba en las consecuencias inflacionarias que tenía el financiamiento del déficit fiscal a través de la emisión de dinero. En ese contexto, surgieron teorías como la de Sargent y Wallace (1981), Leeper (1991), y la Teoría Fiscal del Nivel de Precios (FTPL) de Woodford (1995).

El análisis de la forma en que interactúan la política monetaria y fiscal, en el marco de modelos intertemporales con expectativas, fue estudiada por primera vez por Sargent y Wallace (1981), quienes demostraron cómo una política fiscal sin disciplina puede llegar a ejercer presión sobre la autoridad monetaria para que ésta termine cubriendo parte del déficit fiscal con la creación de dinero. En el modelo construido por dichos autores, se asume que la autoridad fiscal debe satisfacer una restricción presupuestaria intertemporal. Es decir, el valor del déficit de gobierno debe ser igual al valor presente descontado de los superávits futuros para garantizar la solvencia intertemporal del gobierno. En ese contexto, una de las formas de producir superávits es incrementando los ingresos bajo un mecanismo de señoreaje, es decir, aumentando la emisión de dinero, y de esta manera es que se relaciona el déficit fiscal con la tasa de crecimiento del dinero y la inflación.

Si la autoridad fiscal, por medio de la recaudación de impuestos, no mantiene el presupuesto intertemporal equilibrado, la autoridad monetaria probablemente se verá forzada a generar suficiente señoreaje para satisfacer la restricción presupuestaria

intertemporal. A esta situación, Sargent y Wallace (1981) la denominaron "dominancia fiscal".

Años después, Leeper (1991) clasificó la política fiscal y monetaria como activa o pasiva, según su comportamiento. Según este autor, la autoridad monetaria (fiscal) es activa si tiene autonomía para establecer sus políticas sin considerar el comportamiento presente y pasado de las variables controladas por la autoridad fiscal (monetaria), considerada como pasiva. Por el contrario, si la autoridad utiliza una política pasiva, esta se verá limitada por las decisiones óptimas hechas por los consumidores y por las acciones la autoridad activa.

Trabajos posteriores, como el de Woodford (1995), dan nacimiento a lo que se denomina la "Teoría fiscal de los precios" (FTPL, por sus siglas en inglés). Woodford (1995) propuso otro mecanismo por el cual la política fiscal puede afectar la determinación de nivel de precios, y cómo la interacción entre la política fiscal y monetaria determinan la dinámica del producto infracción. La FTPL de Woodford se basa en el modelo de Sargent y Wallace, sin embargo existe una diferencia importante: en Sargent y Wallace (1981), la tasa de inflación depende exclusivamente de la tasa de crecimiento el dinero. Por el contrario, en la teoría fiscal de nivel de precios, independientemente de la posición antiinflacionaria que puede tener autoridad fiscal, el objetivo de la estabilidad de precios no puede ser conseguido si el déficit primario fluctúa de manera impredecible. Y lo que es peor aún, mientras más agresiva sea la autoridad monetaria en estas circunstancias, habrá mayor volatilidad el nivel de precios.

En resumen, hasta los años noventa, el debate académico sobre la relación e interacción entre las autoridades monetarias y fiscales se centró en las consecuencias inflacionarias

del financiamiento monetario de los déficits fiscales. Los recurrentes episodios de alta inflación- y el financiamiento del gasto público por medio de emisión monetaria- en muchos países en desarrollo, entre los que se encontraban todos los países latinoamericanos, justificaban la relevancia de este debate.

En ese escenario, la principal recomendación de política para evitar la alta inflación fue el establecimiento de la independencia de la autoridad monetaria, cuyo principal objetivo es actualmente controlar únicamente la inflación. Muchos países desarrollados y emergentes adoptaron esta recomendación, y establecieron Bancos Centrales independientes. Asimismo, como se mencionó anteriormente, hoy en día muchos bancos centrales han adoptado regímenes monetarios basados en metas inflacionarias como la base de su política.

Por otro lado, en un gran número de países latinoamericanos, las autoridades fiscales también tomaron medidas para controlar su déficit, luego de que éstos llegaron a niveles exorbitantes en la década de los ochentas. Esto se ha logrado mediante la racionalización del gasto fiscal, el aumento de la recaudación de impuestos, y en menor medida a través de la adopción de reglas estructurales, que permiten mantener una posición superavitaria en el largo plazo.

De este modo, en muchos países del mundo existe un nuevo ambiente de política, en el cual las autoridades monetarias están comprometidas a controlar la inflación, mientras que las autoridades fiscales ya no se basan en el impuesto inflación para financiar su déficit y servicios de deuda.

En este nuevo contexto, ha surgido un nuevo conjunto de temas a ser debatidos sobre la interacción entre la política fiscal y monetaria. Por esta razón, en la literatura más

reciente, la atención sobre la interacción entre la política fiscal y monetaria ya no se basa solamente en cómo la política fiscal puede afectar la determinación del nivel de precios, sino que analizan el desempeño macroeconómico en un sentido más amplio. Por ejemplo, se analiza cómo la coordinación- o la falta de ella- entre la autoridad fiscal y monetaria puede afectar otras variables macroeconómicas importantes como el producto, la inversión, la recaudación tributaria, etc.

En la actualidad, la interacción entre la política fiscal y monetaria puede ser estudiada de diversas maneras. Un primer enfoque que ha sido utilizado es la teoría de juegos para analizar los posibles escenarios de estas interacciones, considerando a cada uno de los participantes (Banco Central y Gobierno), como jugadores racionales que interactúan uno en contra del otro².

Por otro lado, un segundo enfoque – el cual será empleado para este trabajo de investigación- es el que utiliza modelos de equilibrio general dinámico. Desde mediados de los años noventa un grupo de teóricos ha venido trabajando en la consideración de los fenómenos fiscales y su interrelación con variables macroeconómicas, en modelos dinámicos de equilibrio general con rigideces nominales, fusionando la literatura de ciclos económicos con la de la tributación óptima dinámica como en Lucas y Stokey (1983). Trabajos notables en esta área incluyen Benigno y Woodford (2004), Schmitt-Grohé y Uribe (2004, 2007), y que fueron extendidos para el caso de economías pequeñas y abiertas por Galí y Monacelli (2005, 2007), Frassetto y Kirsanova (2010) entre otros.

² Para un análisis más profundo de este enfoque ver Dixit y Lambertini (2003).

La conclusión principal de estos trabajos es que la política monetaria es la que debe utilizarse para la estabilización de precios de manera directa, y que mediante una respuesta decidida a la inflación, logrará conseguir también el objetivo de la estabilización de los ciclos económicos. Asimismo, dichos trabajos han demostrado que la política fiscal debe enfocarse en el control del déficit fiscal y de la deuda de gobierno, es decir, debe garantizar la sostenibilidad de la deuda. Cabe señalar que estas conclusiones asumen que la política monetaria no enfrenta restricciones tales como tasas de interés ya muy bajas *-zero lower bound-*, o la participación en una unión monetaria.

Por tanto, el consenso actual entre los macroeconomistas sugiere que la política monetaria, en una economía cerrada, o una economía pequeña y abierta con tipos de cambio flexibles, que no está restringida por el *zero lower bound* u otras preocupaciones, debe centrarse en la estabilización del ciclo económico y el control de la inflación mientras que la política fiscal debe enfocarse en el control del déficit o la deuda del gobierno. Los resultados de varios análisis de la política fiscal y monetaria en economías con fricciones en precios implican que los costos de la exclusión de la política fiscal de estabilización del ciclo económico son muy pequeños, como por ejemplo en Schmitt-Grohé y Uribe (2004, 2007), Benigno y Woodford (2004).

Esto se debe a que la estructura básica de los modelos nuevo-keynesianos implica que la política monetaria domina a la política fiscal como medio de controlar la inflación. La política monetaria tiene algunas ventajas inherentes sobre la política fiscal como una herramienta de gestión de la demanda, cuando el bienestar social se calcula utilizando medidas derivadas de la utilidad de los agentes. Asimismo sus efectos van más allá de la demanda, ya que al alterar los precios relativos, tiene efectos en la oferta, permitiendo

suavizar los efectos de shocks externos en la economía y las distorsiones causadas por las rigideces de precios a la Calvo.

Asimismo, en estos modelos, la política monetaria debe reaccionar agresivamente ante excesos de inflación, pero no tanto ante excesos -o déficits- del producto.

No obstante, en el caso de economías pequeñas y abiertas con rigideces en los salarios, además de rigideces en los precios, en las que además se considera una política fiscal más rica, donde se permite variar varios instrumentos en forma óptima, como por ejemplo impuestos distorsionantes como en Fasolo (2010), se encuentra que la política fiscal tiene un papel en la estabilización de los ciclos, pero por medio de impuestos al ingreso pro-cíclicos, e impuestos al consumo contra-cíclicos. Esto se debe a que en este caso, los impuestos pueden alterar los precios relativos, permitiendo ejercer efectos, tanto en la oferta como en la demanda, contrarios a los de los shocks exógenos.

Modelo teórico: El modelo neokeynésiano

El modelo empleado para la estimación de los efectos de la política fiscal y su interacción con la política monetaria se basa en un modelo de tipo neo keynesiano, para una economía pequeña y abierta como el de Galí y Monacelli (2005), el cual ha sido modificado siguiendo a Galí y Monacelli (2008) y Fragetta y Kirsanova (2010) para incluir la política fiscal dentro del modelo.

La economía mundial está compuesta por un *continuum* de economías pequeñas y abiertas, representadas por el índice $j \in [0,1]$ donde cada una de ellas es tomadora de precios, y no tiene influencia alguna sobre los precios internacionales. Dentro de cada

economía, existen tres agentes que interactúan simultáneamente: las familias, las firmas y el gobierno.

La función de utilidad de las familias depende positivamente de la canasta agregada de consumo C_t , compuesta tanto de bienes producidos domésticamente como de bienes producidos foráneamente. Además, la función de utilidad de las familias es creciente en el consumo de bienes públicos G_t , los cuales son provistos por el gobierno. Dado el tipo de función de utilidad que asumimos, el consumo de bienes públicos no afectará las decisiones de consumo (de bienes privados), trabajo y ahorro de las familias. Por último, el número de horas de trabajo N_t afectan de manera negativa la utilidad de los agentes que habitan la economía doméstica. El trabajo de las familias es utilizado por las firmas como un factor productivo.

El gobierno compra los bienes públicos consumidos por las familias. Asumimos que todos los bienes públicos provistos por el gobierno son comprados únicamente a productores nacionales. En la literatura, autores como Corsetti y Pesenti (2001), Ganelli (2002) y Pitterle y Steffen (2004) adoptan la misma estrategia de modelación. Por otro lado, Obstfeld y Rogoff (1995) asumen que el gobierno compra también bienes extranjeros, y que lo hace en la misma proporción que las familias de la economía doméstica. Al igual que Fragetta y Kirsanova (2010), asumimos que estas compras del gobierno son financiadas mediante la recaudación de impuestos distorsionantes, desde el punto de vista de la eficiencia, los cuales son cobrados sobre el ingreso que reciben los trabajadores.

Incluir impuestos distorsionantes en el modelo es una estrategia que permite justificar – dentro de nuestro modelo DSGE- el hecho empírico de que la política fiscal tiene

efectos reales en la economía, al menos en el corto plazo³. Los impuestos distorsionantes hacen que los niveles impositivos influyan en las decisiones de los agentes, pues las condiciones de primer orden, de la maximización de utilidad, se verán afectadas por la tasa de impuestos que tienen que pagar sobre sus ingresos laborales, lo cual no ocurre cuando solo se incluyen impuestos de suma fija en el modelo.

En la misma línea con lo anterior, se incluye en el modelo dos reglas endógenas de política fiscal⁴ (las cuales se detallan más adelante), las cuales dependen de otras variables del modelo. Las especificaciones de dichas reglas endogenizan el gasto público y la recaudación de impuestos, ya que están retroalimentadas por otras variables de la economía.

Finalmente, en cada economía- doméstica y extranjeras- existe un *continuum* de firmas quienes producen un *continuum* de bienes diferenciados, indexados por $i \in (0,1)$. Estas firmas operan en un escenario de competencia monopolística a la Dixit y Stiglitz (1977). Es la diferenciación de los bienes producidos lo que le otorga poder de mercado a las firmas, lo cual se traduce en que éstas podrán fijar los precios por encima de su costo marginal. Asimismo, incorporamos en el modelo la rigidez de precios, siguiendo el esquema propuesto por Calvo (1983), en donde se asume que en cada período, solo una fracción de firmas $1-q$ puede fijar su precio óptimamente, mientras que la fracción restante q , fija su precio, pero no lo hace óptimamente sino que lo fija de tal forma que sea igual al precio agregado del período pasado.

³ Ver Blanchard y Perotti (2002), quienes construyen un modelo VAR estructural, y muestran evidencia de que el gasto público tiene efectos positivos en el producto, en la economía de Estados Unidos.

⁴ Cabe señalar que, siguiendo a diversos autores tales como Ravn et al (2007), Fragetta y Kirsanova (2010), Kirsanova, Stehn, y Vines (2005) entre otros, se utiliza una regla de política fiscal estilizada, no microfundada.

Es importante señalar, además, que estamos asumiendo la existencia de mercados financieros internacionales completos. Por tanto, las familias tienen acceso a un conjunto completo de activos contingentes transados internacionalmente. Este supuesto nos lleva a la conclusión de que el consumo doméstico estará relacionado de forma directa con el consumo extranjero, es decir, no existe heterogeneidad en el consumo entre países distintos. A este resultado también se le conoce como distribución eficiente de riesgo.

El modelo se cierra con la inclusión de reglas de política monetaria y fiscal. La regla de política monetaria asume que el Banco Central modifica su tasa de interés de corto plazo, siguiendo un comportamiento similar al de una Regla de Taylor. Por otro lado, asumimos que la política fiscal tiene dos instrumentos de política: una regla de gasto público, y una regla que delimita el comportamiento de la recaudación tributaria (regla de impuestos). Ambas reglas son usadas por la autoridad fiscal con el objetivo de controlar el nivel de la brecha producto (rezagado un período)⁵, así como los desvíos de la deuda pública respecto de su nivel de largo plazo. Dichas reglas son reglas estándares en la literatura, y capturan la preocupación de los gobiernos por controlar los ciclos económicos, y garantizar la sostenibilidad de la deuda de gobierno. Por último, asumimos que la autoridad fiscal se enfrenta a una restricción presupuestaria, la cual debe ser satisfecha inter temporalmente para garantizar la solvencia del gobierno.

El comportamiento de las familias

Suponemos que nuestra economía pequeña y abierta al resto del mundo está habitada por un continuo de familias idénticas que viven infinitos períodos.

⁵ Siguiendo a Muscatelli y Tirelli (2004).

Dichas familias buscan maximizar el esperado del valor presente descontado de su utilidad:

$$\max_{\{C_t, G_t, N_t\}_{t=0}^{\infty}} E_0 \left\{ \sum_{t=0}^{\infty} b^t \left(\frac{C_t^{1-s}}{1-s} + \frac{G_t^{1-s}}{1-s} - \frac{N_t^{1+j}}{1+j} \right) \right\} \quad (1)$$

Las variables de la función de utilidad C_t, G_t y N_t representan el consumo privado agregado, el consumo de bienes públicos y las horas de trabajo, respectivamente. Las familias descuentan los flujos de utilidad futura a la tasa $b \in (0,1)$ que representa el factor de descuento subjetivo de las familias. Por otro lado, el parámetro s representa la inversa de la elasticidad inter temporal de sustitución del consumo, el parámetro j es la inversa de la elasticidad de la oferta de trabajo con respecto al salario real, y c es la ponderación relativa que le otorga la familia representativa al consumo de bienes públicos con respecto al de bienes privados.

La función de utilidad de las familias depende directamente del índice compuesto de consumo privado C_t , el cual agrega el consumo total del país “H” (doméstico), es decir, es la suma de todos los bienes (privados) que son consumidos por dichas familias. Estos bienes se dividen en bienes producidos domésticamente $C_{H,t}$ y bienes producidos foráneamente $C_{F,t}$. En este último índice $C_{F,t}$ están contenidas el consumo de bienes producidos en los j países del mundo.

La canasta de consumo compuesto de las familias se puede agregar utilizando una función tipo CES, siguiendo a Dixit y Stiglitz (1977):

$$C_t \equiv \left[(1-a)^{\frac{1}{h}} (C_{H,t})^{\frac{h-1}{h}} + a^{\frac{1}{h}} (C_{F,t})^{\frac{h-1}{h}} \right]^{\frac{h}{h-1}} \quad (2)$$

Como se mencionó anteriormente, el consumo agregado C_t es la suma tanto de bienes producidos domésticamente como de bienes producidos en el resto del mundo. El parámetro h es la elasticidad de sustitución entre bienes nacionales y bienes extranjeros. Por su parte, el parámetro $a \in (0,1)$ mide el grado de apertura de la economía doméstica, ya que representa la ponderación que la familia le asigna a los bienes extranjeros (importados) dentro de la canasta de consumo. A mayor valor de a , mayor apertura de la economía. En ese sentido, la fracción restante, $1-a$ representa la proporción de bienes producidos domésticamente que es consumida por las familias.

A su vez, el índice de consumo de bienes domésticos ($C_{H,t}$) viene dado por el siguiente agregador:

$$C_{H,t} \equiv \left(\int_0^1 C_{H,t}(i)^{\frac{e-1}{e}} di \right)^{\frac{e}{e-1}} \quad (3)$$

El índice $C_{H,t}$ indica el consumo de bienes nacionales que han sido producidos domésticamente por el país “H” (doméstico), y está representado por una función CES que agrega los $i \in (0,1)$ bienes que son producidos domésticamente. Dado que estos bienes no son homogéneos, sino que existe cierto grado de diferenciación, el parámetro e denota la elasticidad de sustitución entre los distintos i bienes producidos dentro de la economía local “H”, y dicha elasticidad debe ser mayor a uno.

Por otro lado, el índice de bienes extranjeros, el cual agrega al total de bienes importados que se consumen en la economía doméstica “H”, está dado por:

$$C_{F,t} \equiv \left(\int_0^1 (C_{j,t})^{\frac{g-1}{g}} dj \right)^{\frac{g}{g-1}} \quad (4)$$

La expresión anterior agrega las importaciones del país doméstico (H) que provienen de todos los países (j). Por su parte, g mide la elasticidad de sustitución entre los bienes extranjeros producidos en diferentes países. Asimismo, se debe que cumplir que $g > 1$.

En la ecuación (4), la variable $C_{j,t}$ representa el índice de Bienes Extranjeros (provenientes del país j), el cual agrega a los “i” bienes producidos en el país “j”.

$$C_{j,t} \equiv \left(\int_0^1 C_{j,t}(i)^{\frac{e-1}{e}} di \right)^{\frac{e}{e-1}} \quad (5)$$

Donde el parámetro e denota la elasticidad de sustitución entre los bienes “i” del país foráneo “j”.

La restricción presupuestaria de las familias

Por otro lado, la maximización de la utilidad (ecuación 1) de las familias está limitada por una restricción presupuestaria, la cual debe satisfacerse en todos los períodos $t=0,1,2,\dots$:

$$\int_0^1 P_{H,t}(i)C_{H,t}(i)di + \int_0^1 \int_0^1 P_{j,t}(i)C_{j,t}(i)didj + E_t \{ Q_{t,t+1} D_{t+1} \} + T_t \leq D_t + (1 - \Upsilon_t) W_t N_t \quad (6)$$

Integrando el lado izquierdo de la restricción presupuestaria con respecto a las variables i (bienes) y j (países):

$$P_{H,t}C_{H,t} + P_{F,t}C_{F,t} + E_t [Q_{t,t+1}D_{t+1}] + T_t = D_t + (1 - \Upsilon_t)W_tN_t \quad (7)$$

$$P_t C_t + E_t [Q_{t,t+1}D_{t+1}] + T_t = D_t + (1 - \Upsilon_t)W_tN_t, t = 0, 1, 2, \dots \quad (8)$$

Esta restricción presupuestaria nos dice que el gasto en consumo $P_t C_t$ más las inversiones en el portafolio financiero -cuyo costo en t es $E_t [Q_{t,t+1}D_{t+1}]$ y genera un pago nominal de D_{t+1} en $t+1$, más el pago de impuestos de suma fija T_t , deben financiarse con los dividendos recibidos del portafolio financiero D_t , más los ingresos laborales netos de impuestos $(1 - \Upsilon_t)W_tN_t$.

En la restricción presupuestaria, el gasto de la familia en la canasta de consumo es

$$P_t C_t = P_{H,t}C_{H,t} + P_{F,t}C_{F,t} \quad (9)$$

donde $P_t = \left[(1-a)(P_{H,t})^{1-h} + a(P_{F,t})^{1-h} \right]^{\frac{1}{1-h}}$ es el índice de precios al consumidor (IPC).

Además, podemos observar en la restricción presupuestaria de las familias, que éstas pagan un impuesto de tipo *lump-sum* T_t . Por otro lado, los ingresos de las familias están compuestos por el salario nominal, W_t , que reciben por su trabajo sobre los cuales se debe pagar un impuesto a la renta representado por Υ_t . Asimismo, las familias reciben ingresos de la tenencia de un portafolio de activos, constituidos por dividendos nominales D_t . El término $Q_{t,t+1} = 1/(1+r_t)$ es el deflactor de precios de estado o factor de descuento estocástico, que nos permite obtener el precio actual de los dividendos futuros, y r_t es la tasa de interés nominal.

Sabemos que las familias se enfrentan a dos decisiones temporales: una decisión intra temporal (en el período t), y otra decisión inter temporal ($\forall t = 0, 1, 2, \dots$).

El Problema Intra temporal de las familias

Su decisión intra temporal se basa en maximizar su consumo entre los diferentes bienes que componen su canasta, sujeto a su gasto, o análogamente, se podría resolver por el dual:

$$\text{Min } P_{H,t} C_{H,t}(i) + P_{F,t} C_{F,t}(i)$$

$$\text{s. a } C_t(i) = \left[(1-a)^{\frac{1}{h}} [C_{H,t}(i)]^{\frac{h-1}{h}} + a^{\frac{1}{h}} [C_{F,t}(i)]^{\frac{h-1}{h}} \right]^{\frac{h}{h-1}}$$

Donde $C_{H,t}(i)$ es el bien de consumo doméstico y $C_{F,t}(i)$ es el bien de consumo importado, además la elasticidad de sustitución entre estos bienes es h , y a es la proporción de bienes importados en la canasta de consumo, por otro lado $P_{H,t}$ y $P_{F,t}$ son los precios de los bienes domésticos e importados.

La demanda óptima de los diferentes bienes viene dada por:

$$C_{H,t} = (1-a) \left(\frac{P_{H,t}}{P_t} \right)^{-h} C_t \quad (10)$$

$$C_{F,t} = a \left(\frac{P_{F,t}}{P_t} \right)^{-h} C_t \quad (11)$$

En la ecuación anterior, el Índice de Precios Domésticos ($P_{H,t}$) representa el índice de precios de los bienes producidos domésticamente:

$$P_{H,t} \equiv \left(\int_0^1 P_{H,t}(i)^{1-e} di \right)^{\frac{1}{1-e}} \quad (12)$$

Por otro lado, el Índice de precios Importados ($P_{F,t}$) está dado por:

$$P_{F,t} \equiv \left(\int_0^1 P_{j,t}^{1-g} dj \right)^{\frac{1}{1-g}} \quad (13)$$

El cual depende a su vez del índice de precios importados provenientes del país j ($P_{j,t}$), cuyo agregador a la Dixit y Stiglitz se puede escribir como:

$$P_{j,t} \equiv \left(\int_0^1 P_{j,t}(i)^{1-e} di \right)^{\frac{1}{1-e}} \quad (14)$$

El Problema Inter temporal de las familias

Por su parte, las familias, inter temporalmente, buscan maximizar su función de utilidad esperada descontada (ecuación 1) sujeto a su restricción presupuestaria. De las condiciones de primer orden, podemos obtener dos ecuaciones importantes: la oferta de trabajo, la demanda de bienes de consumo y la sustitución intertemporal dada por la ecuación de Euler.

Condiciones de primer orden

Oferta de Trabajo:

$$C_t^s N_t^j = \frac{(1-\Upsilon_t)W_t}{P_t} \quad (15)$$

Ecuación de Euler:

$$1 = E_t \left[\frac{b}{Q_{t,t+1}} \left(\frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^{-s} \frac{P_t}{P_{t+1}} \right] \quad (16)$$

que luego de ser log-linearizadas y denotando con minúsculas el logaritmo de las respectivas variables, resultan en

$$\log(1 - Y_t) + w_t - p_t = s c_t + j n_t \quad (17)$$

$$c_t = E_t c_{t+1} - \frac{1}{s} (-\ln b + r_t - E_t p_{t+1}) \quad (18)$$

Luego de resolver el problema de los hogares, procedemos a derivar la curva IS neokeynesiana, la cual recoge el comportamiento de la demanda agregada de la economía. A diferencia del modelo neokeynesiano estándar para una economía cerrada, en este modelo de una economía pequeña y abierta, para derivar la curva IS neokeynesiana, necesitamos primero desarrollar algunas identidades que se cumplen en la economía doméstica, las cuales nos servirán para, y haciendo uso de la condición de limpieza de mercado, encontrar una representación para la curva IS, la cual será despejada de tal manera que dependa de los choques de demanda extranjera. En el Anexo A, se presentan las derivaciones realizadas para obtener una curva IS forward looking, a partir de la ecuación de Euler, la condición de limpieza de mercados, y algunas identidades, tal como lo hacen Galí y Monacelli (2005,2008).

El comportamiento de las firmas

En la economía doméstica, existe un continuo de firmas idénticas indexadas por $i \in (0,1)$ las cuales producen bienes diferenciados, lo que les otorga poder de mercado, pudiendo fijar su precio por encima de su costo marginal. Asumimos que todas las

firmas tienen la misma tecnología, de modo que la función de producción de la i -ésima firma es:

$$Y_t(i) = A_t N_t(i) \quad (19)$$

donde $a_t = \log(A_t)$ es un shock de productividad, que sigue un proceso AR(1).

Fijación de precios

Siguiendo a Calvo (1983), asumimos que las empresas enfrentan rigideces de precios. Un esquema a la Calvo implica que no todas las firmas podrán fijar óptimamente un precio nuevo todos los periodos, sino que sólo una fracción de ellas, $1-q$ podrá fijar (óptimamente) un nuevo precio en cada período. Por lo tanto, la proporción q de firmas mantienen fijo su precio en t . En otras palabras, cada periodo, cada firma debe fijar (reoptimizar) un nuevo precio $P_t(i)$ con probabilidad $1-q$ y esta probabilidad es independiente del tiempo transcurrido desde la última fijación de precios. Por lo tanto, $1/(1-q)$ muestra la duración promedio que los precios se mantienen fijos. Por otra parte, además del marco estándar de Calvo asumido para incorporar la existencia de rigideces de precios, en el presente modelo también incluimos un comportamiento *backward looking* en el proceso de fijación de precios, siguiendo a Gali y Gertler (1999), para poder tomar en cuenta la persistencia de la inflación, hecho que ha sido comprobado empíricamente. Esta es una diferencia importante de éste modelo con el modelo neo keynesiano estándar, en el cual, la inflación solo tiene un comportamiento *forward looking*, basándose en el supuesto de que las firmas ajustan lentamente sus

precios y que la decisión de las firmas sobre su precio depende de los costos esperados y demanda futuras.

Para poder modelar la persistencia de la inflación en la economía, asumimos que existen dos tipos de firma en la economía. Mientras que la fracción $1-x$ de las firmas fijadoras de precios, quienes cambian sus precios en cada periodo con probabilidad $1-q$, se comportan óptimamente como en un modelo a la Calvo estándar, cuando fijan sus precios, la fracción restante (x), prefiere reajustar sus precios tomando en cuenta un comportamiento *backward looking* (*rule of thumb*); es decir, la fracción (x) fija su precio en el período t igual al precio en el período $t-1$. El precio, $p_{H,t}^b$, el cual es fijado por las firmas *rule of thumb*, puede escribirse como en Gali y Gertler (1999):

$$p_{H,t}^b = P_{H,t-1}^* \frac{P_{H,t-1}}{P_{H,t-2}} \quad (20)$$

donde $P_{H,t-1}^* = (P_{H,t-1}^f)^{1-z} (P_{H,t-1}^b)^z$ son los precios agregados elegidos en el período $t-1$ por ambos tipos de firmas: las firmas optimizadoras que siguen un comportamiento *forward looking*, $P_{H,t-1}^f$ -y las firmas *rule of thumb*- que tienen un comportamiento *backward looking*, $P_{H,t-1}^b$. Por lo tanto, las firmas *rule of thumb* toman en consideración la tasa de inflación pasada ($p_{H,t-1} = P_{H,t-1} / P_{H,t-2}$) como también el precio agregado $P_{H,t-1}^*$ ocurrido en el período $t-1$, cuando ellos reajustan sus precios en el momento t .

Equilibrio

Asumiendo que el mercado de bienes está en equilibrio, obtenemos una curva IS *forward looking* o dinámica para la economía doméstica, similar a la que se encuentra

en Gali y Monacelli (2005, 2008). Como se sabe, la curva IS describe el comportamiento óptimo de las familias, y de la demanda agregada. La curva IS log-linearizada en términos de las desviaciones de su estado estacionario puede expresarse como:

$$\hat{y}_t = E_t[\hat{y}_{t+1}] - E[\Delta\hat{g}_{t+1}] + a(v-1)(r_{c^*} - 1)\hat{c}_t^* - \frac{1}{s_a}(\hat{r}_t - E_t\{\hat{p}_{H,t+1}\}) \quad (21)$$

donde $s_a \equiv \frac{s}{(1-a) + av}$, el parámetro $v \equiv sg + (1-a)(sh-1)$ representa la elasticidad de sustitución entre bienes domésticos y extranjeros, a mide la proporción de consumo doméstico asignado a bienes importados (grado de apertura) y refleja la elasticidad de sustitución entre los bienes producidos en diferentes países extranjeros.

Todas las variables con el símbolo “^” representan desviaciones con respecto a sus valores de estado estacionario, mientras que las variables que hacen referencia a las economías extranjeras, se denotan con un asterisco. En ese sentido, las variables endógenas se definen de la siguiente manera: Producto $\hat{y} = \ln(Y_t / \bar{Y}) = y_t - \bar{y}$, donde \bar{y} denota el valor de estado estacionario de y_t , el gasto público $g_t = -\ln(1 - G_t / Y_t)$, la tasa de interés nominal r_t y la inflación doméstica $p_{H,t} = \ln(P_{H,t} - P_{H,t-1})$. Se usa la inflación doméstica en lugar de la inflación del IPC, sustituyendo el componente de importaciones de la inflación del IPC con la ayuda de la condición de distribución eficiente de riesgo. Los precios domésticos, $P_{H,t}$, son representados por el deflactor del PBI. Por último, la IS dinámica depende también de la variable $c_t^* = y_t^* - g_t^*$, la cual representa el consumo mundial (exógeno para la economía doméstica), el cual sigue un proceso AR(1).

Asimismo, es posible derivar una representación alternativa de la IS dinámica, reescribiendo la ecuación anterior en términos de la brecha producto:

$$\hat{y}_t^p = E_t \{ \hat{y}_{t+1}^p \} - E_t \{ \Delta g_{t+1} \} - \frac{1}{s_a} \left(\hat{r}_t^p - E_t \{ p_{H,t+1} \} \right) \quad (22)$$

donde $\hat{y}_t^p = \hat{y}_t - \hat{y}_t^n$, y $\hat{r}_t^p = \hat{r}_t - \hat{r}_t^n$. Asimismo, se cumple que: $g_{t+1} = g_{t+1}$ y $p_{H,t+1} = p_{H,t+1}$ dado que el nivel natural de ambas variables $g_{t+1}^n = p_{H,t+1}^n = 0$. Las variables \hat{y}_t^n y \hat{r}_t^n representan el producto natural y la tasa de interés natural, respectivamente. Estos son los niveles de equilibrio del Producto y la tasa de interés en ausencia de rigideces nominales:

$$\hat{y}_t^n = \frac{(1+j)}{(s_a + j)} \hat{a}_t - \frac{(s - s_a)}{(s_a + j)} \hat{c}_t^* \quad (23)$$

$$\hat{r}_t^n = s_a \left(E_t \{ \hat{y}_{t+1}^n \} - \hat{y}_t^n \right) + s_a a (v - 1) (r_c^* - 1) \hat{c}_t^* \quad (24)$$

donde a_t el logaritmo del proceso tecnológico A_t

Curva de Phillips

Asimismo, el hecho de que en la economía coexistan firmas *backward looking* y firmas *forward looking*, nos permite obtener una Curva de Phillips “híbrida”, la cual luego de ser log-linealizada en términos de las desviaciones de su estado estacionario, puede ser escrita como:

$$\hat{p}_{H,t} = l^b \hat{p}_{H,t-1} + l^f E_t \{ \hat{p}_{H,t+1} \} + k \hat{m}c_t + e_t^p \quad (25)$$

$$\hat{m}c_t = (s_a + j) (\hat{y}_t - \hat{y}_t^n) - s_a \hat{g}_t + \hat{t}_T \quad (26)$$

Donde $I^b = \frac{z}{q+z(1-q(1-b))}$, $I^f = \frac{bq}{q+z(1-q(1-b))}$ y $k = \frac{(1-bq)(1-q)(1-z)}{q+z(1-q(1-b))}$. Por su

parte, la variable $\hat{m}c_t$ representa el costo marginal real y $t_t = -\ln(1-Y_t/Y_t)$ es la tasa de impuestos en su forma log-linearizada. En la Curva de Phillips híbrida (25), el término e_t^p representa un shock en los costos de producción, el cual asumimos que es independiente e idénticamente distribuido (*i.i.d*).

De acuerdo a la ecuación (27), el gasto de gobierno, los impuestos, así como también la brecha producto afectan directamente el costo marginal real y, por lo tanto, afectan indirectamente a la inflación doméstica. La pendiente de la curva de Phillips, k muestra la sensibilidad de la inflación doméstica respecto a cambios en el costo marginal real. Además del costo marginal real actual, la inflación esperada futura y la inflación pasada (que refleja la inercia de la inflación), también entran en la ecuación de la inflación doméstica actual. Los parámetros I^b y I^f dependen de tres parámetros estructurales del modelo z , b y q .

Por otro lado, si la fracción de firmas que no reoptimiza cada periodo su precio, z , es igual a cero, se obtiene una Curva de Phillips *forward looking*; sin embargo, si la fracción z es diferente de cero, obtendremos una Curva de Phillips “híbrida”, como la de la ecuación (25). A mayor proporción de firmas fijadoras de precios “*rule of thumb*”, mayor será la ponderación de la inflación pasada (inercia de la inflación). Por otra parte, cabe señalar que un aumento en el número de firmas *rule of thumb* y un alto grado de rigidez en los precios, reducen la sensibilidad de la inflación doméstica actual al costo marginal real actual.

La regla de política monetario

Para cerrar el modelo, es necesario caracterizar el comportamiento de la autoridad de política monetaria mediante una regla. El comportamiento de la autoridad monetaria, siguiendo a Smets y Wouters (2003), es modelado mediante una regla de política monetaria a la Taylor, que determina el comportamiento que tiene la autoridad monetaria frente a los desvíos de la inflación y de la brecha del producto.

$$\hat{r}_t = r_r (\hat{r}_{t-1} - \hat{r}_{t-1}^n) + (1 - r_r) [r_p (\hat{p}_{H,t}) + r_y (\hat{y}_t - \hat{y}_t^n)] + \hat{r}_t^n + e_t^r \quad (27)$$

En la ecuación anterior, \hat{r}_t^n representa el nivel natural de la tasa de interés nominal. Dado que existe evidencia empíricamente que ha mostrado que la tasa de interés de política monetaria no presenta muchos cambios entre un período y otro, incorporamos un parámetro de persistencia, $r_r \in (0,1)$ el cual representa el grado de inercia de la tasa de interés de política monetaria. Asimismo, asumimos que la regla de Taylor se ve afectada por un shock de tasa de interés $e_t^r \text{ iid}$, el cual se interpreta como la parte no sistemática de la política monetaria.

Es importante destacar que dos parámetros importantes de la regla de Taylor son r_p y r_y los cuales representan las preferencias del Banco Central por controlar la inflación y la brecha del producto, respectivamente. Se asume que ambos coeficientes r_p y r_y son no negativos, y son elegidos por la autoridad monetaria, según las preferencias de ésta. Dado que el objetivo principal del Banco Central es mantener la estabilidad de precios, se debe cumplir que: $r_p > r_y$ y además que $r_p > 1$. A esta última condición se le conoce como el “principio de Taylor”, el cual nos dice que el Banco Central sube más que proporcionalmente su tasa de interés ante un incremento de la inflación en 1%.

Las reglas de política fiscal

Asumimos que la autoridad de política fiscal sigue un comportamiento basado en dos reglas. Estas son reglas estilizadas, y buscan hacer prevalecer la estabilidad macroeconómica, y por ello, busca alcanzar dos objetivos principales: controlar la brecha producto y mantener la sostenibilidad de la deuda de gobierno. Siguiendo a Muscatelli y Tirelli (2004), consideremos que la función de reacción de la Política Fiscal toma en cuenta las respuestas rezagadas de la política fiscal a la actividad económica. Al igual que la regla de Taylor, incorporamos un parámetro de inercia dentro de las reglas fiscales, que ayudan a explicar mejor el comportamiento observado de la política fiscal empíricamente.

$$\hat{g}_t = r_g \hat{g}_{t-1} + (1 - r_g) \left[g_y (\hat{y}_{t-1} - \hat{y}_{t-1}^n) + g_b \hat{b}_t \right] + e_t^g \quad (28)$$

$$\hat{t}_t = r_t \hat{t}_{t-1} + (1 - r_t) \left[t_y (\hat{y}_{t-1} - \hat{y}_{t-1}^n) + t_b \hat{b}_t \right] + e_t^t \quad (29)$$

La primera representa una regla cuyo instrumento es el gasto público, mientras que la segunda es una regla cuyo instrumento es el nivel de recaudación o impuestos. Los parámetros r_g y r_t representan el grado de inercia de la política fiscal. Por su parte, los parámetros g_y y t_y representan la sensibilidad del Gasto Público y la sensibilidad de la tasa de Impuestos a los valores pasados de la brecha-producto. Los parámetros g_b y t_b corresponden a coeficientes de reacción respecto al stock de deuda no observable. Por otro lado, e_t^g y e_t^t son shocks *i.i.d.* de gasto público y de impuestos, los cuales representan los componentes no sistemáticos de política fiscal discrecional o las desviaciones discretionales exógenas de las reglas fiscales. De acuerdo al gasto público

y a las reglas fiscales descritas anteriormente, la autoridad fiscal tiene dos objetivos: la estabilización del producto y la estabilización de la deuda. Cabe señalar que la magnitud de la sensibilidad del gasto y de los impuestos con respecto a la deuda y la brecha-producto cambia dependiendo del grado de suavizamiento fiscal.

Restricción presupuestaria del gobierno

Finalmente, el modelo es completado con una restricción de solvencia de gobierno. Siguiendo a Kirsanova y Fragetta (2010), el gasto público que realiza la autoridad de política fiscal enfrenta una restricción de solvencia, la cual debe cumplirse en cada período:

$$B_{t+1} = (1+r) \left(B_t \frac{P_{H,t-1}}{P_{H,t}} + G_t - Y_t Y_t \right) \quad (30)$$

Y luego de ser log linearizada se expresa como:

$$\hat{b}_{t+1} = \hat{r}_t + \frac{1}{b} \left[\hat{b} - \hat{p}_{H,t} + (1-b)(\hat{\ell}_t - \hat{y}_t) + \frac{\bar{C}}{\bar{B}} (\hat{g}_t - \hat{\ell}_t) \right] \quad (31)$$

Donde $b_t = \ln(B_t / P_{H,t-1})$, $B_t = \frac{Deuda_t}{P_{H,t-1}}$ es el stock nominal de deuda, \bar{B} es la deuda como porcentaje de PIB en su nivel de estado estacionario, y \bar{C} es el consumo como porcentaje del PBI en su nivel de estado estacionario o de largo plazo.

Forma reducida del modelo

Como en Galí y Monacelli (2005), podemos concluir que la representación canónica o reducida de la economía, luego de la log-linearización, consta de las siguientes ecuaciones (21), (23), (24), (25), (26), (27), (28), (29) y (31), las cuales que incluyen una curva IS dinámica y una curva de Phillips híbrida; asimismo tenemos una regla de

Política Monetaria a la Taylor, dos reglas de Política Fiscal, y una Restricción de Solvencia del Gobierno.

Consideramos cinco variables observables en el modelo formulado: el producto, inflación, la tasa de interés nominal, los impuestos, y el gasto público como porcentaje del PBI. Por otro lado, las variables no observables del modelo son el stock de la deuda doméstica, la tasa natural del Producto y la tasa natural de interés nominal. Finalmente, el comportamiento estocástico del modelo está dado por seis shocks exógenos: shock de productividad, shock de producción mundial, shock de costos, shock de tasa de interés, shock de impuestos y shock de gasto. Dado que el número de shocks es mayor que el número de variables observables que usamos para la estimación, no incurrimos en el problema de singularidad estocástica.

En la siguiente sección se explica con mayor detalle el procedimiento empleado para la estimación de los parámetros del modelo DSGE formulado.

Metodología econométrica: Estimación Bayesiana

En el presente trabajo, empleamos técnicas Bayesianas para evaluar y estimar el modelo DSGE propuesto, metodología adoptada en modelos de este tipo, desde los trabajos seminales de DeJong, Ingram y Whiteman (2000), Schorfheide (2000), y que en la actualidad es ampliamente usada en la literatura. Asimismo, entre algunos estudios un poco más recientes encontramos a Schorfheide (2005) quien usa métodos Bayesianos para comparar el ajuste de modelos DSGE de consumo, Smets y Wouters (2003) quienes aplican técnicas Bayesianas a un modelo DSGE que describe la economía de la Eurozona. Por otro lado, Lubik y Schorfheide (2006) estiman modelos DSGE para una

economía pequeña y cerrada. Finalmente, Lubik y Schorfheide (2005), Smets y Wouters (2005) estiman modelos para dos países usando datos de Estados Unidos y la Eurozona. A continuación mencionamos solo algunas de las ventajas de este método, respecto a las otras técnicas empleadas por la literatura. La primera ventaja de la estimación Bayesiana es que se ajusta al modelo DSGE completo, lo cual nos permite beneficiarnos de las ventajas del enfoque de equilibrio general (Rabanal y Rubio-Ramirez, 2005), a diferencia de la estimación por el Método Generalizado de Momentos (GMM) que se basa en una relación de equilibrio en particular, como la ecuación de Euler por ejemplo.. En segundo lugar, la estimación Bayesiana nos permite usar una distribución a priori (para cada parámetro) la cual proporciona información adicional en el proceso de estimación. Además, como mencionan Rabanal y Rubio-Ramirez (2005), la estimación Bayesiana

Inferencia Bayesiana

La principal diferencia entre la estadística clásica y la estadística bayesiana se encuentra en la forma de tratar los parámetros desconocidos que se quieren estimar. Mientras la estadística clásica considera a los parámetros como fijos y desconocidos, la estadística bayesiana interpreta los parámetros como variables aleatorias cuya función de distribución es analizada utilizando el Teorema de Bayes (Koop: 2003).

La característica principal de la inferencia Bayesiana es el uso de una distribución *a posteriori*. Se parte de una densidad asociada a una distribución *prior* $p(q)$ para obtener una densidad *a posteriori* $p(q|y)$ de la variable aleatoria q , dado el conjunto de datos (Estévez et al, 2011). Cabe señalar que, la ventaja de utilizar una distribución *prior* es que ésta contiene información de los parámetros fuera de la data; es decir, se formula sin necesidad de recurrir a la observación de los datos o a sus estadísticos, sino

que se plantea en base a la información previa que el investigador tiene acerca de los parámetros.

Utilizando el Teorema de Bayes, podemos construir la densidad a posteriori de la siguiente manera:

$$p(q|y) = \frac{L(q|g)p(g)}{\int L(q|g)p(q) dq} aL(y|q)p(q) \quad (32)$$

Donde $p(q|y)$ es la densidad *a posteriori* de q dado el vector de datos y . De acuerdo a la regla de Bayes, la distribución posterior de los parámetros es proporcional al producto de la distribución *prior* (de los parámetros), es decir $p(q)$, con la función de verosimilitud de los datos $L(y|q)$.

Estévez et al (2011) afirma que surge un problema- en la ecuación 32- cuando se tiene que calcular la distribución *a posteriori* $p(q|y)$. Dichos autores se preguntan cómo obtener muestras de esta distribución, cuando no se tiene una forma cerrada o una distribución conocida. En este caso, se recurre a los métodos *Markov-Chain Monte Carlo* (Cadenas de Markov Montercarlo, MCMC), para generar muestras de la distribución *a posteriori* mediante la simulación de variables obtenidas a partir de las densidades marginales o condicionales completas. En particular, se hace uso del algoritmo Metropolis Hastings.

Estimación Bayesiana de un modelo DSGE

La estimación Bayesiana es un procedimiento que se implementa a través de métodos *Markov-Chain Monte Carlo* (MCMC), el cual nos permitirá obtener una distribución posterior de los parámetros del modelo DSGE. En general, el proceso de solución y

estimación del modelo DSGE se realiza en varios pasos, pero puede resumirse en cuatro. Luego de haber resuelto el modelo de equilibrio general, tomamos las ecuaciones principales- en su forma log-linearizada- y 1) Planteamos la representación espacio-estado del modelo, separando las variables observables de las no observables, 2) obtenemos de la función de verosimilitud asociada al modelo, 3) empleamos el Filtro de Kalman (método de 2 etapas: predicción y *updating*) para evaluar la verosimilitud, finalmente 4) usamos el algoritmo *Metropolis-Hastings*, desarrollado por Metropolis (1953) y generalizado por Hastings (1970), que es un procedimiento basado en los métodos *Markov-Chain Monte Carlo* (MCMC), mediante el cual se puede estimar los parámetro del modelo a partir de la generación de muestras aleatorias y aproximándonos a las distribuciones *a posteriori*.

Representación Espacio-Estado

Para aproximarnos a la densidad a posteriori de los parámetros del modelo, es necesario calcular primero la función de verosimilitud del modelo. Para ello, haremos uso del Filtro de Kalman, para lo cual, es necesario encontrar la representación espacio-estado del modelo. Una representación de espacio-estado es una forma de representar un sistema de ecuaciones en diferencias, mediante dos ecuaciones: una ecuación de medida y una ecuación de transición

Luego de haber log linearizado las condiciones de equilibrio del modelo DSGE, la solución de las ecuaciones en diferencias de expectativas racionales resultantes nos conduce a una representación de espacio-estado de la siguiente forma

$$\Gamma_0(q)_{S_t} = \Gamma_1(q)_{S_{t-1}} + \Gamma_e(q)_{e_t} + \Gamma_h(q)_{h_t} \quad (33)$$

Donde:

Θ : vector de coeficientes estructurales

e_t : vector de innovaciones en los procesos exógenos

h_t : vector de errores de proyección

Luego de haber log linearizado las condiciones de equilibrio del modelo DSGE, la solución de las ecuaciones en diferencias de expectativas racionales resultantes nos conduce a una representación de la ecuación de transición, de la siguiente forma:

$$S_t = \Phi_1(q)S_{t-1} + \Phi_e(q)e_t \quad (34)$$

Por otro lado la Ecuación de Medida nos muestra la relación entre el vector de las variables del modelo, S_t , que contiene tanto shocks exógenos como también variables de estado no observables endógenas del modelo, con el vector de variables observables, y_t , que representa variables como el producto, la inflación, la tasa de interés nominal.

$$y_t = A(q) + BS_t \quad (35)$$

Finalmente se obtiene un vector de datos Y_t , con el que se calcula la función de verosimilitud $L(q|Y^T)$, que será evaluada con el filtro de Kalman para un θ dado.

Algoritmo Metropolis-Hastings

Este algoritmo se basa en los métodos *Markov-Chain Monte Carlo* (MCMC), mediante el cual se puede estimar los parámetro del modelo a partir de la generación de muestras aleatorias y aproximándonos a las distribuciones a posteriori.

En particular, el procedimiento para calcular la distribución posterior consta de dos etapas. En la primera etapa se encuentra la moda de la distribución, y la matriz hesiana evaluada en la moda mediante un procedimiento de maximización estándar. En la segunda etapa se generan valores aleatorios de la posterior utilizando el algoritmo de Metropolis-Hastings. El procedimiento de este algoritmo es el de generar, apoyado en

valores pasados, una secuencia de valores aleatorios⁶. Siguiendo a Caputo, Liendo y Medina (2006), la secuencia de pasos viene dada por:

Paso1. Se inicia el proceso con un valor inicial para los parámetros q^0 y se obtiene el producto de la función de verosimilitud con el valor inicial:

$$L(q^0|Y^T)p(q^0)$$

Paso2. Entonces se genera un valor aleatorio q^1 , de la forma $q^1 = q^0 + v^1$, donde v^1 tiene distribución multivariada normal. Seguidamente para q_1 se debe calcular el producto de la Función de Verosimilitud con la prior de esta.

En este paso encontramos un nuevo valor aleatorio que puede ser aceptado o rechazado con una probabilidad de R y (1-R) respectivamente.

$$R = \min \left\{ 1, \frac{L(q^1|Y^T)p(q^1)}{L(q^0|Y^T)p(q^0)} \right\}$$

Si el valor es aceptado generaremos otro valor para luego evaluarlo, sino fuera aceptado descartamos este y volvemos a generar uno nuevo a partir del valor inicial, para luego evaluarlo.

Datos

Estimamos el modelo DSGE utilizando datos trimestrales de la economía guatemalteca para el periodo 2005:1-2012:4. La fuente principal de información para las series del PBI real, el deflactor del PBI, la tasa de interés nominal de corto plazo, el gasto total de

⁶ Es por ello que se está dentro de la familia de los modelos de Cadenas de Markov MonteCarlo.

gobierno (no financiero), y los ingresos tributarios totales del gobierno central, son las estadísticas del Banco de Guatemala.

La tasa de interés nominal de corto plazo equivale a la tasa de interés de política monetaria. El gasto no financiero de gobierno comprende a egresos de naturaleza periódica, que pueden ser destinados a los pagos por concepto de remuneración a los empleados del sector público, las compras de bienes y servicios hechas por el estado, los gastos de defensa, la inversión bruta de capital, etc. Por su parte, los ingresos tributarios del Gobierno Central consideran a todo impuesto pagado por los contribuyentes a esta instancia del Gobierno.

A la serie del PBI real debe le aplicamos logaritmos, le extraemos el componente estacional usando el método Census X12, y le quitamos la tendencia. A las otras variables se les debe hacer un *demeaning* y se les debe quitar el componente estacional, según sea el caso.

Estimación del Modelo

Calibración de Parámetros del modelo

En términos generales, la calibración consiste en asignar valores- con sentido económico- a los parámetros profundos del modelo, para que éste coincida con ciertas características de largo plazo de los datos. Cabe señalar que éstos valores no deben ser asignados *ad-hoc* por el investigador, sino que deben estar sustentados por evidencia microeconómica, cuentas nacionales, estadísticos de la data agregada nacional, así como otros estudios macro económicos.

En el modelo nekeynesiano formulado para evaluar la interacción entre la política fiscal y monetaria, el grupo de parámetros calibrados se detalla en la Tabla 1. Siguiendo a otros estudios, al factor de descuento relevante para las familias b se le asigna un valor de 0.99, lo cual implica una tasa de interés anual de equilibrio de 4%. Asimismo, siguiendo a Lubik & Schorfheide (2007), calibramos la elasticidad de sustitución entre bienes domésticos y extranjeros, h , como 1. De la misma manera, asignamos un valor igual a 1 a la elasticidad de sustitución entre bienes producidos en diferentes países del resto del mundo g . Por otro lado, a la proporción de bienes importados en la canasta agregada de consumo, a , se le asigna un valor igual a 0,20, siguiendo el estudio realizado para Guatemala por Morán y Pérez (2013). Finalmente, calibramos dos parámetros adicionales, que están incluidos en la restricción presupuestaria que enfrenta la autoridad fiscal. Primero, al parámetro que representa el ratio de consumo privado sobre PBI de largo plazo o estado estacionario, \bar{C} , le asignamos un valor igual a 0,84. Para obtener este valor, simplemente se calculó un promedio simple del consumo privado como porcentaje del PBI durante el período de estudio (2005:1-2012:4), utilizando las series de la economía guatemalteca. Análogamente, al parámetro stock de deuda de estado estacionario (\bar{B}) se le asigna un valor de 0.41, tomando un promedio de la deuda de gobierno doméstica durante el período de estudio.

Tabla 1 Parámetros Calibrados

Símbolo	Parámetro	Valor
b	Factor de descuento de las familias	0.99
a	Proporción de Bienes importados en la canasta agregada de consumo	0.20
h	Elasticidad de sustitución entre bienes domésticos y extranjeros	1.00
g	Elasticidad de sustitución entre bienes producidos en dif. países j	1.00
\bar{C}	Ratio consumo privado/PBI de largo plazo o estado estacionario	0.84
\bar{B}	Ratio stock de deuda anual/PBI de largo plazo o estado estacionario	0.41

Elección de Priors

En esta sección se especifican las distribuciones *prior* de los parámetros del modelo los cuales son reportados en la Tabla 2.

La elección de las distribuciones *a priori* de los parámetros se hace tomando en cuenta otros estudios empíricos realizados, ya que dicho conocimiento – no incluido en los datos- forma parte de las creencias del investigador. En el caso de Guatemala, son pocos los estudios empíricos que desarrollan modelos DSGE, sin embargo, tomamos en cuenta las especificaciones de dos estudios importantes realizados recientemente, Castillo Maldonado (2012) y Morán y Pérez (2013). Asimismo, otras fuentes de consulta son Caputo, Liendo y Medina (2006), así como Castillo, Montoro y Tuesta (2006), quienes estiman por modelos DSGE para países de sur América. Asimismo, los *prior* no incluidos en los estudios anteriores, son extraídos de estudios realizados en otros países de América Latina, y en Europa. Cabe mencionar que para aquellos *prior* de los que no se disponga de mucha información, se les asignará una desviación estándar mayor, debido a que existe mayor incertidumbre.

En el caso de los parámetros estructurales z y q , y los parámetros de persistencia del modelo: r_r , r_g , r_t , r_a , r_{e^*} , se trata de parámetros que según la teoría deberían estar entre 0 y 1. Por ello, empleamos una distribución beta, ya que tiene soporte en ese rango.

En términos generales, podemos afirmar que para los parámetros s y j , se podría tener cualquier valor positivo. Por ello en ambos casos, se utilizó como densidad *a priori* una distribución gamma, cuyo dominio está en el intervalo $(0, \infty)$. No obstante, la literatura económica sugiere que se usen priors, de tal manera que ambas elasticidades sean menores a 1, de manera que los resultados sean consistentes con la teoría

microeconómica. En ese sentido, siguiendo a Fragetta y Kirsanova (2010), le asignamos como media prior los siguientes valores: $j = 2.0$ y $s = 3$. Para los prior de los parámetros referentes al grado de rigidez de precios de la economía q y el grado de indexación de éstos z , tomamos valores similares a los de Morán y Pérez (2013).

Por otro lado, para los parámetros referentes a la regla de Taylor del Banco de Guatemala, utilizamos valores similares a los usados recientemente por Castillo Maldonado (2012) y Morán y Pérez (2013), quienes formulan sus prior en base a estudios para la economía de Guatemala que hacen uso de diversas metodologías econométricas. Para las reglas de política fiscal no se cuenta con mucha información para la economía de Guatemala, razón por la cual se asignan valores similares a los usados por Fragetta y Kirsanova (2010) y Lubik y Schorfheide (2007).⁷ Cabe señalar que la media prior que usamos tanto para t_y como para g_y está centrada alrededor de cero, para permitir que los datos nos brinden información, acerca del carácter de la política fiscal, es decir, si éstos son positivos, significaría que la política fiscal en Guatemala fue pro cíclica, y esto habría exacerbado los ciclos económicos; mientras que si resultan negativos, ello denotaría que la política fiscal fue contra cíclica.

Tabla 2 Descripción de los parámetros del modelo

Parámetro	Descripción	Densidad
s	Inv.Elast.Intertemporal de susti. del consumo	Gamma
j	Inv.Elast. de oferta de trabajo	Gamma
z	Grado de indexación de precios	Beta
q	Grado de rigidez de precios	Beta
r_r	Grado de suaviza. de la tasa de interés	Beta
r_y	Coefficiente de regla de Taylor a la brecha	Gamma
r_p	Coefficiente de regla de Taylor a la inflación	Normal

⁷ Castillo Maldonado (2012) solo considera un parámetro similar al de nuestra regla de gasto público, en la ecuación que describe en comportamiento del gasto fiscal en su modelo: el grado de persistencia del mismo.

r_g	Grado de suaviza. del gasto público	Beta
g_y	Coefficiente de regla de gasto a la brecha	Normal
g_b	Coefficiente de regla de gasto a la deuda	Normal
r_t	Grado de suaviza. de la tasa de impuestos	Beta
t_y	Coefficiente de Regla de impuestos a la brecha	Normal
t_b	Coefficiente de Regla de impuestos a la deuda	Normal
s_a	Desv.Est. del shock de productividad	Gamma Inv
s_p	Desv.Est. del shock de costos (<i>mark up</i>)	Gamma Inv
s_{c^*}	Desv.Est. del shock de consumo mundial	Gamma Inv
s_r	Desv.Est. del shock de pol. monetaria	Gamma Inv
s_g	Desv.Est. del shock de gasto público	Gamma Inv
s_t	Desv.Est. del shock de impuestos	Gamma Inv
r_a	Coefficiente del proceso AR del shock de product.	Beta
r_{c^*}	Coefficiente del proceso AR del shock de cons. mundial	Beta

Resultados de la Estimación Bayesiana

Los parámetros estimados se muestran a continuación. La estimación por medio del algoritmo Metropolis-Hastings se realizó mediante 200,000 simulaciones, número que de acuerdo a los diagnósticos univariados y multivariados realizados, es suficiente para garantizar la convergencia del mismo.

Tabla 3 Estimación Bayesiana del Modelo

Parámetro	Prior Media	Posterior Media	Intervalo de Confianza 90%		Densidad Prior	Posterior Desviación st
q	0.500	0.4978	0.3340	0.6656	Beta	0.100
j	2.000	2.4818	1.7468	3.2333	Normal	0.500
s	3.000	1.6841	1.5524	1.8219	Normal	0.750
r_r	0.700	0.7106	0.5323	0.8931	Beta	0.100
r_p	1.800	1.6175	1.3898	1.8617	Gamma	0.150
r_y	0.300	0.4124	0.3182	0.7597	Gamma	0.200
r_g	0.700	0.7441	0.5307	0.9465	Beta	0.150
g_y	0.000	0.0047	-0.080	0.080	Normal	0.050

r_t	0.500	0.5970	0.3786	0.8291	Beta	0.150
t_y	0.000	0.0048	-0.080	0.0724	Normal	0.050
g_b	-0.030	-0.0105	-0.0362	0.0160	Normal	0.020
t_b	0.030	0.0250	0.0113	0.0403	Normal	0.010
V	0.700	0.7136	0.5524	0.8668	Beta	0.100
r_a	0.800	0.8110	0.6842	0.9587	Beta	0.100
r_{c^*}	0.800	0.9033	0.8586	0.9470	Beta	0.100
s_a	1.000	0.2385	0.1691	0.3045	Inv.gamma	4.000
s_{c^*}	5.000	3.3108	1.7250	4.8000	Inv.gamma	4.000
s_p	0.600	0.2881	0.2163	0.3501	Inv.gamma	4.000
s_r	0.4000	0.1746	0.0968	0.2560	Inv.gamma	4.000
s_g	2.000	0.3199	0.2585	0.3697	Inv.gamma	4.000
s_t	1.000	0.1542	0.1227	0.1813	Inv.gamma	4.000

LAS ESTIMACIONES

Los parámetros estimados muestran que el Banco Central ha reaccionado agresivamente ante desviaciones de la inflación, y moderadamente con respecto a la brecha producto, durante el periodo de estudio, tal como lo recomienda la literatura teórica de *Optimal Policy Mix*. Esto se demuestra dado que las estimaciones obtenidas a través de métodos bayesianos, nos proporcionan una estimación de $r_p = 1.62$ y $r_y = 0.41$. Estos resultados tienen coincidencia con las estimaciones obtenidas por Morán y Pérez (2013). Asimismo, es importante señalar que los datos sí aportan información para la estimación de estos parámetros de la regla de política monetaria. Asimismo, al igual que Morán y Pérez (2013), encontramos que la tasa de interés de política monetaria tiene un alto grado de persistencia, dado que el parámetro $r_r = 0.716$. Es importante mencionar que el alto valor del grado de suavizamiento de la tasa de interés reduce la sensibilidad de la tasa de interés nominal tanto a la inflación como a la brecha producto contemporánea.

Por el lado de la política fiscal, las estimaciones muestran que existe un alto coeficiente de persistencia tanto en el gasto público como en el nivel de impuestos, $r_g = 0.74$ y $r_r = 0.71$. El alto grado de inercia de la política fiscal conlleva a la disminución de la sensibilidad del gasto público y los impuestos con respecto a la brecha del producto y a la deuda. Las estimaciones reportadas en la tabla anterior, muestran que el gasto público reaccionó de manera inversa ante cambios en la deuda del gobierno, $g_b = -0.0105$. Esto implica que ante aumentos en el nivel de deuda, la autoridad fiscal tuvo que limitar, de alguna u otra manera, su gasto público, contrayéndolo. Asimismo, los resultados muestran que el gasto público en Guatemala se comporta en la misma dirección que la actividad económica ($g_y = 0.0047$), lo cual nos lleva a concluir que el gasto público es ejecutado de manera pro-cíclica, lo cual trae grandes costos para lograr la estabilidad macroeconómica del país. Por el lado de la recaudación tributaria, ésta tiene un comportamiento pro-cíclico respecto al nivel del producto, ya que $t_y = 0.0048$. Era lógico esperar este resultado puesto que dicho resultado implica que ante aumentos en el PBI, la recaudación tributaria aumentará. Por último, la recaudación tributaria en Guatemala se movió en la misma dirección que el nivel de deuda de gobierno, puesto que $t_b = 0.0250$, lo cual implica que ante un incremento del nivel de deuda pública, se tuvo que incrementar la recaudación de impuestos, para no atentar contra la sostenibilidad de la deuda.

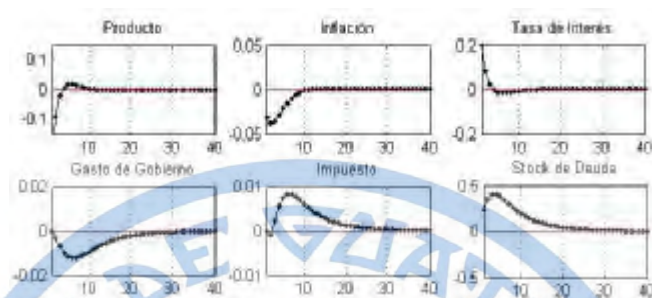
Impulso-Respuesta Bayesianos

En esta sección se presentan los gráficos de impulso-respuesta de las simulaciones realizadas, utilizando como valor para los parámetros a los valores obtenidos mediante

la estimación bayesiana, explicadas en la sub sección anterior.. Estos gráficos describen la reacción de las variables del modelo antes choques exógenos.

Shock de Política Monetaria

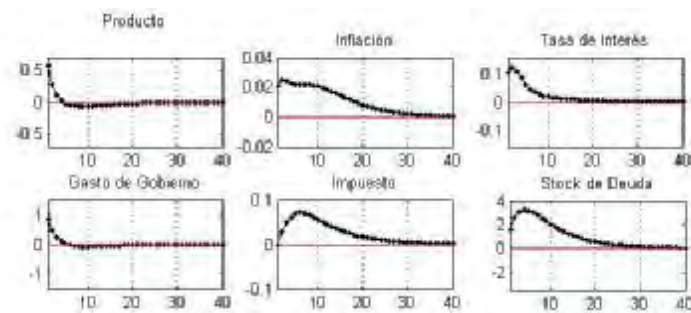
Gráfico 1. Un choque a la tasa de interés de política monetaria



En el gráfico anterior, observamos los efectos provocados por un incremento temporal y no sistemático en la tasa de interés de política del Banco de Guatemala. Podemos observar que ante un choque positivo de política monetaria, se produce una reducción tanto de la actividad económica como de la inflación. Asimismo, este incremento de la tasa de interés aumenta el stock de deuda doméstica. Ante este escenario, y con la finalidad de estabilizar el nivel de deuda pública, el gobierno sigue una política contractiva, reduciendo el gasto público e incrementando la recaudación tributaria. Asimismo, un menor gasto de gobierno y una mayor tasa de impuestos, ayudan a estabilizar la inflación, a través de una reducción del costo marginal de las firmas.

Shock de Gasto Público

Gráfico 2. Un choque positivo de gasto público



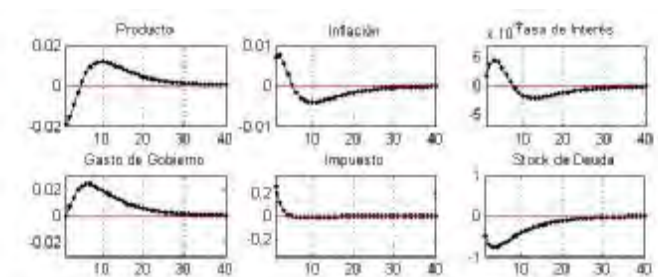
Un choque positivo de gasto público produce un incremento directo en el producto de la economía y en la inflación doméstica. Es decir, se cumplen los efectos *keynesianos* tradicionales⁸. No obstante, es importante considerar los efectos que tiene un incremento del gasto público, en las demás variables del modelo.

A pesar de que un aumento del gasto de gobierno podría generar una disminución en la inflación a través del costo marginal, este efecto es contrarrestado por las presiones inflacionarias que genera el aumento de la actividad económica. Cabe señalar que el aumento de la inflación tiene persistencia, pues su la inflación tarda en regresar a su nivel de estado estacionario. Como consecuencia del aumento del producto y el aumento de la inflación, la autoridad monetaria se ve en la necesidad de aumentar la tasa de interés de corto plazo. Asimismo, el aumento de la tasa de interés como consecuencia de un aumento del gasto público, eleva el nivel de la deuda doméstica, la cual debe ser estabilizada por el gobierno mediante el incremento de la recaudación tributaria. En resumen, un aumento del gasto de gobierno viene acompañado de una política monetaria contractiva, y a su vez por un incremento de impuestos. Como balance total de todos estos efectos, la literatura de “*Optimal Policy Mix*” sugiere que las familias no experimentan una mejora en su bienestar considerable.

Shock de Impuestos

⁸ Este resultado coincide con lo encontrado por Blanchard y Perotti (2002).

Gráfico 3. Un choque positivo en la recaudación tributaria

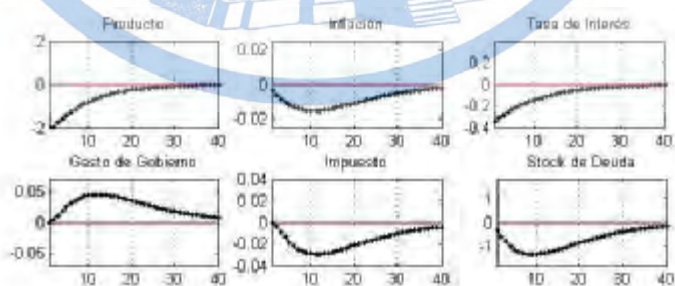


El efecto de un choque positivo en los impuestos es contractivo e inflacionario. La inflación aumenta debido al aumento en el costo marginal que enfrentan las firmas productoras. Ante la subida de la tasa de inflación, la autoridad monetaria se ve obligada a aumentar su tasa de interés de corto plazo.

Por otro lado, el aumento de la recaudación tributaria genera una disminución en la deuda de gobierno, como se puede apreciar en el gráfico anterior, este efecto es mayor que el efecto del incremento de la tasa de interés en el nivel actual de deuda de gobierno.

Shock de Demanda Externa (consumo mundial)

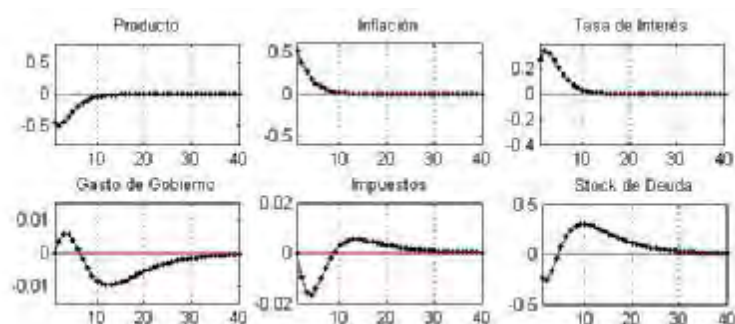
Gráfico 4. Un choque de demanda externa



Un shock de demanda mundial produce tanto una caída en el producto potencial y_t^n , como en la tasa de interés natural r_t^n . La caída en la tasa de interés natural genera, en consecuencia, una reducción en la tasa de interés nominal de la economía. Debido a dicha reducción de la tasa de interés nominal, el stock de deuda que mantiene el

Shock de Costos (mark-up)

Gráfico 6. Un choque positivo de costos de producción



Un choque positivo en los costos de producción de las firmas (*'cost push shock'*), tiene un impacto directo en la inflación, ocasionando que ésta aumente. Ante el aumento de la inflación, la autoridad monetaria decidirá aumentar su tasa de interés de política monetaria para atenuar el efecto de la subida de precios. A pesar de que la tasa de interés nominal ha aumentado, el stock de deuda de gobierno disminuye, pues el incremento –inicial- de la inflación, hace que ésta se reduzca en los primeros 5 trimestres.

Con la finalidad de estabilizar la brecha producto y el stock de deuda de gobierno, la autoridad fiscal decide realizar una política fiscal expansiva, aumentando el gasto público y reduciendo los impuestos. Sin embargo, estas respuestas no son estadísticamente significativas.

Conclusiones

El presente trabajo tiene como objetivos estudiar la interacción entre la política monetaria y fiscal en la estabilización de los ciclos económicos, controlando la brecha producto, la inflación y el nivel de deuda del gobierno, en la economía guatemalteca. En

ese sentido, este trabajo busca estimar los parámetros de reacción de una regla de política monetaria- a la Taylor-, y dos reglas de política fiscal estilizadas, las cuales responden a los desvíos de la brecha producto y al desvío de la deuda pública respecto de su nivel de largo plazo.

Dadas las estimaciones realizadas, podemos concluir que fue la autoridad monetaria de Guatemala la que tuvo un rol activo en la estabilización de la inflación, y la estimación del parámetro de preferencia por los desvíos de la inflación de $r_p = 1.62$, coherente con el principio de Taylor que establece que dicho parámetro debe ser positivo y mayor a 1. Asimismo, se concluye que el Banco de Guatemala ha intervenido en la estabilización del producto, pero en forma muy leve, pues la estimación realizada proporciona un valor de $r_y = 0.41$, nivel que es consistente con las recomendaciones de la literatura teórica. En ambos casos, es posible afinar los coeficientes de reacción, calculando las políticas óptimas con modelos DSGE más elaborados.

Por otro lado, las estimaciones reportadas muestran que el gasto público reaccionó de manera inversa ante cambios en la deuda del gobierno, $g_b = -0.0105$. Esto implica que ante aumentos en el nivel de deuda, la autoridad fiscal tuvo que limitar, de alguna u otra manera, el nivel del gasto público, contrayéndolo. Asimismo, las estimaciones muestran que el gasto público en Guatemala se comporta en la misma dirección que la actividad económica ($g_y = 0.0047$), con lo cual se puede concluir que el gasto público es ejecutado de manera pro-cíclica, lo genera mayor volatilidad en los ciclos económicos. Por el lado de la recaudación tributaria, ésta tiene un comportamiento pro-cíclico respecto al nivel del producto, ya que $t_y = 0.0048$. Es comportamiento lógico puesto que ello implica que ante aumentos en el PBI, la recaudación tributaria aumentará. Por

último, la recaudación tributaria en Guatemala se movió en la misma dirección que el nivel de deuda de gobierno, puesto que $t_b = 0.0250$, lo cual implica que ante un incremento del nivel de deuda pública, se tuvo que incrementar la recaudación de impuestos, para no atentar contra la sostenibilidad de la deuda.

Por último, cabe señalar que en el presente estudio no se incorporan rigideces en los salarios que bien podrían sugerir un mayor rol para la autoridad fiscal en la estabilización de los ciclos, pero por medio de la política impositiva, como por ejemplo una política de impuestos a los ingresos pro-cíclica. Asimismo, se podría incluir en futuros trabajos una proporción de agentes con restricciones financieras, para asignarle un mayor rol a los efectos de la política fiscal en el producto.

Referencias Bibliográficas

1. An, S. y Schorfheide, F. (2007). Bayesian Analysis of DSGE Models. *Econometric Reviews*, 26(2), 113-172.
2. Baxter, M. y King, R. G. (1993), "Fiscal policy in general equilibrium", *American Economic Review* 83 (3), 315-34.
3. Benigno, P. and M. Woodford (2003), "Optimal Monetary and Fiscal Policy: a Linear-Quadratic Approach", mimeo.
4. Benigno P. y Woodford, M. (2004). "Optimal monetary and fiscal policy: a linear quadratic approach", In: NBER Macroeconomics annual 2003, 271-233.
5. Bennett, H. y Loayza, N. (2000), "Policy Biases when the Monetary and Fiscal Authorities have Different Objectives", Working Papers Central Bank of Chile 66, Central Bank of Chile.
6. Bi, H. (2011), "Sovereign Risk Premia, Fiscal Limits and Fiscal Policy", Working Paper Bank of Canada 2011-10, March, Ottawa.
7. BIS (2012), "Fiscal policy, public debt and monetary policy in emerging market economies", number 67 in .BIS Papers., Bank for International Settlements.

8. Blanchard, O. y Perotti, R. (2002): An empirical characterization of the dynamic effects of changes in government spending and taxes on output.
9. Branch, W. A., Davig, T. y McGough, B. (2008), "Monetary-Fiscal policy interactions under implementable monetary policy rules", *Journal of Money, Credit and Banking* 40 (5), 1095- 1102.
10. Buti, M., Roeger W. and in.t Veld (2001), "Stabilizing Output and Inflation in EMU: Policy Conflicts and Cooperation under the Stability Pact", *Journal of Common Market Studies*.
11. Calvo, G. A. (1983). Staggered Prices in a Utility Maximizing Framework. *Journal of Monetary Economics*.
12. Canzoneri, M., Cumby, R. y Diba, B. (2010), "The interaction between monetary and fiscal policy", in B. M. Friedman y M. Woodford, eds, *Handbook of Monetary Economics*, Vol. 3 of *Handbook of Monetary Economics*, Elsevier, chapter 17, pp. 935-999.
13. Castillo Maldonado, C (2012). Un Modelo Macroeconómico para Guatemala estimado por métodos Bayesianos. Serie de Documentos de Trabajo del Banco de Guatemala, Documento de Trabajo No. 124
14. Castillo, P. y Montoro, C. y Tuesta, V. (2006). "An Estimated Stochastic General Equilibrium Model with Partial Dollarization: A Bayesian Approach", Working Papers Central Bank of Chile 381, Central Bank of Chile.
15. Cerdá, R. y Gonzalez, H. y Lagos, L. (2006). "Is fiscal policy effective? Evidence for an emerging economy: Chile 1833-2000", *Applied Economics Letters*, Taylor and Francis Journals, vol. 13(9), pages 575-580.
16. Christiano y Eichenbaum, M. y Evans, C. (1994). "The effects of monetary policy shocks: evidence from the Flow of Funds", Working Paper Series, Macroeconomic Issues 94-2, Federal Reserve Bank of Chicago.
17. Christiano, L. J. y Fitzgerald, T. J. (2000), "Understanding the fiscal theory of the price level", *Economic Review*, Federal Reserve Bank of Cleveland, issue Q II, pages 2-38.
18. Chung, H., Davig, T.y Leeper, E. (2004), "Monetary and fiscal policy switching", *Journal of Money, Credit and Banking*, Blackwell Publishing, vol. 39(4), pages 809-842, 06.

19. Cochrane, J. H. (2001), "Long-term debt and optimal policy in the fiscal theory of the price level", *Econometrica* 69 (1), 69-116.
20. Corsetti, Giancarlo and Paolo Pesenti (2001), "Welfare and Macroeconomics Interdependence," *Quarterly Journal of Economics*, 116, issue 2, 421-446.
21. Davig, T. y Leeper, E. M. (2009), "Monetary- fiscal policy interactions and fiscal stimulus", NBER Working Papers 15133, National Bureau of Economic Research, Inc.
22. Davig, T., Leeper, E. M. y Walker, T. B. (2010a), "Inflation and the fiscal limit", *European Economic Review*, 55(1), 31-47
23. Davig, T., Leeper, E. M. y Walker, T. B. (2010b), "Unfunded liabilities and uncertain fiscal financing", *Journal of Monetary Economics*, 57(5), 600-619.
24. De Jong, Ingram, B; Whiteman, C. (2000) "A Bayesian approach to dynamic macroeconomics," *Journal of Econometrics* 98: 203-223.
25. Del Negro, M. y Schorfheide, F. (2005). "Monetary policy analysis with potentially misspecified models", Working Papers 06-4, Federal Reserve Bank of Philadelphia.
26. Del Negro, M. y Schorfheide, F. (2004). "A DSGE-VAR for the Euro Area" *Computing in Economics and Finance* 2004- 79, Society for Computational Economics.
27. Del Negro, M. y Schorfheide, F. (2008). "Forming priors for DSGE models (and how it affects the assessment of nominal rigidities)", *Staff Reports* 320, Federal Reserve Bank of New York.
28. Dixit, A. y Lambertini, L. (2003), "Interactions of commitment and discretion in monetary and fiscal policies", *American Economic Review* 93 (5), 1522-1542.
29. Dixit, A.K. and J.E. Stiglitz (1977): "Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity," *American Economic Review*, 67(3).
30. Estévez, G., Sáez, F. (2011) Estimation of general equilibrium model in dynamic economies using Markov Chain Monte Carlo Methods. Banco Central de Venezuela, Serie Documentos de Trabajo [No. 129]
31. Fasolo, Angelo M. (2010). "Optimal Monetary and Fiscal Policy for Small Open and Emerging Economies". Ph.D. Dissertation, Duke University.
32. Favero, C. A. (2004), "Comments on "fiscal and monetary policy interactions: Empirical evidence on optimal policy using a structural new-keynesian model", *Journal of Macroeconomics* 26 (2), 281-285.

33. Fernández-Villaverde, J.; Rubio-Ramírez, J.F. (2004) “Comparing dynamic equilibrium models to data: a Bayesian approach”, *Journal of Econometrics* 123(1): 153-187.
34. Fernández-Villaverde, J.; Rubio-Ramírez, J. (2006) “Solving DSGE models with perturbation methods and a change of variables”, *Journal of Economic Dynamics and Control* 30(12): 2559-2531.
35. Fragetta, M. y Kirsanova, T. (2010). “Strategic Monetary and Fiscal Policy Interactions: An Empirical Investigation”. *European Economic Review*, Elsevier, vol. 54(7), pages 855-879, October.
36. Friedman, Milton. (1948). “A monetary and fiscal framework for economic stability”, *American Economic Review* 38(2), 245-264.
37. Galí, J. y Gertler, M. (1999). *Inflation Dynamics: A Structural Econometric Analysis*. *Journal of Monetary Economics*, 44(2), 195-222.
38. Galí, J. y Monacelli, T. (2005). Monetary Policy and Exchange Rate Volatility in a Small Open Economy. *Review of Economic Studies*, 72(3), 707-734.
39. Galí, J. y Monacelli, T. (2008). “Optimal monetary and fiscal policy in a currency union”. *Journal of International Economics*, 76, 116-132.
40. Galí, J. y Perotti, R. (2003). “Fiscal Policy and Monetary Integration in Europe”, *Economic Policy*, 18(37), 533-572.
41. Ganelli, Giovanni (2002), “Home Bias in Government Spending and Quasi-Neutrality of Fiscal Shocks,” working paper.
42. Hamilton, J. D. (1994). *Time Series Analysis*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
43. Hastings, W. (1970) .Monte Carlo sampling methods using Markov Chains and their applications, *Biometrika* 57(1): 97.109.
44. Kirsanova, T., Leith, C. y Wren-Lewis, S. (2009), “Monetary and fiscal policy interaction: The current consensus assignment in the light of recent developments”, *Economic Journal* 119 (541), F482-F496.
45. Kirsanova, T., Stehn, S. J. y Vines, D. (2005), “The interactions between fiscal policy and monetary policy”, *Oxford Review of Economic Policy* 21 (4), 532-564.
46. Leeper, E. M. (1991), “Equilibria under “active” and “passive” monetary and fiscal policies”, *Journal of Monetary Economics* 27 (1), 129-147.

47. Leeper, E. M. (2010), "Monetary science, fiscal alchemy", NBER Working Papers 16510, National Bureau of Economic Research, Inc.
48. Leeper, E. M. (2013), "Fiscal limits and monetary policy", Central Bank Review, Research and Monetary Policy Department, Central Bank of the Republic of Turkey, vol. 13(2), pages 33-58.
49. Leeper, E. M., Traum, N. y Walker, T. B. (2011), "Clearing up the fiscal multiplier morass", NBER Working Paper No. 17444, September.
50. Leeper, E. M. y Walker, T. B. (2011), "Perceptions and misperceptions of fiscal inflation", mimeo. University of Indiana, June.
51. Loewy, M. (1988). Reganomics and Reputation Revisited, Economic Inquiry. Vol. XXVI (April): 253-263.
52. Lubik, T. A. y Schorfheide, F. (2005). A Bayesian Look at New Open Economy Macroeconomics. In NBER Macroeconomics Annual 2005 (M. Gertler y K. Rogoff, Eds.). Vol. 20, MIT Press, pp.313-366.
53. Lubik, T. A. y Schorfheide, F. (2007). Do Central Banks Respond to Exchange Rate Movements? A Structural Investigation. Journal of Monetary Economics, 54(4), 1069-1087.
54. Lubik, T. A y Schorfheide, F. (2005). "A Bayesian Look at New Open Economy
55. Macroeconomics", Economics Working Paper Archive 521, The Johns Hopkins University, Department of Economics.
56. Lucas, R. Jr, (1976). "Econometric policy evaluation: A critique", Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy, Elsevier, vol. 1(1), pages 19-46, January.
57. Lucas, R.E. y Stokey, N. (1983). "Optimal Fiscal and Monetary Policy in an economy without capital". Journal of Monetary Economics 12, 55-93
58. Keynes, J. (1936): Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero; versión en español del Fondo de Cultura Económica, México, 1970.
59. Kydland, F. y Prescott, E., (1982). "Time to Build and Aggregate Fluctuations", Econometrica, Econometric Society, vol. 50(6), pages 1345-70, November.
60. Kirsanova, T., y Fragetta, M. (2007). "Strategic Monetary and Fiscal Policy Interactions: An Empirical Investigation", Discussion Papers 0706, Exeter University, Department of Economics.
61. Koop, G. (2003). Bayesian Econometrics. Wiley, Chichester.

62. Mancini-Grifoli, T. (2007). *Dynare User Guide: An Introduction to the Solution and Estimation of DSGE Models*.
63. Mélitz, J., (2000). "Some Cross-Country Evidence about Fiscal Policy Behaviour and Consequences for EMU", mimeo.
64. Mendoza, W. (2007). "¿Puede una expansión fiscal ser contractiva? La efectividad de la política fiscal y la sostenibilidad de la deuda pública", Documentos de Trabajo 2007-255, Departamento de Economía – Pontificia Universidad Católica del Perú.
65. Mendoza, W y Melgarejo, K, (2008). "La efectividad de la política fiscal en el Perú: 1980-2006", Documentos de Trabajo 2008-262, Departamento de Economía - Pontificia Universidad Católica del Perú.
66. Montoro, C. y Moreno, E. (2008), "Reglas fiscales y la volatilidad del producto", *Revista Estudios Económicos* (15), 65-92.
67. Morán S, H, y Pérez M, F (2013). *Credibilidad de un Banco Central y acceso al mercado financiero en un modelo de Equilibrio General con remesas endógenas: Una estimación bayesiana para Guatemala*. Serie de Documentos de Trabajo del Banco de Guatemala, Documento de trabajo No. 129.
68. Muscatelli, A., P. Tirelli y C. Trecroci, (2001). "Monetary and Fiscal Policy Interactions over the Cycle: Some Empirical Evidence", Cambridge University Press, Cambridge, UK.
69. Muscatelli, A., P. Tirelli y C. Trecroci, (2003), "Fiscal and monetary policy interactions: Empirical evidence and optimal policy using a structural New- Keynesian model", *Journal of Macroeconomics*, Elsevier, vol. 26(2), pages 257-280, June.
70. Nordhaus, W. (1994). "Policy Games: Coordination and Independence in Monetary and Fiscal Policies". *Brooking Papers on Economic Activity* 2: 139-215.
71. Obstfeld, Maurice and Kenneth Rogoff (1995), "Exchange Rate Dynamics Redux," *Journal of Political Economy*, 103, 3, 624-660.
72. Perotti, R. (2004). *Estimating the effects of fiscal policy in OECD countries*.
73. Pitterle, Ingo and Dirk Steffen (2004), "Spillover Effects os Fiscal Policy under Flexible Exchange Rates," working paper.
74. Quispe Misaico, Z. (2000), "Política monetaria en una economía con dolarización parcial: el caso del Perú", *Revista Estudios Económicos* (6).

75. Rabanal, P. y Rubio-Ramirez, J. F. (2005). Comparing New Keynesian Models of the Business Cycle: A Bayesian Approach. *Journal of Monetary Economics*, 52(6), 1151-1166.
76. Rossini, R., Quispe, Z. y Loyola, J. (2012), "Fiscal policy considerations in the design of monetary policy in Peru".
77. Sargent, T. J. y Wallace, N. (1981), "Some unpleasant monetarist arithmetic", *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review* 5 (3 Fall), 1-17.
78. Schmitt-Grohe, S. and Uribe, M. (2004), "Optimal Fiscal and Monetary Policy Under Sticky Prices", *Journal of Economic Theory*, 114(2), 198-230.
79. Schmitt-Grohe, S. and Uribe, M. (2007), "Optimal Simple And Implementable Monetary and Fiscal Rules, *Journal of Monetary Economics*", 54, September 2007, 1702-1725.
80. Schorfheide, Frank (2005): "Learning and Monetary Policy Shifts," *Computational Economics*, 20.
81. Schorfheide, Frank (2000): "Loss Function-Based Evaluation of DSGE Models," *Journal of Applied Econometrics*.
82. Schorfheide, F. (2011). "Estimation and Evaluation of DSGE Models: Progress and Challenges", NBER Working Papers 16781, National Bureau of Economic Research, Inc.
83. Sims, C. A. (2003), "Implications of rational inattention", *Journal of Monetary Economics* 50 (3), 665-690.
84. Smets, F.; Wouters, R. (2003a) Shocks and frictions in US business cycles: a Bayesian DSGE approach. Mimeo. European Central Bank, Frankfurt, 58 pages.
85. Smets, F. y Wouters, R. (2003b). "An Estimated Dynamic Stochastic General Equilibrium Model of the Euro Area". *Journal of the European Economic Association*, 1(5), 1123-1175.
86. Smets, F. y Wouters, R. (2007). "Shocks and Frictions in US Business Cycles: A Bayesian DSGE Approach.", *American Economic Review*, 97(3), 586-606
87. Taylor, J. B. (2000), "Reassessing Discretionary Fiscal Policy". *Journal of Economic Perspectives*, American Economic Association, vol. 14(3), pages 21- 36, Summer.
88. Von Hagen, J., Hughes Hallett, Strauch, R., (2001). "Budgetary Consolidation in EMU". *Economic Papers No. 148*. March 2001. European Commission. Brussels.

89. Woodford (1995). “The Fiscal Theory of the Price Level”.
90. Woodford M. (2003). “Interest and Prices: Foundations of a Theory of Monetary Policy”, Princeton University Press.
91. Wyplosz, C., (1999), “Economic Policy Coordination in EMU: Strategies and Institutions”. ZEI Policy Paper B11.

Anexos

Anexo A: Identidades del modelo

1. Términos de intercambio bilaterales

$$S_{j,t} = \frac{P_{j,t}}{P_{H,t}} \quad (1a)$$

Donde $S_{j,t}$ representa los términos de intercambio entre el país “j” y la economía doméstica “H”. Es decir, $S_{j,t}$ es el precio de los bienes del país “j” en términos de bienes domésticos.

2. Términos de intercambio multilaterales

$$S_t = \left(\int_0^1 S_{j,t}^{1-g} dj \right)^{\frac{1}{1-g}} \quad (2a)$$

Análogamente, podemos representar los términos de intercambio por la siguiente ecuación:

$$S_t \equiv \frac{P_{F,t}}{P_{H,t}} \quad (3a)$$

La ecuación anterior en términos log-lineales se expresa como:

$$s_t = p_{F,t} - p_{H,t} \quad (4a)$$

$$p_{F,t} = s_t + p_{H,t}$$

De la definición del índice de precios al consumidor (IPC):

$$P_t \equiv \left[(1-a) P_{H,t}^{1-h} + (a) P_{F,t}^{1-h} \right]^{\frac{1}{1-h}}$$

La ecuación anterior en términos log-lineales:

$$p_t \equiv (1-a) p_{H,t} + a p_{F,t}$$

Reemplazando $p_{F,t}$ en la ecuación anterior:

$$p_t = (1-a) p_{H,t} + a(s_t + p_{H,t})$$

Simplificando términos, tenemos:

$$p_t = p_{H,t} + a s_t$$

Por otro lado, sabemos que a inflación agregada (IPC) se expresa en términos log-lineales como:

$$p_t = p_t - p_{t-1}$$

Análogamente, la inflación doméstica $p_{H,t}$ puede expresarse como:

$$p_{H,t} \equiv p_{H,t} - p_{H,t-1}$$

$$p_t = (p_{H,t} + a s_t) - (p_{H,t-1} + a s_{t-1})$$

$$p_t = p_{H,t} + a(s_t - s_{t-1})$$

Se tiene que la relación entre la inflación doméstica ($p_{H,t}$) y la inflación IPC (p_t) es proporcional a la variación de los términos de intercambio, con un coeficiente de proporcionalidad dado por el parámetro de apertura comercial de la economía a .

$$p_t = p_{H,t} + a s_t$$

3. Tipo de Cambio Nominal

Sea e^{jt} el tipo de cambio nominal bilateral, es decir e^{jt} representa el precio de la moneda del país j -ésimo en términos de la moneda nacional.

Sea P_{jit}^j

Precio del bien i proveniente del país j en términos de la moneda del país j

4. Ley de un solo Precio (se cumple $\forall t$)

Asumimos que se cumple la ley de un solo precio, para todo bien $i \in [0,1]$ en cada país $j \in [0,1]$ y en todo momento del tiempo t .

$$P_{jit} = e_{jt} P_{jit}^j \quad (10a)$$

Precio del bien i proveniente del país j en moneda doméstica. Además, se cumple que:

$$P_{j,t} = \left[\int_0^1 [e_{jt} P_{jit}^j(i)]^{1-e} di \right]^{\frac{1}{1-e}}$$

Entonces: $P_{jit} = e_{jt} P_{jit}^j \quad (11a)$

Asimismo, de la definición del precio de bienes extranjeros:

$$P_{F,t} = \left[\int_0^1 P_{j,t}^{1-g} dj \right]^{\frac{1}{1-g}}$$

$$P_{F,t} = \left[\int_0^1 (e_{jt} P_{jt}^j)^{1-g} dj \right]^{\frac{1}{1-g}}$$

La forma log-lineal de la ecuación anterior está dada por:

$$p_{F,t} = e_t + p^* \quad (12a)$$

Reemplazamos (12a) en (4a). La log-linearización de la condición de la ley de un solo precio alrededor del estado estacionario nos da la siguiente expresión para el tipo de cambio nominal e_t

$$s_t = e_t + p^* - p_{H,t} \quad (13a)$$

5. Tipo de Cambio Real Bilateral

$$Q_{j,t} \equiv \frac{e_{j,t} P_{jt}^j}{P_t} \quad (13.1a)$$

La variable $Q_{j,t}$ es el tipo de cambio real bilateral entre el país “j” y el país doméstico

(H). Por otro lado, P_t y P_{jt}^j es el IPC del país “H” y del país “j”, respectivamente.

Log –lineal: $q_{j,t} = e_{jt} + p_{jt}^j - p_t \quad (14a)$

6. Tipo de Cambio Real Multilateral (log – lineal)

$$q_t \equiv \int_0^1 q_{jt} dj = \int_0^1 (e_{jt} + p_{jt}^j - p_t) dj \quad (15a)$$

$$q_t = e_t + p^* - p_t \quad (16a)$$

usando (13a) en (16a)

$$q_t = s_t + p_{H,t} - p_t \quad (17a)$$

reemplazamos (7a) en (17a)

$$q_t = (1-a)s_t \quad (18a)$$

Reparto de riesgos (risk sharing) internacional

Dado que las familias son idénticas entre los diferentes países, el factor de descuento estocástico será el mismo para el país doméstico “H” como para el país extranjero “j”.

De la Ecuación de Euler

$$C_t^{-s} = b E_t \left\{ Q_t^{-1} (C_{t+1})^{-s} \frac{P_t}{P_{t+1}} \right\}$$

$$1 = b E_t \left\{ Q_t^{-1} \left(\frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^{-s} \frac{P_t}{P_{t+1}} \right\} \quad (19a)$$

La ecuación de Euler para el país j-esimo ($\forall j$)

$$1 = b E_t \left\{ Q_t^{-1} \left(\frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^{-s} \frac{e_{jt} P_{jt}^j}{e_{jt+1} P_{jt+1}^j} \right\} \quad (20a)$$

Reemplazando la ecuación (19) en la ecuación (20), obtenemos:

$$C_t = E_t \left\{ \frac{C_{t+1}}{C_{t+1}^j Q_{jt+1}^{1/s}} \right\} C_t^j Q_t^s$$

$$C_t = u_j C_t^j Q_{jt}^{1/s} \quad (21a)$$

Donde u_j es una constante que generalmente dependerá de las condiciones iniciales con respecto a la posición de activos netos iniciales del país “j”. De aquí en adelante, y sin pérdida de generalidad, se asume condiciones iniciales simétricas, es decir, tenencia de activos foráneos netos igual a cero. De ello, se desprende que $u_j = u = 1$ para todos los países $j \in (0,1)$. La representación de la ecuación (21a) en su forma log-lineal viene dada por:

$$c_t = c_t^j + \frac{1}{s} q_{jt} \quad (22a)$$

Pero, sabemos que el consumo mundial c_t^* :

$$c_t^* = \int_0^1 c_t^j dj$$

Integrando la ecuación (22a) con respecto a “j”, y reemplazando en la ecuación (22a):

$$c_t = c_t^* + \frac{1}{s} q_t \quad (23a)$$

Reemplazamos la ecuación (18a) en la expresión anterior (23a):

Relación entre consumo doméstico, consumo mundial y términos de intercambio:

$$c_t = c_t^* + \frac{1}{s} (1-a) s_t \quad (24a)$$

La ecuación anterior refleja el impacto que tienen los términos de intercambio y el consumo mundial en el consumo doméstico.

7. Paridad descubierta de tasa de interés (UIP)

Para derivar una expresión para la UIP, asumimos ahora que las familias domésticas pueden invertir tanto en activos domésticos como foráneos, es decir, B_t y B_t^* respectivamente. En este caso, la restricción presupuestaria de las familias se escribe como:

$$P_t C_t + Q_t B_{t+1} + Q_t^* e_{t+1} B_{t+1}^* = B_t + e_t B_t^* + W_t N_t + T_t$$

Derivando con respecto a cada uno de estos activos, obtenemos las siguientes condiciones de primer orden:

$$(\partial B_t) \quad 1 = b E_t \left\{ Q_t^{-1} \left(\frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^{-s} \frac{P_t}{P_{t+1}} \right\} \quad (25a)$$

$$(\partial B_t^*) \quad 1 = b E_t \left\{ Q_t^{*-1} \left(\frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^{-s} \frac{e_{t+1} P_t}{e_t P_{t+1}} \right\} \quad (26a)$$

Dividiendo (25a) entre (26a) y simplificando algunos términos, obtenemos:

$$\frac{Q_t^*}{Q_t} = E_t \left(\frac{e_{t+1}}{e_t} \right) \quad (27a)$$

Expresamos la ecuación anterior, en términos log lineales:

$$-r_t^* + r_t = E_t \{ e_{t+1} - e_t \} = E_t (\Delta e_t)$$

Despejando convenientemente la ecuación, obtenemos la Paridad de tasas de interés no cubierta (log-lineal)

$$r_t = r_t^* + E_t (\Delta e_t) \quad (28a)$$

La ecuación anterior nos dice que el diferencial entre la tasa de interés doméstica y la internacional es simplemente la expectativa de devaluación.

Por otro lado, de la ecuación (13a), tenemos que:

$$E_t(s_{t+1}) - s_t = E_t(e_{t+1}) - e_t + E_t(r_{t+1}^*) + r^* - E(P_{H,t}) + r_{H,t}$$

$$E_t(s_{t+1}) - s_t = E_t \Delta e_{t+1} + E_t(p_{t+1}^*) - E(p_{H,t+1})$$

Despejando s_t

$$s_t = -E_t \Delta e_{t+1} - E_t(p_{t+1}^*) + E(p_{H,t+1}) + E_t(s_{t+1})$$

Reemplazando la ecuación (28) en la expresión anterior, obtenemos la siguiente ecuación en diferencia estocástica:

$$s_t = (r_t^* - E_t p_{t+1}^*) - (r_t - E_t p_{H,t+1}) + E_t(s_{t+1}) \quad (29a)$$

Iterando (29a)⁹ para el siguiente periodo y reemplazando en 29

$$s_t = E_t \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} \left[(r_{t+k}^* - p_{t+k}^*) - (r_{t+k} - p_{H,t+k}) \right] \right\} \quad (30a)$$

En la expresión anterior, podemos ver que los términos de intercambio s_t son una función del diferencial, presente y futuro, de las tasas de interés reales.

Anexo B: Derivación de la IS neokeynesiana

Equilibrio en el mercado de Bienes

⁹ Además, asumiendo que $\lim_{T \rightarrow \infty} E_t \{s_T\} = 0$

$$Y_t(i) = C_{H,t}(i) + \int_0^1 C_{H,t}^j(i) dj + G_t(i) \quad (31a)$$

Donde $Y_t(i)$ representa la suma de todos los bienes-privados y públicos- producidos domésticamente. $C_{H,t}(i)$ representa los bienes producidos domésticamente que son consumidos por las familias de la economía nacional. $C_{H,t}^j(i)$ representa los bienes producidos domésticamente que se exportan a los j países del resto del mundo. Por último, $G_t(i)$ representa los bienes públicos producidos domésticamente que son comprados por el gobierno y son consumidos por las familias nacionales.

Sabemos que:

$$G_t(i) = k_t Y_t(i) \quad (31.1a)$$

Del problema intratemporal de las familias, derivamos que la demanda óptima de bienes producidos domésticamente es:

$$C_{H,t}(i) = \left(\frac{P_{H,t}(i)}{P_{H,t}} \right)^{-e} C_{H,t} \quad (32a)$$

$$C_{H,t} = (1-a) \left(\frac{P_{H,t}}{P_t} \right)^{-h} C_t \quad (33a)$$

Asimismo:

$$C_{H,t}^j(i) = \left(\frac{P_{H,t}(i)}{P_{H,t}} \right)^{-e} C_{H,t}^j \quad (34a)$$

$$C_{H,t}^j = \left(\frac{P_{H,t}}{e_{jt} P_t^j} \right)^{-g} C_{F_t}^j \quad (35a)$$

$$C_{F,t}^j = a \left(\frac{P_{F,t}^j}{P_t^j} \right)^{-h} C_t^j \quad (36a)$$

Reemplazamos la ecuación (33a) en (32a)

$$C_{H,t}(i) = (1-a) \left(\frac{P_{H,t}(i)}{P_{H,t}} \right)^{-e} \left(\frac{P_{H,t}}{P_t} \right)^{-h} C_t \quad (37a)$$

luego reemplazamos (36a) en (35a) y luego esto en (34a)

$$C_{H,t}^j(i) = \left(\frac{P_{H,t}(i)}{P_{H,t}} \right)^{-e} \left(\frac{P_{H,t}}{e_{jt} P_{F,t}^j} \right)^{-g} a \left(\frac{P_{F,t}^j}{P_t^j} \right) C_t^j \quad (38a)$$

Luego reemplazamos (37a) y (38a) en la ecuación (31a), además aplicando (31.1a), obtenemos una expresión modificada para la condición de equilibrio en el mercado de bienes.

$$Y_t(i) = \frac{1}{1-k_t} \left(\frac{P_{H,t}(i)}{P_{H,t}} \right)^{-e} \left[(1-a) \left(\frac{P_{H,t}}{P_t} \right)^{-h} C_t + a \int_0^1 \left(\frac{P_{H,t}}{e_{jt} P_{F,t}^j} \right)^{-g} \left(\frac{P_{F,t}^j}{P_t^j} \right) C_t^j dj \right] \quad (39a)$$

Asimismo, sabemos que por definición, se cumple que:

$$Y_t \equiv \left(\int_0^1 Y_t(i) \frac{e^{-1}}{e} di \right)^{\frac{e}{e-1}} \quad (40a)$$

Reemplazamos la ecuación (39a) en (40a):

$$Y_t = \frac{1}{1-k_t} \left(\frac{P_{H,t}}{P_{H,t}} \right)^{-h} \left[(1-a) C_t + a \int_0^1 \left(\frac{e_{jt} P_{F,t}^j}{P_{H,t}} \right)^{g-h} Q_{jt}^h C_t^j dj \right] \quad (41a)$$

Análogamente, tenemos que por definición:

$$S_t^j = \frac{e_{jt} P_{F,t}^j}{P_{jt}} \quad (42a)$$

$$C_t^j = C_t Q_{jt}^{\frac{1}{s}} \quad (42.1a)$$

Reemplazamos (21a) en (41a)

$$Y_t = \frac{1}{1-k_t} \left(\frac{P_{H,t}}{P_{H,t}} \right)^{-h} (1-a) + C_t \frac{1}{1-k_t} \left(\frac{P_{H,t}}{P_{H,t}} \right)^{-h} a \int_0^1 (S_t^j S_{jt})^{g-h} Q_{jt}^{h-\frac{1}{s}} dj \quad (43a)$$

Siguiendo a Galí y Monacelli (2005), asumimos que $h = 1$

$$P_t = P_{H,t}^{1-a} P_{F,t}^a \quad (44a)$$

luego reemplazamos la ecuación (44a) en (43a)

$$Y_t = C_t \frac{1}{1-k_t} \left(\frac{P_{H,t}}{P_{H,t}^{1-a} P_{F,t}^a} \right)^{-h} (1-a) + C_t \frac{1}{1-k_t} \left(\frac{P_{H,t}}{P_{H,t}^{1-a} P_{F,t}^a} \right)^{-h} a \int_0^1 (S_t^j S_{jt})^{g-h} Q_{jt}^{h-\frac{1}{s}} dj \quad (45a)$$

$$Y_t = \frac{1}{1-k_t} C_t S_t^{ha} (1-a) + \frac{1}{1-k_t} C_t S_t^{ha} a \int_0^1 (S_t^j S_{jt})^{g-h} Q_{jt}^{h-\frac{1}{s}} dj \quad (46a)$$

Log-linealizado respecto al estado estacionario, donde además se debe cumplir que:

$$\bar{Y} = \bar{C} \bar{S}^{ha} \quad (47a)$$

Asimismo:

$$\int_0^1 s_t^j dj \equiv 0$$

Obtenemos la siguiente expresión para el producto, en su forma log lineal:

$$y_t = c_t + ags_t + \left(h - \frac{1}{s}\right)q_t + g_t \quad (48a)$$

Reemplazando la ecuación (18a) en (48a), tenemos:

$$y_t = c_t + \frac{aw}{s}s_t + g_t \quad (49a)$$

donde el parámetro $w = gs + (hs - 1)(1 - a)$

Además, se debe cumplir que $w > 0$

La ecuación (49a) debe cumplirse, análogamente, para todos los países j:

$$y_t^j = c_t^j + \frac{aw}{s}s_t^j + g_t^j \quad (50a)$$

Agregando todos los países j, obtenemos:

$$y_t^* = c_t^* + g_t^* \quad (51a)$$

Reemplazando la ecuación (24a) en (49a)

$$y_t = c_t^* + \frac{(1-a)}{s}s_t + \frac{aw}{s}s_t + g_t \quad (52a)$$

despejamos c_t^* de la ecuación (51a) y reemplazándola en (52a)

$$y_t = y_t^* - g_t^* + \frac{1}{s_a}s_t + g_t \quad (53a)$$

donde $s_a = s(1 - a + aw)$

Por último, reemplazamos la ecuación (49a) en la ecuación de Euler en su forma log lineal, y obtenemos una expresión para la curva IS neokeynesiana o forward looking, la cual depende también de la variación porcentual de los términos de intercambio.

$$y_t = E_t(y_{t+1}) - \frac{aw}{s} E_t \Delta s_{t+1} - E_t \Delta g_{t+1} - \frac{1}{s} (i_t - E_t p_{H,t+1} - r) \quad (54a)$$

Iteramos la ecuación (9a) un periodo adelante y reemplazando en la ecuación (54a)

$$y_t = E_t(y_{t+1}) - \frac{a\Theta}{s} E_t \Delta s_{t+1} - E_t \Delta g_{t+1} - \frac{1}{s} (i_t - E_t p_{H,t+1} - r) \quad (55a)$$

donde $\Theta = w - 1$

despejando s_t de (53a) hallamos $\Delta s_{t+1} = s_{t+1} - s_t$ y reemplazamos en (55a)

$$y_t = E_t y_{t+1} - \frac{1}{s_a} (i_t - E_t p_{H,t+1}) + a\Theta E_t \Delta y_{t+1}^* + a\Theta E_t \Delta g_{t+1}^* - E_t \Delta g_{t+1}$$

La expresión anterior es una forma alternativa de representar la curva IS neokeynesiana, para hacer que ésta ya no dependa de los términos de intercambio, sino que ahora depende de la variación en la producción del resto del mundo y_t^* . Esta forma alternativa de representar la IS es de gran ayuda, pues asumimos que el producto mundial sigue un proceso auto-regresivo de orden (1). Luego, usando (51a) obtenemos finalmente, la expresión de la IS dinámica que usamos para la estimación del modelo:

$$y_t = E_t y_{t+1} - \frac{1}{s_a} (i_t - E_t p_{H,t+1}) + a\Theta (r_{c^*} - 1) c_t^* - E_t \Delta g_{t+1} \quad 61$$

Anexo C: Comparación de las densidades posteriores y a priori

Los gráficos que se presentan a continuación son los resultados de las estimaciones realizadas utilizando técnicas bayesianas. La línea vertical representa la moda de la densidad posterior calculada numéricamente. La densidad posterior está representada por las líneas más oscuras, mientras que las densidades a priori están representadas por las líneas más claras.

La teoría estadística sugiere que no es recomendable que la densidad posterior sea demasiado diferente a la distribución a priori utilizado, pues esto reflejaría que el investigador tenía escasos conocimientos acerca de dicho parámetro. No obstante, la literatura tampoco recomienda que la densidad posterior sea muy parecida a la densidad a priori, ya que esto significaría que los datos no están aportando a la estimación, puesto que se está imponiendo la distribución a priori. Lo ideal es que los datos ayuden a mejorar las estimaciones obtenidas. En ese sentido, cabe señalar que si se cuentan con pocos datos, es probable que éstos, aporten poco.

En los gráficos obtenidos, se puede apreciar que para algunos parámetros, tales como x y q , los datos no han aportado información adicional a la proporcionada a través de la distribución a priori.

Por otro lado, para parámetros tales como los de la Regla de Taylor la moda de la distribución posterior está alejada de la moda de la distribución a priori, y además la varianza es menor, lo cual se refleja en que las líneas oscuras son más altas y estrechas. Para dichos parámetros, podemos afirmar que los datos han aportado información relevante, mejorando la densidad a priori.

Gráfico 7 Comparación entre distribuciones a priori y posteriores

