

DOCUMENTO DE TRABAJO

MODELO MACROECONÓMICO DE PROYECCIÓN PARA
PARAGUAY ESTIMADO POR MÉTODOS BAYESIANOS:
CONSTRUCCIÓN Y APLICACIONES¹

Preparado por:

Gustavo J. Biedermann

Víctor M. Ruíz Díaz

Willian A. Bejarano

Carlos J. Charotti

Mayo 2014

¹ Los autores agradecen por sus comentarios y sugerencias a Bernardo Rojas y Sebastian Diz del Departamento de Síntesis Macroeconómica e Investigación de la Sub-Gerencia General de Política Monetaria del Banco Central del Paraguay y a Angelo Fasolo y Leonardo Pérez del Banco Central del Brasil. Las opiniones en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete la posición institucional del Banco Central del Paraguay, ni la de sus autoridades.

Resumen

Este documento tiene como objetivo describir el proceso de construcción y las principales características y aplicaciones del modelo macroeconómico de proyección estimado por métodos bayesianos para la economía paraguaya, el cual está siendo utilizado por el Banco Central del Paraguay (BCP) en el proceso de decisión de su esquema de política monetaria de metas de inflación.

Este modelo de proyección estimado por métodos bayesianos viene a complementar a los modelos existentes y utilizados en el BCP para realizar simulaciones y proyecciones, como el Modelo de Consistencia Macroeconómica (MCM) y los modelos de series de tiempo de proyección de corto plazo.

La estructura del modelo es muy similar a los modelos utilizados actualmente en muchos bancos centrales, con la salvedad que el modelo tiene incluido características específicas relacionadas a la economía paraguaya

El modelo se emplea para entender el mecanismo de transmisión de los choques a través de la economía, asimismo se efectúa un análisis de política a través de simulaciones con la tasa de política, el cual permite identificar el mecanismo de transmisión de política monetaria. Por último se presenta la manera como se utiliza el modelo para hacer proyecciones de mediano plazo.

Palabras clave: Política monetaria, modelos macroeconómicos, metas de inflación, estimación bayesiana, proyecciones de variables macroeconómicas.

Clasificación JEL: C51, E17, E43.

I. Introducción

El objetivo de este documento es presentar el proceso de construcción y las principales características y aplicaciones del modelo macroeconómico de proyección estimado por métodos bayesianos para la economía paraguaya, el cual está siendo utilizado por el Banco Central del Paraguay (BCP) en el proceso de decisión bajo el esquema de política monetaria de metas de inflación.

A principios de 2011 las autoridades del BCP oficialmente decidieron iniciar la implementación institucional del esquema de metas de inflación para la gestión de la política monetaria, donde el ancla nominal pasó a ser la tasa de más corto plazo de los instrumentos de regulación monetaria. Este esquema monetario se caracteriza por organizar el proceso de toma de decisiones de política en un sistema de producción de pronósticos (Berg et al, 2006).

Por esta razón fue desarrollado un modelo macroeconómico trimestral para realizar proyecciones de mediano plazo, que sirvan de soporte para la autoridad monetaria en la toma de decisiones con respecto al nivel de la tasa de interés de política monetaria consistente con la obtención del objetivo de inflación. En concordancia con el régimen de política monetaria implementado por el BCP, el principal objetivo en el desarrollo del modelo fue incluir los factores claves que tienen influencia en la dinámica de los precios, así como los canales a través de los cuales el banco central afecta a la inflación ajustando la tasa de política.

Este modelo de proyección estimado por métodos bayesianos viene a complementar a los modelos existentes y utilizados en el BCP para realizar simulaciones y proyecciones, como el Modelo de Consistencia Macroeconómica (MCM)² y los modelos de series de tiempo de proyección de corto plazo³.

Al igual que Castillo, 2012 para Guatemala, Salas, 2011 para Perú, y Pongsaparn, 2008 para Tailandia, este modelo macroeconómico que se construyó para modelar la economía paraguaya, consiste en un modelo dinámico estocástico de equilibrio general, el cual está conformado por un conjunto de ecuaciones en forma reducida (no microfundadas), cuyos parámetros se estiman por medio de métodos bayesianos para el período 1997-2013.

² Rojas et al, 2011.

³ En la actualidad, la Sub-Gerencia General de Política Monetaria (SGGPM) a través de su Departamento de Síntesis Macroeconómica e Investigación (DSMI) ha desarrollado una variedad de modelos macroeconómicos capaces de efectuar eficientemente simulaciones de política y por sobre todo proyectar en el corto y mediano plazo la evolución de la inflación, y contrastándola con el nivel meta anunciado y por lo tanto darle de esta manera un seguimiento a la efectividad de su política.

La estructura del modelo es muy similar al de los utilizados actualmente en muchos bancos centrales, con la salvedad que tiene incluido características específicas relacionadas a la economía paraguaya. Asimismo, como los modelos de este tipo, se incorporan cinco ecuaciones principales para caracterizar a la economía paraguaya: la ecuación de demanda agregada o ecuación de la brecha del producto (Curva IS), la ecuación de oferta agregada o ecuación de la inflación (Curva de Phillips), la ecuación del tipo de cambio que en este caso no se modela con la condición de paridad descubierta de tasa de interés⁴, la ecuación de función de reacción de la política monetaria (Regla de Taylor) y la ecuación de la cuenta corriente. Por otro lado, el modelo está conformado también por un número importante de otras ecuaciones que describen la dinámica de variables económicas relevantes, tanto del sector externo como de la economía doméstica.

El documento se organiza de la siguiente manera: en la segunda sección se realiza una detallada descripción de la estructura y construcción del modelo. En la tercera sección se describe el método de estimación bayesiano utilizado para la obtención de los parámetros. La cuarta parte contiene las aplicaciones más importantes que se pueden realizar con el modelo, finalmente en la quinta sección, se exponen los resultados obtenidos y las conclusiones.

II. Estructura y construcción del modelo

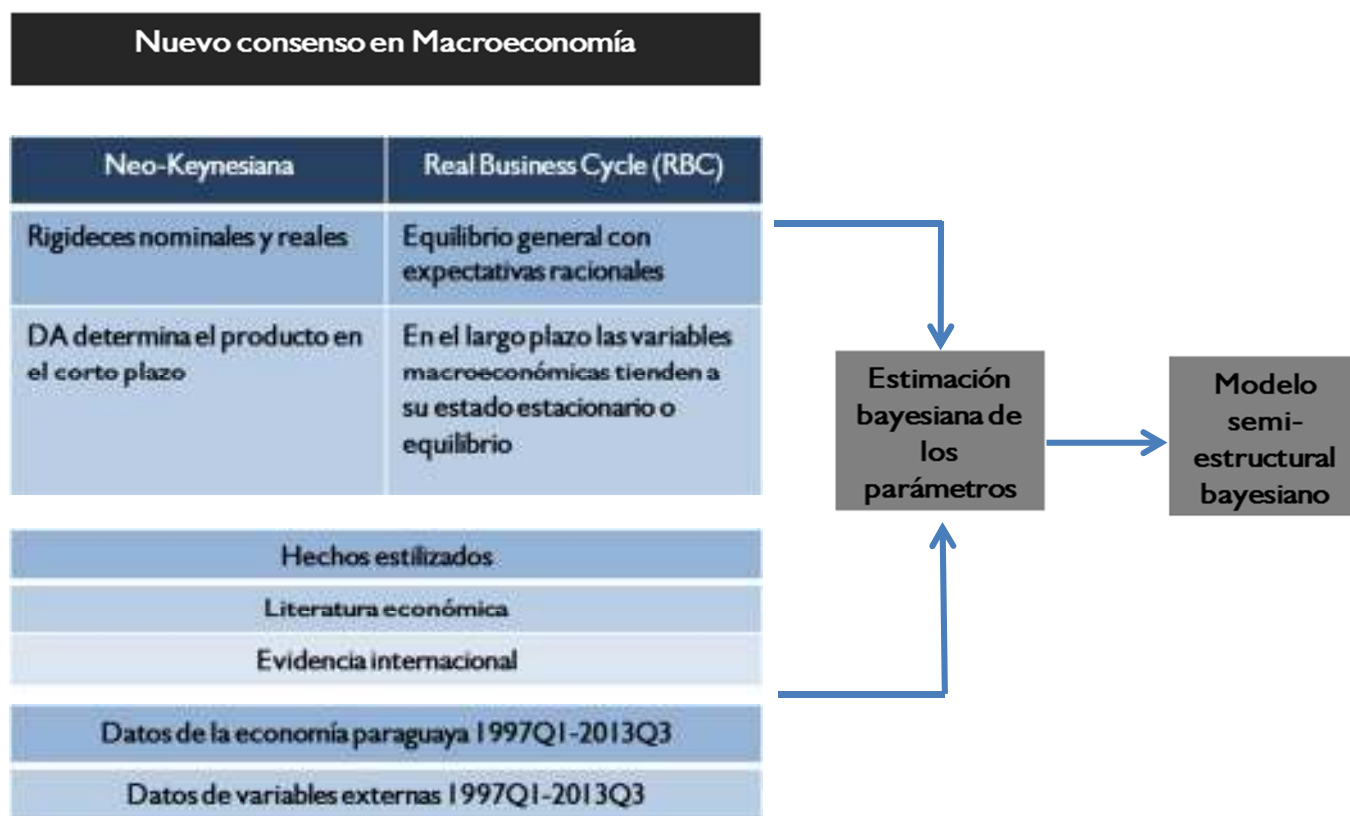
Un modelo de pequeño porte semi-estructural como el descrito en este documento postula la relación entre las principales variables macroeconómicas, su estructura se elabora tanto, desde un marco teórico así como de hechos estilizados provenientes de la evidencia empírica internacional. Por lo tanto, se dice que el modelo es semi-estructural porque cada ecuación en particular se remonta a sus fundamentos teóricos, al mismo tiempo que contiene hechos empíricos de la literatura sobre estos temas.

Al igual que el MCM, el modelo está fundamentado sobre el nuevo consenso en macroeconomía, es decir, la combinación entre la teoría Neo-keynesiana con fricciones de rigideces en los precios y los elementos de los ciclos reales de la economía de la modelación del equilibrio general con expectativas racionales, lo cual significa que en el corto plazo la política monetaria puede tener un efecto sobre las variables reales de la economía. Las ecuaciones están especificadas en brechas con respecto a sus valores de equilibrio de largo plazo e incorporan expectativas racionales y adaptativas en el proceso de la toma de decisiones de los agentes económicos. Asimismo, está basado en el mecanismo de transmisión de la política

⁴ La ecuación del tipo de cambio en el caso de este modelo no restringe la relación entre el diferencial de tasas de interés y la variación del tipo de cambio en una unidad como en el caso de la condición de paridad descubierta de tasa de interés (UIP por sus siglas en inglés).

monetaria, es decir, los canales a través del cuales la autoridad monetaria afecta la inflación por medio de los cambios en la tasa de interés de política.

Esquema de construcción del modelo



Se caracteriza a la economía paraguaya como una economía pequeña y abierta que depende del resto del mundo a través de una brecha del producto externa, de los precios externos, el tipo de cambio y una tasa de interés internacional.

Se cuenta con cinco ecuaciones principales para caracterizar a la economía: la ecuación de demanda agregada o ecuación de la brecha del producto (Curva IS), la ecuación de oferta agregada o ecuación de la inflación (Curva de Phillips), la ecuación del tipo de cambio que en este caso no se modela con la condición de paridad descubierta de tasa de interés, la ecuación de función de reacción de la política monetaria (Regla de Taylor) y la ecuación de la cuenta corriente. Asimismo, tiene tres ecuaciones con las que se modela el resto del mundo, las ecuaciones de demanda agregada, de oferta agregada y de función de reacción. El modelo permite tanto choques internos, como choques externos desde el resto del mundo hacia la economía paraguaya.

Al mismo tiempo, la inflación es desglosada en cuatro componentes del Índice de Precios al Consumidor (IPC).

- Precios de bienes libres (89,6%)⁵
- Precio del gasoil (2,5%)
- Precio del pasaje urbano (3,7%)
- Precio de otros bienes y servicios administrados (4,2%)

ECONOMIA PARAGUAYA

Ecuación de la brecha del producto

$$ygap_t = \beta_1 * ygap_{t-1} + \beta_2 * ygap_{t+1} - \beta_3 * (r_t - r^*) + \beta_4 * (z_t - z_{eq}) + \beta_5 * yfgap_t + \beta_6 * if_t + res_{ygap}$$

La ecuación de demanda agregada o curva IS relaciona la brecha del nivel real de actividad con las expectativas y el pasado de la actividad real de la economía, la brecha de la tasa de interés real, la brecha del tipo de cambio real y la brecha de demanda externa.

La base teórica de esta ecuación proviene de un modelo de equilibrio general, específicamente del problema de los hogares, en donde los agentes maximizan su bienestar sujeto a una restricción. Siguiendo esta base teórica, obtenemos la parte *forward looking* del modelo propuesto.

Uno de los supuestos incorporados es que parte de las expectativas de los agentes es adaptativa. Esto lo podríamos entender como que existe cierta persistencia o hábitos en el consumo de los agentes (*habits formations*), lo que explica la inclusión de rezagos de la brecha del producto en la curva IS.

Como la intención del modelo es explicar una pequeña economía “abierta” se incorpora el tipo de cambio real (TCR) con el fin de captar los cambios en la balanza comercial vía competitividad. Se incorpora también el papel de la política fiscal mediante la variación interanual del balance estructural o impulso fiscal, un aumento de esta variable señala una política fiscal expansiva. El término de error captura otros factores exógenos temporales o choques de demanda.

Ecuación de inflación doméstica (Curva de Phillips)

$$Dp_t = \delta_1 * D4p_{t+4} + \delta_3 * D4p_{t-1} + \delta_2 * ygap_{t-1} + (1 - \delta_1 - \delta_3) * (Dp_{f_t} + Ds_t) + res_{Dp}$$

La curva de Phillips depende de las expectativas y rezagos de la inflación, la brecha del producto y la brecha del TCR. La base teórica de esta ecuación proviene de un modelo de equilibrio general, específicamente del problema de las firmas. Su forma original se basa en el supuesto principal que los precios cambian a lo Calvo (1983). Como se mencionó, se modela una pequeña economía “abierta”, por lo tanto se incorpora el TCR el cual capta el efecto en la inflación del tipo de cambio nominal y la inflación externa. El término de error captura otros

⁵ Entre paréntesis la participación de cada componente en la canasta del IPC.

choques exógenos de oferta, no presentes en el modelo, como por ejemplo un choque de costos (precio del petróleo).

Ecuación del tipo de cambio real

$$z_t = \gamma_3 * z_{t+1} + (1 - \gamma_3) * z_{t-1} - \gamma_1 * \frac{r_t - rf_t - risk}{4} - \gamma_2 * ca_t + res_z$$

La ecuación del tipo de cambio en el modelo no representa la tradicional condición de paridad descubierta de tasas de interés como en otros modelos de este tipo. La ecuación del tipo de cambio no restringe la relación entre el diferencial de tasas de interés y la variación del tipo de cambio en una unidad. El diferencial de tasas de interés señala el diferencial en los retornos del capital, es decir, incorpora el impacto de los flujos de capital sobre el tipo de cambio. La posición de la cuenta corriente refleja los flujos corrientes y determina el tipo de cambio. Por otro lado, las expectativas sobre el tipo de cambio juegan un rol importante en la dirección de los movimientos del mismo.

Ecuación de la cuenta corriente de la Balanza de Pagos

$$ca_t = \eta_1 * (z_t - z_{t-1}) - \eta_2 * ygap_t + \eta_3 * yfgap_t + res_{ca}$$

La posición de la cuenta corriente es determinada por el flujo de ingresos y pagos corrientes, una proporción importante de esos flujos está relacionada al comercio, así el tipo de cambio el cual determina los precios relativos de bienes y servicios domésticos y externos, tiene un rol importante en la determinación de la cuenta corriente. La brecha del producto doméstica y la brecha del producto externa determinan la demanda por importaciones y exportaciones, respectivamente.

Ecuación reacción de política monetaria (Regla de Taylor)

$$\dot{i}_t = \alpha_1 * i_{t-1} + (1 - \alpha_1) * (r^* + Dp_{t+1} + \alpha_2 * (D4p_{t+4} - dpmeta) + \alpha_3 * ygap_t) + res_i$$

La ecuación de la regla de Taylor determina la regla de política monetaria a seguir, y está en función a los desvíos de la inflación con respecto a la meta del banco central y los desvíos del producto con respecto al potencial. Finalmente, la regla incorpora el hecho que el banco central tiende a suavizar los movimientos de tasas de interés.

RESTO DEL MUNDO

El resto del mundo es representado por una combinación ponderada de los principales países socios comerciales del Paraguay. La estructura de las ecuaciones es similar a la de la economía paraguaya.

Ecuación de la brecha del producto externa

$$yfgap_t = \beta_1^f * yfgap_{t-1} + \beta_2^f * yfgap_{t+1} - \beta_3^f * (rf_t - rf^*) + res_{yfgap}$$

Ecuación de inflación externa

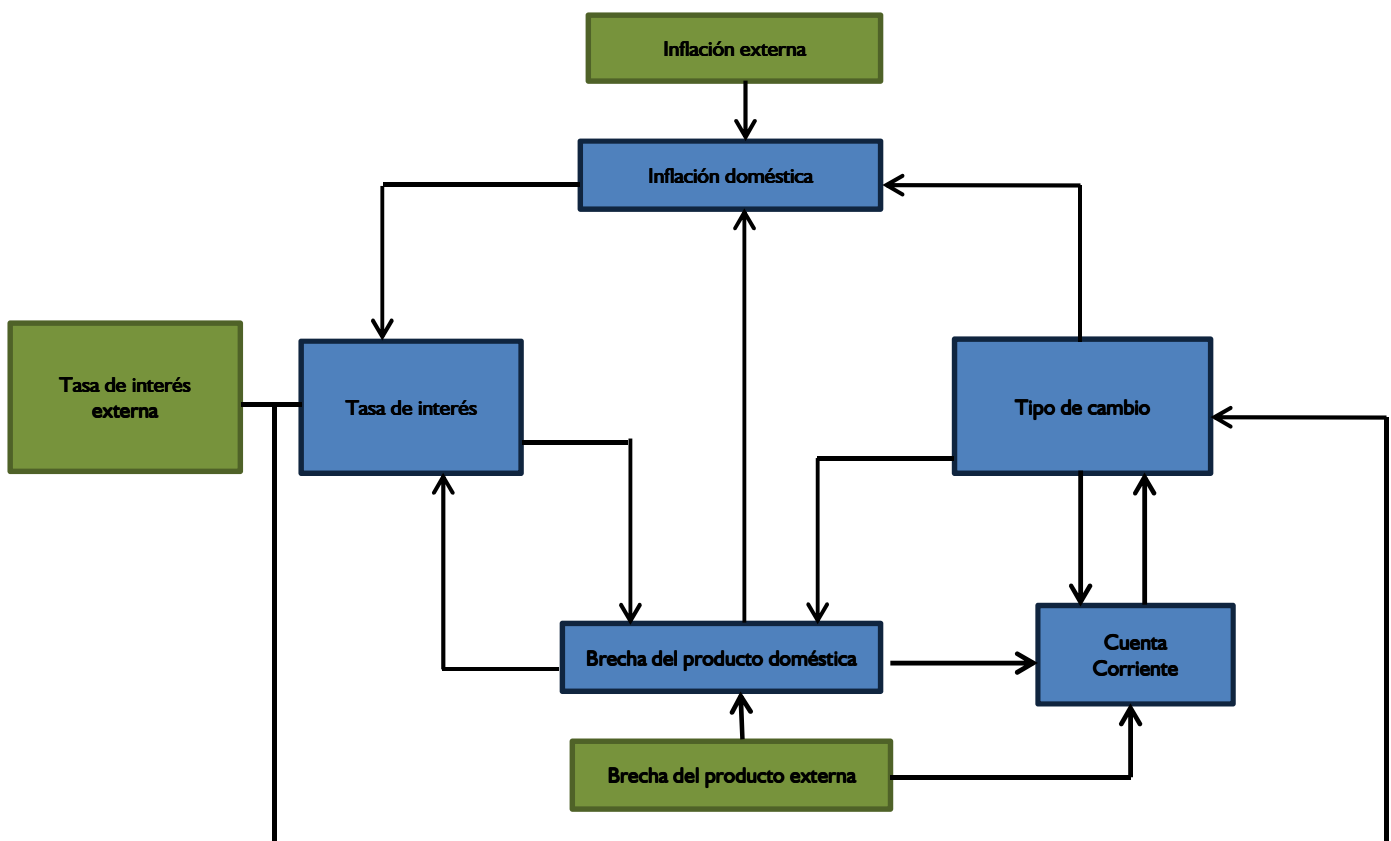
$$Dpf_t = \delta_1^f * D4pf_{t+4} + (1 - \delta_1^f) * D4pf_{t-1} + \delta_2^f * yfgap_t + res_{Dpf}$$

Ecuación de la tasa de interés externa

$$ix_t = \alpha_1^f * ix_{t-1} + (1 - \alpha_1^f) * (rf^* + Dpf_{t+1} + \alpha_2^f * (D4pf_{t+4} - dpmetaf) + \alpha_3^f * yfgap_t) + res_{ix}$$

El mecanismo completo de transmisión del modelo se sintetiza con la figura N° 1. La inflación es determinada por la brecha del producto, la inflación externa y el tipo de cambio, mientras la brecha del producto está en función de la tasa de interés real, el tipo de cambio y la brecha del producto externa. Tanto la inflación como el producto determinan la tasa de interés a través de la regla de política.

Figura N° I - Modelo Semi-Estructural



III. Datos y metodología de estimación bayesiana

3.1 Datos

La información que se utiliza para la estimación del modelo consiste en series trimestrales para el período comprendido entre el primer trimestre de 1997 y el tercer trimestre de 2013.

La fuente de información para las variables de la economía paraguaya es el BCP. La tasa de interés nominal de corto plazo equivale a la tasa de interés de política monetaria. La brecha del producto doméstica se calculó como la diferencia entre el Producto Interno Bruto (PIB) trimestral y su nivel tendencial obtenido aplicando el filtro de Hodrick-Prescott (HP). Por otro lado, la inflación interna y la inflación externa se derivan de sus respectivos índices de precios. Cabe indicar que el índice de precios de la inflación externa se construye por medio de la sumatoria ponderada de los índices de precios de los principales países socios comerciales de Paraguay, cuya ponderación equivale al volumen de comercio de Paraguay con cada uno de estos países.

La serie del tipo de cambio real corresponde a la variación trimestral anualizada del índice del tipo de cambio real bilateral Guaraní-Dólar americano, el cual sigue la metodología donde un incremento en el índice de tipo de cambio real significa una depreciación cambiaria real.

La fuente de información para el resto de las variables exógenas se obtuvo de las Estadísticas Financieras Internacionales del Fondo Monetario Internacional.

3.2 Estimación bayesiana de los parámetros

Al igual que Castillo, 2012 para Guatemala, Salas, 2011 para Perú, y Pongsaparn, 2008 para Tailandia, los parámetros del modelo se estimaron por medio de métodos bayesianos. Las estimaciones se efectuaron en Dynare⁶, un paquete de software que fue construido específicamente para resolver modelos del tipo DSGE.

El método bayesiano es un puente entre la calibración y el método de máxima verosimilitud con especificación de priors y confrontando el modelo con los datos⁷. Esta metodología permite la estimación del conjunto completo de parámetros del modelo, en vez del proceso habitual de calibración de modelos o de estimación econométrica de las ecuaciones de los mismos, los cuales se basan en la estimación individual de cada parámetro. En la estimación bayesiana es posible establecer una distribución de densidad a priori, o distribución a priori, para cada parámetro del modelo (priors), la cual permite introducir ciertas características estadísticas esperadas de los mismos, tales como su media y desviación estándar, lo que restringe el valor modal del parámetro que se obtiene de la estimación de la distribución de probabilidad posterior o distribución posterior (posteriors). En este sentido, el valor estimado de cada parámetro se restringe alrededor de un conjunto de valores permisibles de conformidad con la teoría o la intuición económica. Este proceso de estimación puede también aplicarse a la estimación de los coeficientes autorregresivos de los choques, lo cual contribuye a reducir posibles problemas de especificación en los modelos estimados. Por último, la estimación bayesiana permite la comparación entre modelos en base a sus respectivas distribuciones posteriores estimadas, lo cual es importante para identificar el modelo con la estructura matemática más adecuada para efectos de análisis y pronósticos⁸.

La distribución probabilística posterior para cada parámetro se deriva por medio de la combinación entre la distribución a priori del parámetro y la función de máxima verosimilitud del modelo, la cual se calcula resolviendo el modelo y empleando posteriormente el Filtro de

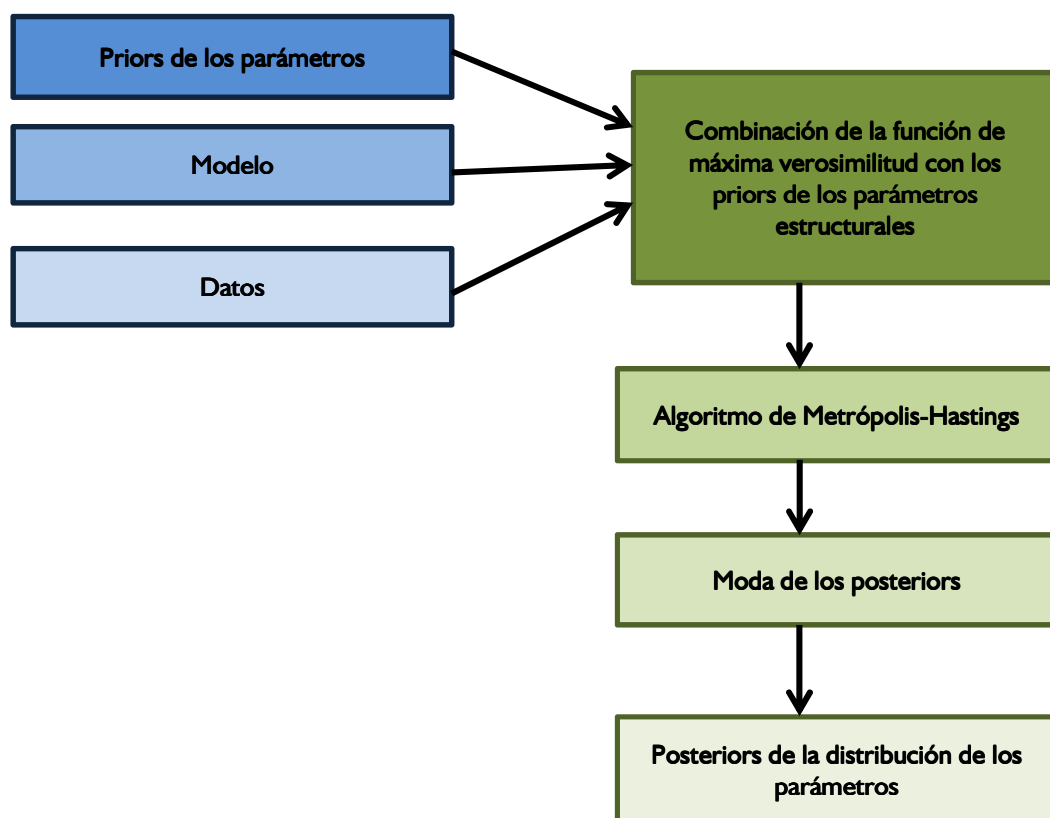
⁶ Dynare es un software basado en Matlab proveído en forma gratuita en www.cepremap.cnrs.fr/dynare.

⁷ Pongsaparn (2008).

⁸ Castillo (2012).

Kalman. Seguidamente se emplea el algoritmo de Metrópolis-Hastings para generar observaciones aleatorias de la distribución posterior con el objeto de obtener valores aproximados de los momentos de dicha distribución⁹.

Proceso de la estimación bayesiana de los parámetros del modelo



3.3 Resultados de la estimación bayesiana

Los parámetros del modelo fueron estimados por técnicas bayesianas utilizando datos de series trimestrales para el período comprendido entre el primer trimestre de 1997 y el tercer trimestre de 2013. Las distribuciones a priori (priors) fueron obtenidos, en algunos casos, de los valores utilizados en la definición de los parámetros del MCM, otros de la evidencia empírica sobre la economía paraguaya y en otros casos las medias a priori reflejan la apreciación de los autores del presente trabajo, especialmente sobre aquellos parámetros para los cuales aún se requiere mayor investigación para reunir evidencia empírica significativa. Finalmente otros parámetros fueron obtenidos de la evidencia internacional.¹⁰

⁹ Las estimaciones a posteriori se obtuvieron con el algoritmo de Metropolis-Hastings en el que se afinó la varianza para obtener una tasa de aceptación de 20 a 30 por ciento, los resultados se derivan de 100.000 replicaciones de la distribución a posteriori.

¹⁰ Berg et al. (2006).

El modelo en su conjunto contiene 30 parámetros, de los cuales se estiman un total de 27, la distribución a priori (priors) y la media a posteriori de estos parámetros son presentados en la Tabla N° 1.

Tabla N° 1 - Estimación bayesiana de los parámetros del modelo

Parámetro	Distribución	Media a priori	Desviación estándar a posteriori	Moda a posteriori	Inter. de confianza 95% de probabilidad a posteriori
beta_1	beta	0.70	0.20	0.21	0.06 – 0.35
beta_2	beta	0.30	0.20	0.13	0.01 – 0.27
beta_3	gamma	0.70	0.20	0.25	0.14 – 0.35
beta_4	gamma	0.12	0.10	0.01	0.00 – 0.03
beta_5	gamma	0.12	0.10	0.15	0.01 – 0.26
beta_6	gamma	0.20	0.20	0.003	0.00 – 0.007
delta_1	beta	0.50	0.10	0.67	0.67 – 0.67
delta_2	gamma	0.50	0.20	0.24	0.10 – 0.37
delta_3	beta	0.50	0.10	0.33	0.33 – 0.33
alpha_1	beta	0.70	0.20	0.75	0.64 – 0.87
alpha_2	gamma	1.00	0.40	1.07	0.47 – 1.65
alpha_3	gamma	2.00	0.50	2.01	1.21 – 2.79
gamma_1	gamma	1.00	0.50	0.25	0.07 – 0.42
gamma_2	gamma	1.00	0.50	0.29	0.11 – 0.46
gamma_3	beta	0.50	0.20	0.15	0.04 – 0.26
eta_1	gamma	0.50	0.20	0.05	0.02 – 0.07
eta_2	gamma	0.90	0.50	0.05	0.02 – 0.09
eta_3	gamma	1.30	0.50	1.03	0.99 – 1.08
rho_ygap	beta	0.50	0.10	0.54	0.39 – 0.68
rho_dp	beta	0.50	0.10	0.25	0.15 – 0.34
rho_z	beta	0.50	0.10	0.47	0.34 – 0.59
rho_ca	beta	0.50	0.10	0.50	0.35 – 0.65
rho_i	beta	0.50	0.10	0.47	0.33 – 0.59
rho_if	beta	0.50	0.10	0.48	0.32 – 0.64
rho_yfgap	beta	0.50	0.10	0.58	0.46 – 0.69
rho_dpf	beta	0.50	0.10	0.15	0.09 – 0.20
rho_ix	beta	0.50	0.10	0.61	0.50 – 0.72

La estimación realizada muestra resultados bastante interesantes. En primer lugar, el efecto traspaso del tipo de cambio nominal a la inflación es nulo, los valores de δ_1 y δ_3 suman la unidad, estos resultados son también consistentes con trabajos previos de investigación en el BCP, los cuales muestran que el grado del efecto traspaso del tipo de cambio nominal a la inflación ha ido reduciéndose en los últimos años.

Otro resultado llamativo de la estimación es el muy bajo impacto del tipo de cambio real sobre la actividad económica. El coeficiente estimado del efecto del tipo de cambio real en la ecuación de la brecha del producto (curva IS), β_4 está cercano a cero, entre 0 y 0,026, con 95% de confianza. El modelo asume que una depreciación real tiene un efecto expansivo en la actividad económica, sin embargo, el coeficiente estimado muestra que esta relación entre los desalineamientos del tipo de cambio real y un crecimiento de la actividad real puede ser baja e inclusive cercana a cero.

Por otra parte, en la ecuación de inflación o curva de Phillips se obtuvo un valor alto para el coeficiente de la expectativa de inflación (*forward-looking*), y mucho más elevado que la respuesta de la inflación a un aumento de la brecha del producto. Choques a la inflación (medido por el parámetro ρ_{dp}), como los provenientes de precios de productos volátiles, alimentos, precio del petróleo muestran un grado de persistencia moderado a bajo, que luego se trasladan a la inflación.

Es importante mencionar que los valores de estado estacionario de las variables más relevantes del modelo no son sujeto de estimación, sino que son predeterminados, de conformidad con sus valores meta (como es el caso de la meta de inflación) o respecto de su valor histórico medio.

IV. Aplicaciones del modelo

En esta sección se muestran algunas aplicaciones realizadas con el modelo. Por ejemplo, se emplea el mismo para entender el mecanismo de transmisión de los choques a través de la economía¹¹. Por otro lado, se efectúa un análisis de política a través de simulaciones con la tasa de política el cual permite identificar el mecanismo de transmisión de política monetaria. Por último se presenta la manera como se utiliza el modelo para hacer proyecciones de mediano plazo.

4.1 Propagación de choques

Una de las funciones de este tipo de modelos es facilitar la comprensión del funcionamiento de la economía. En esta sección se examina como los choques en la inflación y en el producto afectan al resto de la economía¹².

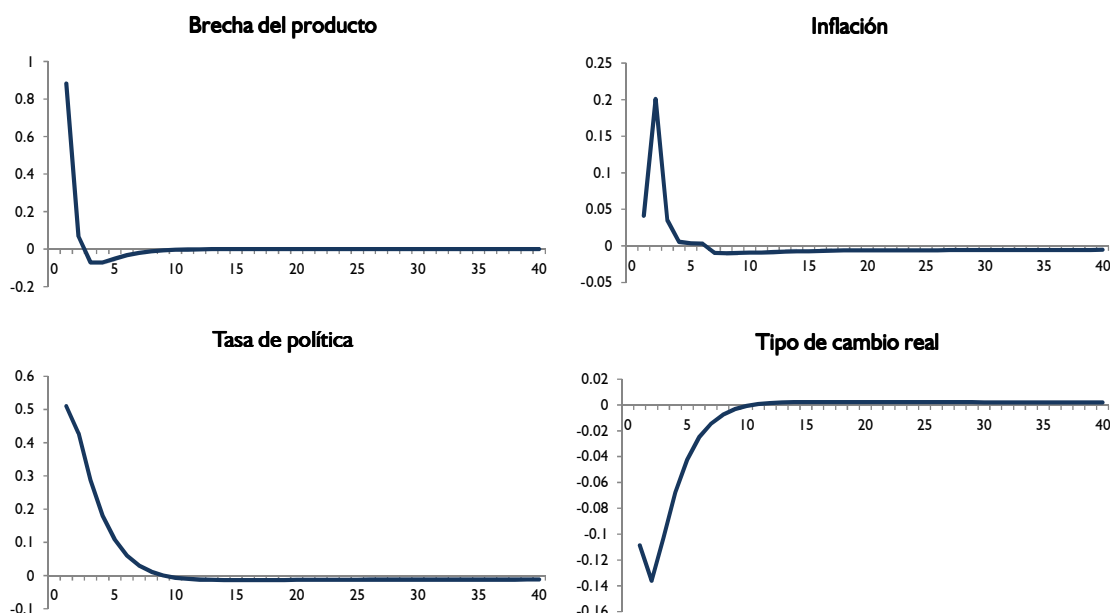
4.1.1 Choque en la brecha del producto (Demanda agregada)

¹¹ El código fue implementado en IRIS 8, ejecutado en Matlab y desarrollado por Jaromir Benes. Las bases de datos se actualizan en Microsoft Excel. Todas las variables con estacionalidad han sido desestacionalizadas en Matlab por el método X12-ARIMA y aquellas de frecuencia mensual han sido trimestralizadas.

¹² El tipo de Choque que se analiza es referente al estado estacionario de las variables.

Un choque positivo a la ecuación de la brecha del producto (Curva IS) puede ser interpretada como un choque de demanda, el cual incrementa el producto por encima de su potencial. Un ejemplo de un choque de demanda puede ser interpretado como un incremento en los términos de intercambio.

Gráfico N° 1



El choque de demanda ocasiona una presión inflacionaria al incrementar la inflación, como resultado de estos incrementos, a través de la ecuación de la función de reacción, la tasa de interés de política monetaria aumenta.

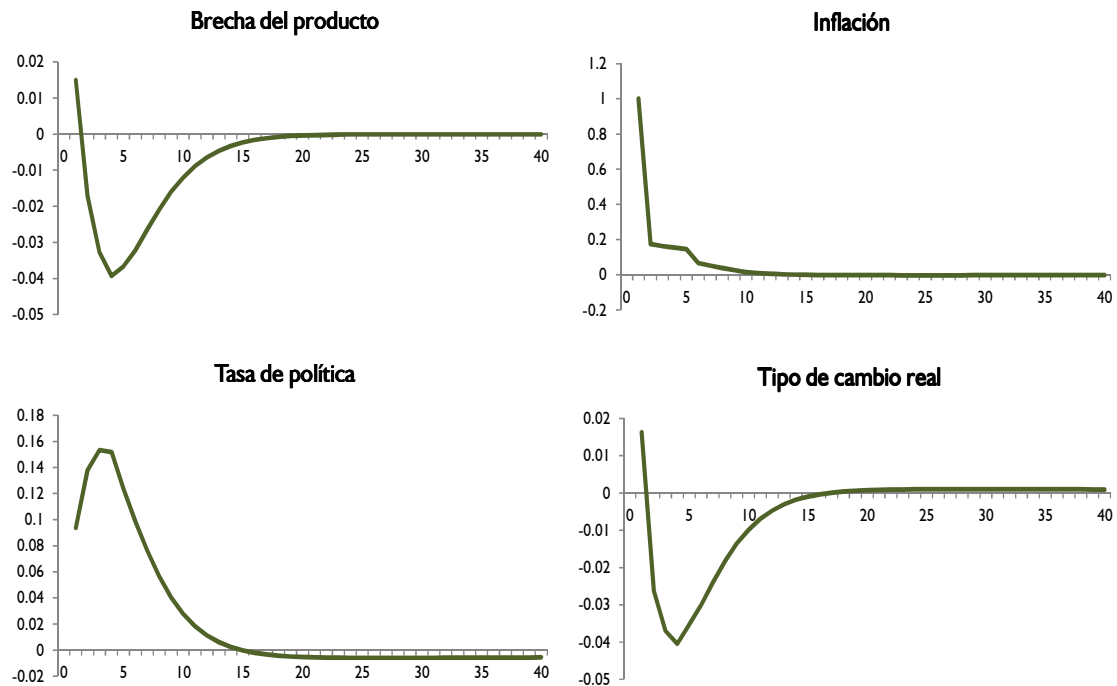
Como consecuencia del incremento de la tasa de interés, el tipo de cambio real se aprecia. El aumento de la tasa de interés y la apreciación real amortiguan el efecto que produce el choque de demanda sobre la inflación y el producto. Finalmente todo el sistema se ajusta para converger al estado estacionario.

4.1.2 Choque en la inflación (Oferta agregada)

Un choque positivo en la ecuación de inflación (Curva Phillips) puede ser interpretada como choque exógeno a la inflación, por ejemplo, un choque del precio del petróleo (choque de costos).

Como se observa en el gráfico N° 2 un choque positivo en la inflación conduce naturalmente a un incremento de la inflación, asimismo, este incremento ocasiona un aumento en la tasa de política monetaria así como un apreciación del tipo de cambio real. Por lo tanto, una tasa de interés más alta y una apreciación real conducen a una disminución de la demanda agregada (brecha del producto).

Gráfico N° 2



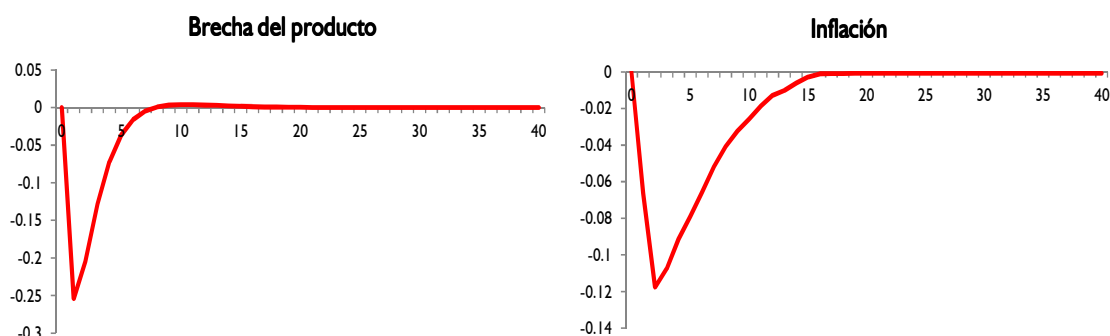
4.2 Análisis de política

Para analizar el impacto de la política monetaria de acuerdo al modelo, se ha realizado un ejercicio de impulso y respuesta incrementando la tasa de política en 1%. Dentro del contexto de mecanismo de transmisión de tasa de interés, el incremento en la tasa de política afecta las decisiones de los agentes económicos sobre consumo e inversión. Esto conduce a una disminución en el producto por debajo de su nivel tendencial de largo plazo y, por consiguiente, en la brecha del producto, a causa de esto, la tasa de inflación se desacelera.

La disminución de la inflación alcanza un máximo a los dos trimestres (0,12%), tras el cambio en la tasa y el efecto final se disipa después de 15 trimestres.

En cuanto al impacto sobre la trayectoria de la brecha del producto, el máximo efecto se produce al cabo de un trimestre. La respuesta, según el modelo, es de una caída máxima de 0.5%, pero el efecto final desaparece al sexto trimestre, aproximadamente. Cabe recordar que el modelo impone que el producto debe converger a su nivel potencial reflejando la neutralidad de la política monetaria en el largo plazo. La brecha positiva que se observa entre los trimestres 7 y 20, tras el cambio de la tasa de política, responde a esta situación.

Gráfico N° 3



4.3 Proyecciones

Una de las aplicaciones más útiles de este tipo de modelos es realizar pronósticos de las principales variables de la economía. En el contexto actual de política monetaria llevada a cabo por el BCP, el modelo presentado en este documento constituye una herramienta central en el proceso de desarrollo de proyecciones de mediano plazo para la toma de decisiones. Uno de los resultados más importante de ese proceso es la proyección de la senda de la tasa de interés de política monetaria que debería seguir el banco central para mantener la inflación cercana a la meta en el horizonte de política. La senda proyectada de la tasa de interés de política es un punto de partida utilizada por el *Board* para la decisión acerca del nivel que debe tener la tasa de interés.

Así también, en el proceso de desarrollo de proyecciones existen otros aspectos claves: el juicio crítico del equipo técnico y los supuestos que se tienen sobre ciertas variables que no están modeladas explícitamente. Supuestos, como por ejemplo, sobre el gasto del gobierno, el precio internacional del petróleo, precios de productos agrícolas, salario mínimo, etc. no aparecen en el modelo de forma explícita, y los mismos pueden influir significativamente en el resultado de las proyecciones, por lo tanto se debe encontrar la manera de incorporar los dentro del modelo.

En la primera etapa del ejercicio de proyección se incorporan los supuestos en el modelo. Los mismos pueden ser incorporados directamente como variables exógenas o bien como choques exógenos a través de los términos de error de las diferentes ecuaciones. Una manera de incorporar los supuestos a través del término de error de una ecuación se puede observar en el siguiente cuadro.

Tabla N° 2 – Supuestos para proyecciones

Supuesto	Variable/choque
Choque temporal de demanda	res_ygap
Precio del petróleo, salario mínimo	res_Dp
Crecimiento del producto de socios comerciales	yfgap
Inflación de socios comerciales	Dpf

Una vez incorporados los supuestos al modelo, en una segunda etapa se incorporan los datos históricos de las variables del modelo. Para el escenario base proyectado se puede asumir una senda constante (exógena) de las tasa de interés de política, por otra parte, escenarios alternativos pueden incluir una senda de tasas con incrementos graduales.

En el cuadro N° 3 se presenta los resultados del ejercicio de proyección, el escenario base proyectado considera una senda constante durante todo el horizonte de política monetaria para la tasa de interés. Asimismo, en la tabla N° 4 se presenta a modo de ejemplo la salida de las proyecciones con un escenario alternativo (política monetaria más expansiva).

Tabla N° 3 – Resultados de las proyecciones para el escenario base

ESCENARIO BASE DE PROYECCIÓN										
	2014	Proyecciones								
		2014				2015				2016
<i>Horizonte de proyección</i>	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2
<i>Política Monetaria</i>										
Inflación (var. % interanual)	5.0	6.4	6.2	5.5	5.7	5.4	5.1	5.0	4.9	4.9
Target (%)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Tasa de política monetaria (%)	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75
Tasa de interés real (%)	5.3	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1
Tipo de cambio nominal (G. por USD)	4523	4566	4601	4627	4645	4664	4681	4696	4711	4726
<i>Crecimiento PIB</i>										
PIB (var. % interanual)	4.5	4.4	4.1	5.0	4.0	4.4	4.5	4.5	4.4	4.4
PIB potencial (var. % interanual)	4.7	4.4	4.3	4.2	4.3	4.4	4.4	4.5	4.5	4.5
Brecha del producto (%)	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
<i>Condiciones Monetarias Reales</i>										
Brecha de la tasa de interés real	3.2	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
Depreciación real	-3.2	-0.6	-1.4	-1.8	-2.1	-2.2	-2.2	-2.2	-2.2	-2.1
<i>Sector externo</i>										
Brecha del producto (%)	-1.0	-0.1	0.4	0.6	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8
Tasa de interés (%)	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8
Inflación (var. % interanual)	1.1	0.8	0.8	0.9	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4

Tabla N° 4 – Resultados de las proyecciones para el escenario alternativo

ESCENARIO DISMINUCIÓN TASA DE INTERÉS 25pb DURANTE 3 TRIMESTRES

<i>Horizonte de proyección</i>	Proyecciones										
	2014	2014				2015				2016	
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	
<i>Política Monetaria</i>											
Inflación (var. % interanual)	5.0	6.6	6.5	6.0	6.4	6.1	5.9	5.8	5.7	5.6	
Target (%)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
Tasa de política monetaria (%)	6.75	6.50	6.25	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	
Tasa de interés real (%)	5.3	0.7	0.5	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	
Tipo de cambio nominal (G. por USD)	4523	4578	4628	4671	4706	4743	4777	4809	4838	4867	
<i>Crecimiento PIB</i>											
PIB (var. % interanual)	4.5	4.7	4.7	5.6	4.6	4.6	4.5	4.4	4.3	4.3	
PIB potencial (var. % interanual)	4.7	4.4	4.3	4.2	4.3	4.4	4.4	4.5	4.5	4.5	
Brecha del producto (%)	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	
<i>Condiciones Monetarias Reales</i>											
Brecha de la tasa de interés real	3.2	-1.3	-1.5	-1.6	-1.5	-1.4	-1.3	-1.2	-1.1	-1.0	
Brecha del tipo de cambio real	-3.2	-0.1	-0.8	-1.2	-1.5	-1.6	-1.7	-1.7	-1.7	-1.7	
<i>Sector externo</i>											
Brecha del producto (%)	-1.0	-0.1	0.4	0.6	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8	
Tasa de interés (%)	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	
Inflación (var. % interanual)	1.1	0.8	0.8	0.9	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	

V. Conclusiones

El modelo macroeconómico estimado por métodos bayesianos para la economía paraguaya fue desarrollado para realizar proyecciones de mediano plazo que puedan servir de soporte para la autoridad monetaria en la toma de decisiones de política monetaria. En concordancia con el régimen de política monetaria implementado por el BCP, el principal objetivo en el desarrollo del modelo fue incluir los factores claves que tienen influencia en la dinámica de los precios, así como los canales a través de los cuales el banco central afecta a la inflación ajustando la tasa de política.

El modelo está fundamentado sobre el nuevo consenso en macroeconomía, es decir, la combinación entre la teoría Neo-keynesiana con fricciones de rigideces en los precios y los elementos de los ciclos reales de la economía de la modelación del equilibrio general con expectativas racionales. Las ecuaciones están especificadas en brechas con respecto a sus valores de equilibrio de largo plazo e incorporan expectativas racionales y adaptativas en el proceso de la toma de decisiones de los agentes económicos, y por sobre todo, la principal ventaja de este tipo de modelos está en su simplicidad, manejabilidad y versatilidad.

Los principales parámetros del modelo fueron estimados por métodos bayesianos, metodología que permitió estimar el conjunto completo de parámetros, en vez del proceso usual de calibración de modelos o de estimación econométrica de los parámetros de las ecuaciones del modelo.

Finalmente se expusieron las aplicaciones más importantes que se pueden realizar con el modelo, en primer lugar fue empleado para entender el mecanismo de transmisión de los choques a través de la economía, asimismo, se efectuó un análisis de política a través de simulaciones con la tasa de interés, que permitió identificar el mecanismo de transmisión de la política monetaria. Por último, se presentó la manera como se lo utiliza para hacer proyecciones de mediano plazo.

VI. Bibliografía

- Benes J. (2011). "IRIS toolbox reference manual version 8.20110511 para Matlab".
- Benes J. y Fukac, M. (2008). "A cook-book of IRIS. For beginners". DSGE modelling course. Reserve Bank of New Zealand.
- Benes, J., Castello, M. y Vavra, D. (2007). "A simple DGE model for inflation targeting". IMF Working Paper N° 07/197.
- Berg, A., Karam, P. y Laxton, D. (2006a). "A practical model based approach to monetary policy analysis. Overview". IMF Working Paper No. 06/80.
- Berg, A., Karam, P. y Laxton, D. (2006b). "A practical model based approach to monetary policy analysis. A how to guide". IMF Working Paper No. 06/81.
- Castillo, C. (2012). "Un modelo macroeconómico para Guatemala estimado por métodos bayesianos". Working Papers N° 124. Banco de Guatemala.
- Collard, F., Juilliard, M. y Villemot, S. (2009). "Stochastic simulations with DYNARE. A practical guide". CEPREMAP.
- Dukic M., Momcilovic, J. y Trajcev, L. (2011). "Structure and use of the medium-term projection model in the National Bank of Serbia". Economic Annals, Volume LVI, N° 188. National Bank of Serbia.
- Fernandez-Villaverde, J., y Rubio-Ramirez, J. (2004). "Comparing dynamic equilibrium models to data: A Bayesian approach". Journal of Econometrics, 123(1), 153-187.
- Mancini, T. (2013). "An introduction to the solution and estimation of DSGE models". DYNARE user guide.
- Pongsaparn R. (2008). "A small semi-structural model for Thailand: Construction and applications". Bank of Thailand.
- Rabanal, P. y Rubio-Ramirez, J. (2005). "Comparing New Keynesian models of the business cycle: A Bayesian approach". Journal of Monetary Economics, 52(6), 1151-1166.
- Rojas, B., Biedermann, G. Ruíz Díaz, V. y Barrail, Z. (2011). "Modelo de consistencia macroeconómica de la economía paraguaya". Sub-Gerencia General de Política Monetaria. Banco Central del Paraguay.
- Salas, J. (2011). "Estimación bayesiana de un modelo de pequeña economía abierta con dolarización parcial". Banco Central de Reserva del Perú.
- Smets, F., y Wouters, R. (2003). "An estimated dynamic stochastic general equilibrium model of the Euro Area". Journal of the European Economic Association, 1(5), 1123-1175.

VII. Anexo

7.1 Variables del modelo.

y	Producto interno bruto real
y _{eq}	Producto potencial
y _{gap}	Brecha del producto
p	Índice de precios al consumidor de bienes libres
D _p	Inflación trimestral anualizada bienes libres
D _{4p}	Inflación interanual bienes libres
d _{meta}	Inflación meta
pt	Índice de precios al consumidor
D _{pt}	Inflación trimestral anualizada
D _{4pt}	Inflación interanual
D _{pad}	Inflación trimestral anualizada bienes y servicios administrados
D _{pgas}	Inflación trimestral anualizada gasoil
D _{ppas}	Inflación trimestral anualizada pasaje urbano
D _{poad}	Inflación trimestral anualizada otros bienes y servicios administrados
D _{4pad}	Inflación interanual bienes y servicios administrados
D _{4pgas}	Inflación interanual gasoil
D _{4ppas}	Inflación interanual pasaje urbano
D _{4poad}	Inflación interanual otros bienes y servicios administrados
ca	Ratio cuenta corriente de la Balanza de Pagos sobre PIB nominal (en %)
i	Tasa nominal de interés de política monetaria
r	Tasa de interés real
r _{gap}	Brecha de la tasa de interés real
s	Tipo de cambio nominal, guaraníes por USD
z	Tipo de cambio real
z _{eq}	Tipo de cambio real de equilibrio
z _{gap}	Brecha del tipo de cambio real
D _s	Variación trimestral anualizada del tipo de cambio nominal
D _z	Variación trimestral anualizada del tipo de cambio nominal
i _x	Tasa nominal de interés externa
r _f	Tasa de interés real externa
y _f	Producto interno bruto real externo
y _f gap	Brecha del producto externa
p _f	Índice de precios externo
D _{p_f}	Inflación trimestral anualizada externa
D _{4p_f}	Inflación interanual externa
if	Impulso fiscal (Variación interanual del déficit fiscal estructural)

7.2 Ecuaciones del modelo.

7.2.1 Economía doméstica

Ecuación de la brecha del producto

$$ygap_t = \beta_1 * ygap_{t-1} + \beta_2 * ygap_{t+1} - \beta_3 * (r_t - r^*) + \beta_4 * (z_t - z_{eq}) + \beta_5 * yfgap_t + \beta_6 * if_t + res_{ygap}$$

Ecuación de inflación bienes libres (Curva de Phillips)

$$Dp_t = \delta_1 * D4p_{t+4} + \delta_3 * D4p_{t-1} + \delta_2 * ygap_{t-1} + (1 - \delta_1 - \delta_3) * (Dp_{f_t} + Ds_t) + res_{Dp}$$

Ecuación del tipo de cambio real

$$z_t = \gamma_3 * z_{t+1} + (1 - \gamma_3) * z_{t-1} - \gamma_1 * \frac{r_t - rf_t - risk}{4} - \gamma_2 * ca_t + res_z$$

Ecuación de la cuenta corriente de la Balanza de Pagos

$$ca_t = \eta_1 * (z_t - z_{t-1}) - \eta_2 * ygap_t + \eta_3 * yfgap_t + res_{ca}$$

Ecuación reacción de política monetaria (Regla de Taylor)

$$i_t = \alpha_1 * i_{t-1} + (1 - \alpha_1) * (r^* + Dpt_{t+1} + \alpha_2 * (D4pt_{t+4} - dpmeta) + \alpha_3 * ygap_t) + res_i$$

Ecuación del impulso fiscal

$$if_t = \rho_1 * if_{t-1} + res_{if}$$

7.2.2 Resto del mundo

Ecuación de la brecha del producto externa

$$yfgap_t = \beta_1^f * yfgap_{t-1} + \beta_2^f * yfgap_{t+1} - \beta_3^f * (rf_t - rf^*) + res_{yfgap}$$

Ecuación de inflación externa

$$Dp_{f_t} = \delta_1^f * D4p_{f_{t+4}} + (1 - \delta_1^f) * D4p_{f_{t-1}} + \delta_2^f * yfgap_t + res_{Dp_{f_t}}$$

Ecuación de la tasa de interés externa

$$ix_t = \alpha_1^f * ix_{t-1} + (1 - \alpha_1^f) * (rf^* + Dp_{f_{t+1}} + \alpha_2^f * (D4p_{f_{t+4}} - dpmetaf) + \alpha_3^f * yfgap_t) + res_{ix}$$

7.2.3 Identidades

Inflación trimestral anualizada

$$Dpt_t = w * Dp_t + (1 - w) * Dpad_t$$

Inflación trimestral anualizada de bienes y servicios administrados

$$Dpad_t = \phi * Dpad_{t-1} + (1 - \phi) * Dpad_{ss} + res_{Dpad}$$

Inflación interanual

$$D4pt_t = (Dpt_t + Dpt_{t-1} + Dpt_{t-2} + Dpt_{t-3})/4$$

Inflación interanual de bienes y servicios administrados

$$D4pad_t = (Dpad_t + Dpad_{t-1} + Dpad_{t-2} + Dpad_{t-3})/4$$

Tipo de cambio nominal

$$Ds_t = 4 * ((z_t - z_{t-1}) - \frac{Dpf_t}{4} + \frac{Df_t}{4})$$

Inflación interanual de bienes libres

$$D4p_t = (Dp_t + Dp_{t-1} + Dp_{t-2} + Dp_{t-3})/4$$

Inflación interanual del resto del mundo

$$D4pf_t = (Dpf_t + Dpf_{t-1} + Dpf_{t-2} + Dpf_{t-3})/4$$

Tasa de interés real de la economía paraguaya

$$r_t = i_t - Dp_{t+4}$$

Tasa de interés real del resto del mundo

$$rf_t = ix_t - Dpf_{t+4}$$

7.3 Parámetros del modelo.

Parámetro	Definición
beta_1	Persistencia de la brecha del producto doméstica en la curva IS
beta_2	Importancia de las expectativas de demanda en la curva IS
beta_3	Importancia de la brecha de tasa de interés real en la curva IS
beta_4	Importancia de la brecha del tipo de cambio real en la curva IS
beta_5	Importancia de la brecha del producto externa en la curva IS
beta_6	Importancia de la política fiscal en la curva IS
delta_1	Importancia de las expectativas de inflación en la inflación de bienes libres
delta_2	Importancia de los factores de demanda en la inflación de bienes libres
delta_3	Persistencia de la inflación en la inflación de bienes libres
alpha_1	Preferencia del banco central por ajustes graduales de la tasa de interés de política monetaria
alpha_2	Reacción del banco central ante desvíos de la inflación respecto de su meta
alpha_3	Reacción del banco central ante la brecha del producto
gamma_1	Importancia del diferencial de tasas de interés en la ecuación del tipo de cambio real
gamma_2	Importancia de la cuenta corriente en la ecuación del tipo de cambio real
gamma_3	Importancia de las expectativas de apreciación/depreciación en la ecuación del tipo de cambio real
eta_1	Importancia del tipo de cambio real en la ecuación de la cuenta corriente
eta_2	Importancia de la brecha del producto doméstica en la ecuación de la cuenta corriente
eta_3	Importancia de la brecha del producto externa en la ecuación de la cuenta corriente
betaf_1	Persistencia de la brecha del producto externa
betaf_2	Importancia de las expectativas de demanda externa en la curva IS externa
betaf_3	Importancia de la brecha de tasa de interés real externa en la curva IS externa
deltaf_1	Importancia de las expectativas de inflación en la inflación externa
deltaf_2	Importancia de los factores de demanda en la inflación externa
alphaf_1	Persistencia de la tasa de interés externa
alphaf_2	Reacción ante desvíos de la inflación externa respecto de su meta
alphaf_3	Reacción ante la brecha del producto externa

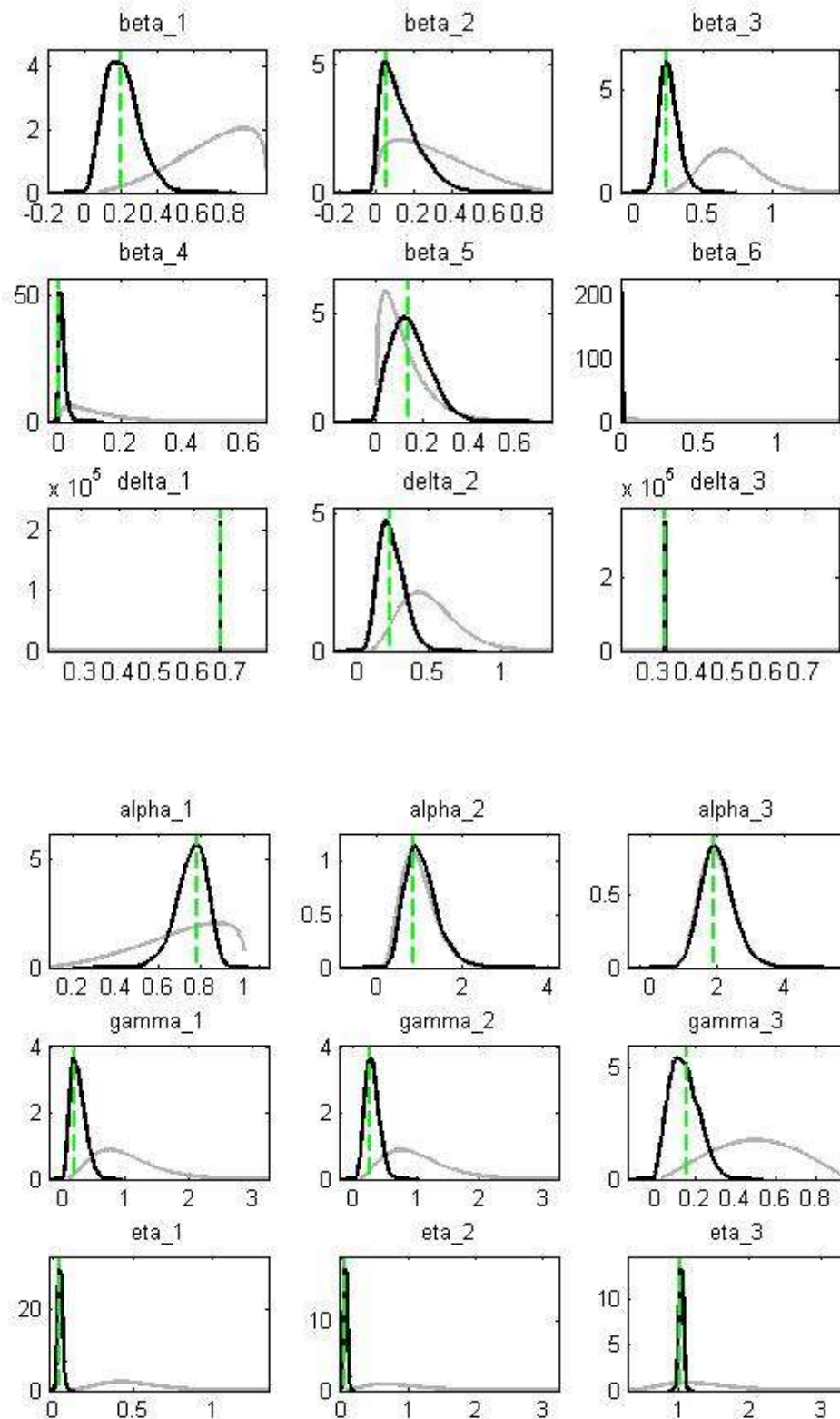
7.4 Definiciones y valores de los estados estacionarios.

Parámetro	Definición	Valor (%)
r_star	Tasa de interés real neutral de política	2.0
dpmeta_ss	Meta de inflación	5.0
rf_star	Estado estacionario tasa de interés real externa	1.0
dpmeta_f	Estado estacionario inflación externa	2.0
Dyss	Estado estacionario de la tasa de crecimiento del producto	4.5
risk	Riesgo	1.0

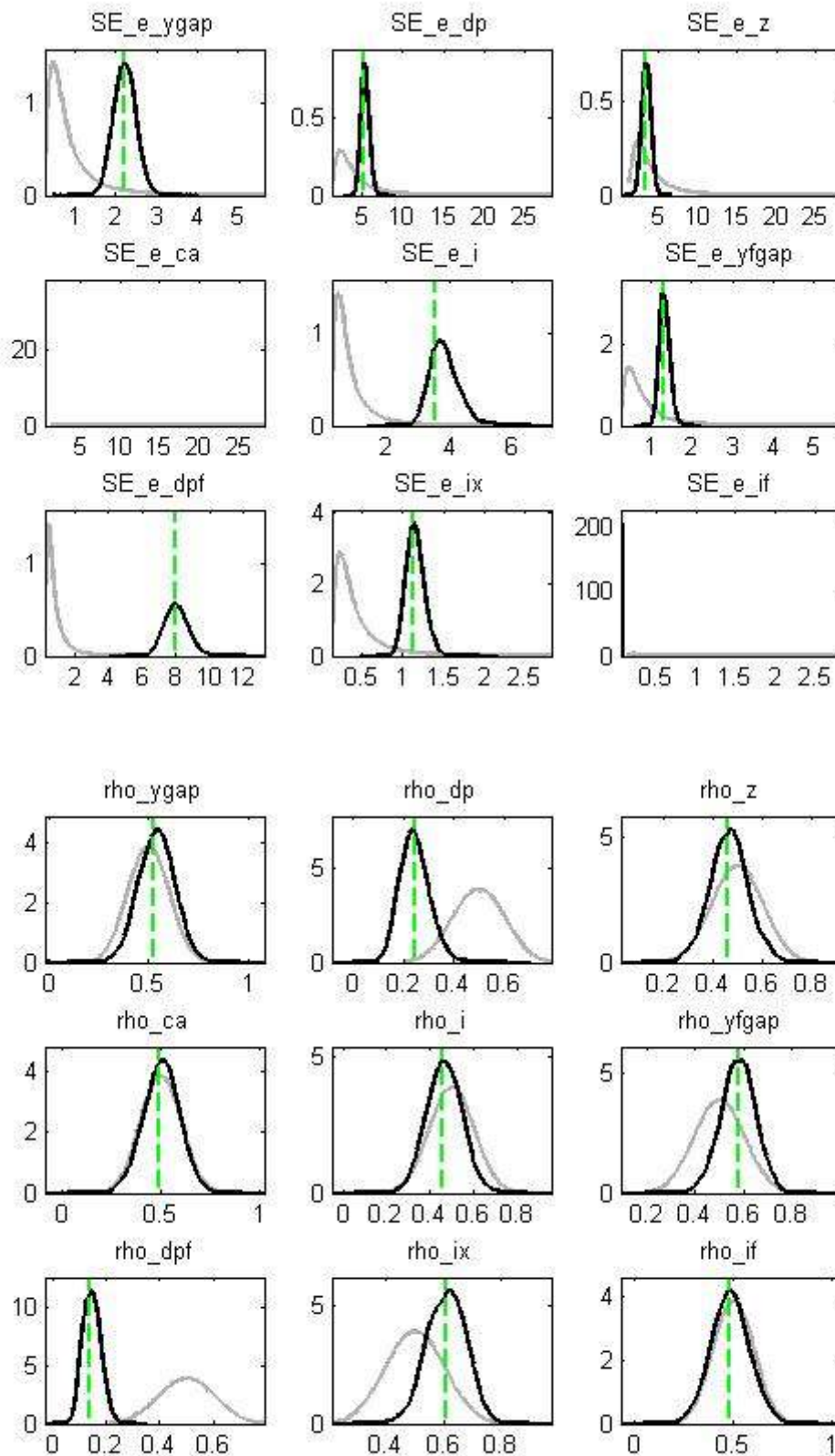
7.5 Definiciones de los choques exógenos.

Choque	Definición
res_ygap	Choque a la brecha del producto
res_Dp	Choque a la inflación de precios libres
res_z	Choque al tipo de cambio real
res_ca	Choque a la cuenta corriente
res_i	Choque a la tasa de interés de política monetaria
res_if	Choque al impulso fiscal
res_yfgap	Choque a la inflación de precios libres
res_Dpf	Choque a la brecha del producto externo
res_ix	Choque a la tasa de interés externa
res_dpmeta	Choque a la inflación meta
res_Dyeq	Choque al producto potencial
res_Dpgas	Choque a la inflación del precio del gasoil
res_Dppas	Choque a la inflación del precio del pasaje urbano
res_Dpod	Choque a la inflación de precios de otros bienes y servicios administrados

7.6 Distribuciones a priori y a posteriori de los parámetros.



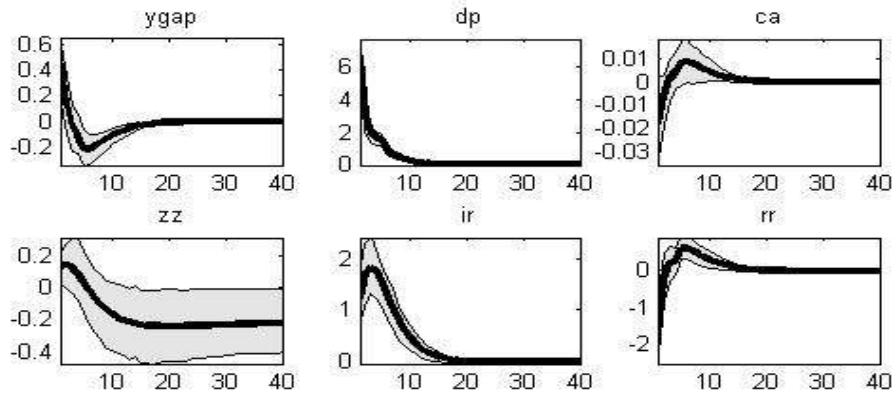
Las líneas grises (negras) corresponden a las distribuciones a priori (a posteriori).



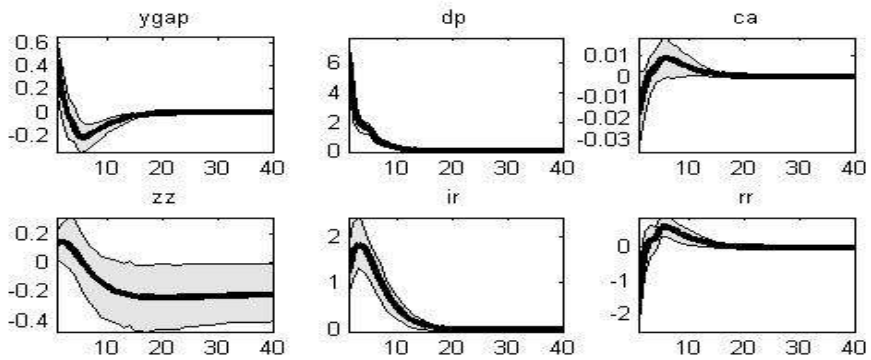
Las líneas grises (negras) corresponden a las distribuciones a priori (a posteriori).

7.7 Funciones de impulso respuesta bayesianos.

7.7.1 Choque de demanda agregada



7.7.2 Choque de oferta agregada



7.7.3 Choque de tipo de cambio

