



Recuadro I: Evolución de los modelos macroeconómicos para proyecciones y análisis de la política monetaria

Introducción

En congruencia con la Carta Magna, la Ley Orgánica del Banco Central del Paraguay (BCP) confiere funciones a la institución, así como deberes y atribuciones a sus autoridades para el cumplimiento de los objetivos fundamentales de preservar el valor de la moneda y promover la eficacia, integridad y estabilidad del sistema financiero. La interpretación concreta que el BCP ha dado al mandato constitucional referente a la estabilidad de precios, bajo el esquema de política monetaria actual de metas de inflación, es que deberá mantener la inflación centrada en 4% anual en el mediano plazo, con una volatilidad acotada en un rango de ± 2 puntos porcentuales, es decir, entre 2% y 6%.

Debido a la naturaleza misma de los instrumentos y objetivos de política monetaria bajo un esquema de metas de inflación, las decisiones son tomadas de manera prospectiva. En ese sentido, el proceso de decisiones de política monetaria se organiza apoyado en un sistema de producción de pronósticos. Este recuadro contiene un resumen de los modelos económicos que ayudan a la autoridad monetaria en la toma de decisiones y su evolución en el tiempo, desde la implementación del esquema de metas de inflación en Paraguay. Los mismos incluyen a los modelos de proyección de corto plazo, el modelo semi-estructural de proyección de mediano plazo y el modelo de equilibrio general dinámico estocástico.

Cabe mencionar, que los modelos se utilizan de manera pragmática, ecléctica y no mecánica en la realización de proyecciones y simulaciones de escenarios para la política monetaria. En una economía en constante evolución, es imposible contar con un modelo que pueda asimilar integralmente todos los aspectos y factores relevantes para la implementación de la política monetaria. La formulación de juicios respecto de esta diversidad de factores y de sus implicancias para la política monetaria es el trabajo de la autoridad monetaria y no es algo que pueda dejarse solo a los modelos ni a quienes los construyen u operan.

Modelos econométricos de proyección de corto plazo

En el esquema de metas de inflación es esencial proyectar la evolución de los precios en el corto plazo. Para llevar a cabo esta tarea no solo se realiza una evaluación de la inflación total y de sus distintas agrupaciones, sino también de otras medidas de inflación como la subyacente y la inflación de bienes libres sin frutas y verduras, entre otros.

Uno de los modelos univariados utilizados para la proyección de corto plazo de las distintas medidas de inflación, así como los componentes desagregados de la inflación total, es el modelo autorregresivo integrado de media móvil estacional



(SARIMA), que es una generalización de los modelos ARIMA tradicionales. La estimación, selección del modelo y proyección de la inflación total, inflación subyacente e inflación de bienes libres sin frutas y verduras, se realiza utilizando un algoritmo de selección automática. El mismo proceso se realiza para la proyección de las principales agrupaciones del índice general del IPC, los cuales se utilizan posteriormente para construir una proyección utilizando sus ponderadores respectivos dentro de la canasta de bienes y servicios.

Otro de los métodos para realizar proyecciones de inflación son los modelos de vectores autorregresivos (VAR). Un modelo VAR se define como un conjunto de variables endógenas en función de su pasado y un posible conjunto de variables exógenas. Para realizar proyecciones de corto plazo, se estiman diversas especificaciones VAR con diferentes combinaciones de variables, en donde se obtienen directamente las proyecciones para la inflación total mensual. Las variables utilizadas son el índice de precios al consumidor (IPC), el indicador mensual de actividad económica del Paraguay (IMAEP), la tasa de política monetaria (TPM), el tipo de cambio nominal (TCN) y el tipo de cambio real (observado multilateral), los agregados monetarios (M1 y M2), el índice de *commodities* compuesto del Paraguay (ICCPy), el índice de precios externos, la tasa de interés externa (T-Bill y Libor) y el volumen total de importaciones mundiales. Todas las variables que lo ameriten se utilizan en términos desestacionalizados.

Los modelos VAR son útiles para la modelación económica, puesto que permiten la interacción de diferentes variables relacionadas para el pronóstico de variables macroeconómicas. Sin embargo, el problema de un VAR típico es la pérdida de grados de libertad debido a la sobre parametrización. En ese sentido, los modelos de vectores autorregresivos bayesianos (BVAR) fueron inicialmente propuestos por Litterman (1980) como una alternativa a los modelos VAR estándar de manera a superar el mencionado problema de la dimensionalidad, al reducir la cantidad de parámetros mediante la imposición de priors. Para la selección de la distribución prior, se utiliza el procedimiento desarrollado en Litterman (1986) imponiendo los llamados priors de Minnesota. Para los pronósticos, se especifican tres modelos BVAR, tanto para la proyección de la inflación total, así como de las medidas de inflación subyacente y de bienes libres sin frutas y verduras, que partiendo de una especificación base con un conjunto reducido de variables se van agregando secuencialmente bloques adicionales que van expandiendo el tamaño del VAR.

Adicionalmente a los modelos univariados, VAR y BVAR, se utilizan los llamados modelos de vectores autorregresivos aumentados por factores (FAVAR). La principal premisa de los modelos FAVAR consiste en que parte importante de las dinámicas comunes en conjuntos grandes de series de tiempo provienen de un conjunto limitado de factores no observados, los que a su vez evolucionan a través del tiempo y pueden ser estimados, como se detalla en Stock y Watson (2016). Para la estimación del modelo FAVAR se sigue el enfoque de dos pasos del análisis de componentes principales (PCA) utilizados por Stock y Watson (2002), así como por Bernanke et al. (2005). Para la estimación de los factores se realiza la descomposición matricial en valores singulares. Así, se definen factores que incluyen de manera



individual grupos de variables del sector real, financieros, externos y precios, excluyendo en todos los casos el IPC, IPC subyacente y el IPC de bienes libres sin frutas y verduras del conjunto de variables del cual se extraen los factores. Se utilizan variables en términos desestacionalizados si la situación lo amerita.

Modelos estructurales

El BCP cuenta con dos modelos de mediano plazo para analizar la economía paraguaya: el modelo semi-estructural de proyección trimestral (MSEPT), y el modelo de equilibrio dinámico de la economía paraguaya (MEDEP). Tanto uno como otro modelo tienen el propósito de mejorar la comprensión de las fuerzas que impulsan el desarrollo previsto de la economía, tomando en cuenta las interacciones entre variables económicas importantes, como el producto interno bruto, la inflación, el tipo de cambio y las tasas de interés, entre otras.

Modelo semi-estructural de proyección trimestral (MSEPT)

El MSEPT es un modelo para realizar proyecciones y análisis de política monetaria, el cual es adaptado a las características principales de la economía paraguaya. La estructura del MSEPT se construye tanto desde un marco teórico, así como de hechos estilizados provenientes de la evidencia empírica internacional. En ese sentido, es un modelo semi-estructural porque cada ecuación en particular se remonta a sus fundamentos teóricos, al tiempo que refleja hechos empíricos sobre estos temas. El MSEPT está fundamentado sobre el nuevo consenso en macroeconomía, es decir, la combinación entre la teoría neo-keynesiana con fricciones de rigideces de precios y elementos de la teoría de ciclos reales de modelación estocástica de 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 tanto a las expectativas racionales como a las adaptativas en el proceso de la toma de decisiones de los agentes económicos. Asimismo, 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.

La estructura central del MSEPT está conformada por las cuatro ecuaciones fundamentales de un modelo neo-keynesiano básico de economía abierta: 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, basada en la condición de paridad de interés descubierta (UIP) con comportamiento prospectivo y retrospectivo, y la ecuación de reacción de la política monetaria (Regla de Taylor).

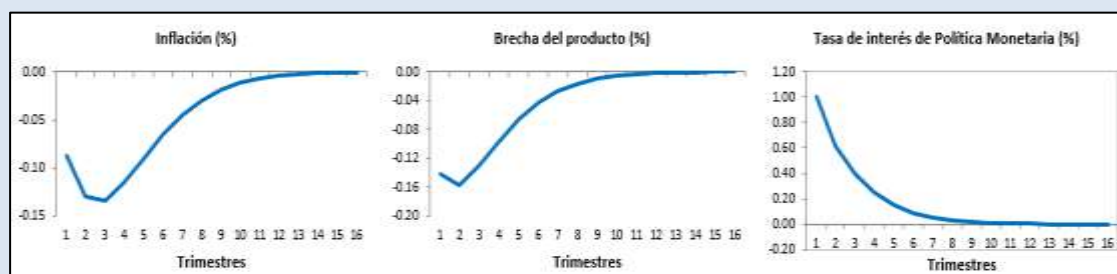
Para analizar el impacto de la política monetaria de acuerdo con el MSEPT, en el gráfico 1, se presenta un ejercicio de impulso-respuesta, el cual consiste en observar el efecto de un incremento de la tasa de política monetaria en 1 punto porcentual. Dentro del contexto de mecanismo de transmisión del canal de la 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.

En el gráfico 1, se observa que la disminución de la inflación alcanza un máximo a los tres trimestres (0,12 puntos porcentuales), tras el cambio en la tasa y el efecto final se disipa luego de diez trimestres. En cuanto al impacto sobre la trayectoria de la brecha del producto, el máximo efecto se produce al cabo de dos trimestres. La respuesta, según el MSEPT, es de una caída máxima de 0,16 puntos porcentuales, pero el efecto final desaparece al octavo 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.

Gráfico 1. Respuesta de la brecha del producto y la inflación ante un incremento de la tasa de interés de política monetaria



Fuente: elaboración propia.

Modelo de equilibrio dinámico de la economía paraguaya (MEDEP)

A diferencia de otros modelos empíricos de naturaleza puramente econométrica, los modelos estructurales como el MEDEP presentan microfundamentos más explícitos, imponen restricciones en las ecuaciones que relacionan las respuestas macroeconómicas a los shocks y brindan una conexión más estrecha entre la investigación académica y la práctica en los bancos centrales (Gürkaynak y Tille, 2017).

El MEDEP está construido en el espíritu de los modelos de Equilibrio General Estocásticos Dinámicos (DSGE por sus siglas en inglés) neo-keynesianos, utilizados habitualmente en diversos bancos centrales. El modelo representa una economía pequeña y abierta con mercados de bienes no competitivos (competencia monopolística) expuesta a shocks externos de demanda y precios (Galí y Monacelli, 2004). Asimismo, incorpora una prima de riesgo que está en función del nivel de adquisición de financiamiento externo, lo cual garantiza la estacionariedad del nivel relativo de activos externos netos de la economía en estado estacionario (Justiniano y Preston, 2005). Por otra parte, el modelo incluye precios rígidos que se ajustan a través del mecanismo propuesto por Calvo (1983), así como un mecanismo de indexación parcial que depende de la inflación del período anterior. El consumo de los hogares exhibe persistencia de hábitos, el cual permite reproducir la persistencia



observada en el consumo agregado.

Así también, el modelo incluye shocks estructurales que explican la dinámica de la economía. Estos incluyen: shocks a la productividad (transitorio y permanente), a las preferencias (demanda), a la inversión, a la oferta de trabajo, a la política monetaria, a la prima de riesgo, al PIB externo relevante (socios comerciales), a la inflación externa relevante, a la tasa de interés internacional y también se introducen shocks de costos (mark-ups). El conjunto de ecuaciones, variables y parámetros que describen cómo se comporta a nivel agregado la economía paraguaya determinan el funcionamiento del MEDEP. Así, por ejemplo, cuando la economía enfrenta shocks, la respuesta de las variables endógenas del MEDEP ofrece una imagen de la dinámica de los principales agregados macroeconómicos que suceden a estos shocks.

El MEDEP considera principalmente cuatro agentes económicos (los hogares, las firmas productoras de bienes domésticos, los importadores y un banco central), los cuales toman decisiones en base a la maximización de una función objetivo.

En el proceso de estimación de los parámetros del MEDEP, por un lado, un subconjunto de estos es calibrado con el objetivo de ayudar en la identificación del modelo. Por otra parte, para obtener los valores de los restantes parámetros del modelo, se los estima utilizando métodos bayesianos a partir de datos trimestrales de 15 variables de la economía paraguaya y del resto del mundo para el período 2004-2018. Las mismas consideran, entre otros, indicadores de actividad doméstica, comercio exterior, precios, tasas de interés y tipos de cambio. Asimismo, se incluyen indicadores de la economía mundial tales como el PIB de socios comerciales, tasas de interés y precios de materias primas. De este modo, se construye y se estima el MEDEP, de manera que posibilite replicar con precisión las distintas interrelaciones históricas entre las variables consideradas, para así poder inferir el comportamiento futuro más probable de la economía.

Conclusión

En este recuadro se describieron los modelos macroeconómicos utilizados para el pronóstico y análisis de la política monetaria en el BCP. Se ha destacado que la interacción entre los resultados de distintos modelos y el juicio crítico del equipo técnico permiten constituir una visión integral del estado actual y futuro de la economía, colaborando con ello en la toma de decisiones en materia de política monetaria conducentes a alcanzar de manera eficaz el objetivo de estabilidad de precios.

En el BCP, los trabajos de modelación macroeconómica se constituyen en uno de los pilares fundamentales del diseño y la implementación de la política monetaria. En esa línea, se continuará con el desarrollo de estos conforme a los últimos avances y mejores prácticas propuestas por la literatura económica relevante. Asimismo, se seguirán fortaleciendo los aspectos comunicacionales que permitan informar efectivamente los resultados de estos trabajos, no solo a la autoridad monetaria sino al público en general.



Referencias

- Calvo, G. A. (1983). "Staggered Price Setting in a Utility-maximizing Framework", *Journal of Monetary Economics*, 12: 383–398.
- Gali, J., T. Monacelli (2005). "Monetary Policy and Exchange Rate Volatility in a Small Open Economy" *Review of Economic Studies*, 72: 707-734.
- Gürkaynak R. S., Tille C. (2017). "DSGE Models in the Conduct of Policy: Use as intended". A VoxEU.org Book, CEPR Press.
- Justiniano, A., B. Preston (2005). "Small open economy DSGE models: specification, estimation and model fit", Manuscript, Columbia University.
- Schmitt-Grohe, S., and M. Uribe (2003). "Closing Small Open Economy Models". *Journal of International Economics*, 61, 163-195.
- Taylor, J. B. (1993). "Discretion versus Policy Rules in Practice". In *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 39, 195-214.
- Box, G. E. P. y Jenkins, G. M. (1976). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. Holden-Day.
- Banbura, M., D. Giannone, and L. Reichlin, (2008), "Large Bayesian VARs," ECB Working Paper, No. 966.
- Bernanke, B. S., Boivin, J., y Elias, P. (2005). Measuring the effects of monetary policy: a factor-augmented vector autoregressive (favar) approach. *The Quarterly Journal of Economics*, 120(1):387–422.
- Litterman R., (1980), "A Bayesian procedure for forecasting with vector autoregression," Massachusetts Institute of Technology, Department of Economics Working Paper.
- Litterman R., (1986), "Forecasting with Bayesian vector autoregressions-five years of experience", *Journal of Business and Economic Statistics*, 4, pp. 25-38.
- Stock, J. y Watson, M. W. (2002). Macroeconomic Forecasting Using Diffusion Indexes. *Journal of Business and Economic Statistics*, 20(2), 147–162.
- Stock, J. H. y Watson, M. W. (2016). Dynamic Factor Models, Factor-Augmented Vector Autoregressions, and Structural Vector Autoregressions in Macroeconomics. In *Handbook of Macroeconomics*, 2, 415-525.