



BANCO DE GUATEMALA

Documentos de Trabajo

CENTRAL BANK OF GUATEMALA

Working Papers

No. 132

**EFFECTO DE LOS PRECIOS INTERNACIONALES DE
LAS MATERIAS PRIMAS SOBRE LA INFLACIÓN
TOTAL Y SUS COMPONENTES EN UN MODELO DE
EQUILIBRIO GENERAL DINÁMICO PARA
GUATEMALA***

Año 2014

Autores:

Hilcías Estuardo Morán Samayoa
Jouseline Clara Genoveva Salay de Velásquez

*Trabajo ganador del 2do. 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.

$$\frac{P_t^{f*}}{P_t^*} = \left(\frac{P_{t-1}^{f*}}{P_{t-1}^*} \right)^{\rho^{Pf*}} \left(\frac{\bar{P}^{f*}}{\bar{P}^*} \right)^{1-\rho^{Pf*}} e^{\xi_t^{Pf*}} \quad (57)$$

donde ξ_t^{tr*} , $\xi_t^{\pi*}$ y ξ_t^{Pf*} son procesos estocásticos con media 0 y varianza constante. Del total de remesas recibidas por los hogares guatemaltecos una proporción φ de la población total recibe el valor medio de dichas remesas. Es decir, en este modelo se asume que en el agregado solo una proporción φ de la población recibe remesas del exterior.

3.7 Sistema dinámico y condiciones de equilibrio

Un resumen completo del sistema de ecuaciones dinámico estacionarizado se presenta en el anexo A, al final del documento. Todas las variables en niveles se estacionarizaron utilizando el nivel de tecnología, A_t , para estacionarizar una variable en t . Es decir, cualquier variable $\tilde{X}_t = X_t/A_t$ se define como una variable en estado estacionario o en crecimiento balanceado a la tasa $g^A = A_t/A_{t-1}$, la cual es la tasa a la que crece la economía en este modelo. De igual manera, el anexo B presenta una descripción completa del sistema de ecuaciones en estado estacionario. A continuación se presentan algunas condiciones de equilibrio e identidades que caracterizan a esta economía:

1. Consumo: $c_t = \lambda c_t^o + (1 - \lambda)c_t^r$
2. El capital agregado es: $k_t = \lambda k_t^o$
3. Inversión: $x_t = \lambda x_t^o$
4. Inversión doméstica: $x_t^d = \lambda x_t^{o^d}$
5. Inversión de origen importado: $x_t^f = \lambda x_t^{o^f}$

6. Deuda externa: $b_t^* = \lambda b_t^{o*}$
7. Demanda agregada doméstica: $y_t^d = c_t^d + c_t^{d*} + x_t^d$
8. Importaciones totales: $y_t^m = c_t^f + x_t^f$
9. Dividendos firmas : $d_t^y = \lambda d_t^{o,y}$ y $d_t^{ym} = \lambda d_t^{o,ym}$
10. Mercado laboral agregado: $n_t = n_t^{o,d\lambda} n_t^{r,d(1-\lambda)}$
11. Mercado laboral *ricardianos*: $n_t^{o,d} = \lambda n_t^o$
12. Mercado laboral *no-ricardianos*: $n_t^{r,d} = (1 - \lambda)n_t^r$
13. Remesas totales: $tr_t^* = \varphi tr_t^*$
14. Remesas *ricardianos*: $tr_t^{o*} = \lambda tr_t^*$
15. Remesas *no-ricardianos*: $tr_t^{r*} = (1 - \lambda)tr_t^*$

4 Estimación del modelo

La estimación se divide en dos etapas. La primera consiste en un algoritmo que encuentra valores para los parámetros del modelo que garanticen el estado estacionario a través de la minimización de criterios de una función de pérdida. En este caso, el criterio es la minimización de las razones en estado estacionario para las variables más relevantes. Consecuentemente, los valores resultantes para los parámetros dentro del algoritmo (también llamados "semillas") son utilizados como los valores *priors* en la segunda etapa, que se refiere a la calibración y estimación bayesiana. A continuación se describen con mayor detalle estas etapas.

4.1 El algoritmo

Una característica principal del modelo es la no linealidad en sus

ecuaciones. El método de resolución para este tipo de modelos consiste en transformar el conjunto de ecuaciones a una estructura lineal tomando como referencia el estado estacionario de las variables. Por ello, y dado que el modelo es no lineal, pueden existir muchos estados estacionarios que garanticen la resolución del mismo, aunque no necesariamente todos estos estados estacionarios tendrán coherencia con los estados estacionarios de las variables observables. Por tanto, este algoritmo encuentra valores para los parámetros de tal forma que las razones simuladas, obtenidas a través de la parametrización del modelo logren acercarse a las razones empíricas calculadas, con los datos de las variables observables. Para ello, el algoritmo busca minimizar la siguiente función de pérdida:

$$\min_{\theta} \sum_{i=1}^n (razones_empiricas_i - razones_teoricas_{i,\theta})^2 \quad (58)$$

donde i representa el número de razones y θ el conjunto de parámetros del modelo. Una vez determinada la función de pérdida, la secuencia de programas o etapas, de manera resumida, es la siguiente:

1. Se establece un conjunto de parámetros (elegidos aleatoriamente) como punto de partida.
2. Se inicializa la rutina optimizadora de parámetros. Dentro de esta rutina y dados los parámetros iniciales se encuentra una segunda optimización que se encarga de encontrar el estado estacionario del modelo y al mismo tiempo calcula la función de pérdida asociada a este conjunto de parámetros.
3. Como segunda etapa, la rutina optimizadora de parámetros determina otro conjunto de parámetros tomando como referencia la función de

pérdida de la etapa anterior para saber en qué dirección moverse dentro del conjunto de posibilidades que posee y así continúa hasta encontrar la mínima función de pérdida.

Las relaciones macroeconómicas que se incluyeron dentro del algoritmo son: cada uno de los componentes de demanda agregada (consumo, inversión, exportaciones e importaciones), remesas y deuda externa respecto al PIB, deuda externa a exportaciones y la proporción de consumo doméstico relativa al consumo total. Una vez establecidas estas razones, el algoritmo se corrió en varias ocasiones para encontrar distintas semillas, ya que si bien éstas garantizan tanto la solución del modelo como las razones de estado estacionario, éstas pueden carecer de intuición alguna. Después de correr el algoritmo y descartar las semillas que no estaban en línea con la intuición económica, se determinó la semilla utilizada en las distribuciones *priors*. Los resultados de este proceso se describen en la siguiente sección.

4.2 Estimación

Existen dos métodos comúnmente utilizados para solucionar y evaluar los modelos de equilibrio general dinámicos: el primero a través de estimación econométrica y un segundo método en el cual se calibran los parámetros del modelo. Los métodos de calibración fueron generalmente utilizados hasta hace pocos años, pero han perdido popularidad ante el avance de nuevos métodos econométricos de estimación y, en parte también, debido a la mejora significativa reciente de los métodos computacionales de solución de dichos modelos. El

enfoque utilizado para obtener las simulaciones en este estudio es una combinación de estimación empírica y de calibración. Cabe notar, como se muestra más adelante, que en su mayoría los parámetros del modelo fueron estimados por métodos bayesianos, utilizando el filtro de Kalman.¹¹ En esta sección se describen los métodos utilizados para la estimación.

4.2.1 Estimación bayesiana

El método de estimación del modelo utiliza métodos de inferencia bayesiana. Esto implica obtener la distribución posterior de los parámetros del modelo a partir de la representación espacio-estado de la versión log-linearizada del sistema de ecuaciones dinámicas que integran el modelo.¹² Para la estimación del modelo se utilizó el método de estimación bayesiana, que es un enfoque de información completo que permite estimar de forma conjunta los parámetros de los modelos de equilibrio general dinámicos. La estimación se basa en la función de probabilidad obtenida de la solución linearizada del modelo. Este método de inferencia permite formalizar el uso de información previa o preexistente (*priors*) para la estimación de modelos estructurales complejos. Dicho enfoque es particularmente relevante en situaciones donde la amplitud de la muestra de los datos utilizados para la estimación es corta, como sucede en Guatemala.

¹¹ Para una discusión más detallada de la metodología utilizada consultar [14] y [7], donde el primero de los autores describe con algún detalle el método empírico de estimación y el segundo presenta una revisión detallada de la literatura sobre la formulación y estimación de los modelos dinámicos estocásticos de equilibrio general, con un énfasis especial en los métodos bayesianos.

¹² Una característica fundamental de los métodos bayesianos es que son capaces de incorporar como *priors* los juicios y opiniones de los encargados de la implementación de la política, de la evolución de la economía (conocimiento experto) y/o permiten utilizar la información proveniente de las fuentes estadísticas a nivel microeconómico (encuestas de hogares, encuestas de empresas y censos de población, por ejemplo).

El enfoque de estimación se basa en el filtro de Kalman, donde un conjunto de variables se toman como no observables o ecuaciones de transición mientras otras variables se introducen como ecuaciones de medida u observables. El sistema de ecuaciones log-linearizado integra un sistema lineal de expectativas racionales que puede resumirse de la siguiente manera:

$$\Gamma_0(\theta)x_t = \Gamma_1(\theta)x_{t-1} + \Psi(\theta)\varepsilon_t + \Pi(\theta)\xi_t \quad (59)$$

donde x_t es un vector que contiene las variables del modelo expresadas en desviaciones logarítmicas con respecto a su valor de equilibrio de largo plazo, el cual incluye las variables endógenas y los procesos exógenos. El vector ε_t contiene las innovaciones tipo ruido blanco de los *shocks* incluidos en el modelo y el vector ξ_t es un vector que incluye los errores de pronóstico de las variables con formación de expectativas racionales. Las matrices Γ_0 , Γ_1 , Ψ y Π son funciones no lineales de los parámetros estructurales incluidos en θ . Así, la solución del sistema en (59) puede ser escrito de la siguiente manera:

$$x_t = \Omega_x(\theta)x_{t-1} + \Omega_\varepsilon\varepsilon_t, \quad (60)$$

donde Ω_x y Ω_ε son funciones de los parámetros estructurales. Ahora se define el vector de variables observables como y_t , el cual es asociado a las variables del modelo a través de la ecuación de medida:

$$y_t = Hx_t, \quad (61)$$

donde H es una matriz que selecciona los elementos de x_t . Las expresiones (60) y (61) corresponden a la representación espacio-estado del vector de variables y_t . De esta manera, si adicionalmente se supone que las innovaciones están

normalmente distribuidas, luego se puede calcular la función de probabilidad condicional de los parámetros estructurales, $\mathcal{L}(\theta|y^T)$, utilizando el filtro de Kalman, donde $y^T = \{y_1, \dots, y_T\}$. Si $p(\theta)$ es una función de distribución inicial (*priors*) de los parámetros estructurales, seguidamente se pueden utilizar los datos de las variables observables y^T para actualizar los parámetros iniciales a través de la función de probabilidad. Así, utilizando el teorema de Bayes se puede estimar la distribución posterior de los parámetros del modelo,

$$p(\theta|y^T) = \frac{\mathcal{L}(\theta|y^T)p(\theta)}{\int \mathcal{L}(\theta|y^T)p(\theta)d\theta}, \quad (62)$$

con el algoritmo Metropolis-Hastings. La lista de parámetros estimados incluidos en el vector θ se presentan en la tabla 5.

4.2.2 Calibración

Como se mencionó en la sección anterior, algunos de los parámetros del modelo fueron calibrados utilizando siempre el criterio de lograr que los valores de estado estacionario de algunas variables se aproximen a los de la economía guatemalteca. La tabla 3 presenta los principales valores de estado estacionario, calibrados en consistencia con los datos macroeconómicos observados. Los restantes parámetros calibrados se detallan en la tabla 4.

Para un mejor entendimiento, los resultados en la tabla 3 se presentan como tasas de crecimiento anuales elevadas al inverso de la cuarta potencia, de tal forma que los datos sean consistentes con la periodicidad trimestral del modelo. Por ejemplo, se asume un crecimiento económico y de la productividad de 3.5 por ciento anual, consistentes con el crecimiento del producto doméstico durante la última

década. La tasa de interés de política se estableció en 5.5 por ciento anual, mientras que la tasa de interés externa congruente con la paridad no cubierta de tasas y la prima de riesgo se determinó en 3.5 por ciento. En el caso de la inflación, para establecer su valor de estado estacionario se utilizó la meta de inflación de mediano plazo anunciada por la autoridad monetaria, 4.0 por ciento anual. Finalmente, los *shocks* en estado estacionario son cero.

4.3 Distribuciones iniciales y posteriores

En general, debido a que para Guatemala no existen estudios previos que fundamenten los valores empíricos de los *priors*, los valores utilizados para las desviaciones estándares de las distribuciones iniciales son relativamente grandes para que reflejan la incertidumbre asociada a dichos parámetros. En las primeras columnas de la tabla 5 se presentan las distribuciones iniciales (*priors*) para cada uno de los parámetros incluidos en el vector θ , así como su media y desviación estándar. Para los parámetros que se encuentran entre 0 y 1 se asumió una distribución *Beta* y para los parámetros con una distribución más amplia se utilizaron las distribuciones *Normal*, *Gamma* o *InvGamma*. En las siguientes columnas de dicha tabla, se presentan los resultados de las distribuciones posteriores obtenidas de la estimación bayesiana. Los resultados que se describen son el valor de la media, la desviación estándar y el los límites inferior y superior dentro del cual se encuentra el valor final obtenido. Para facilidad de lectura, la tabla clasifica los parámetros en categorías relevantes: hogares, firmas, rigideces a la Calvo, regla de política, inflación total y economía. Además, se incluyen los

parámetros de inercia y la desviación estándar de los *shocks*. En general, se observa que para la mayoría de los parámetros existe aprendizaje respecto a las distribuciones iniciales.

4.4 Descripción de los datos

Para la estimación del modelo, el vector de variables observables, y_t , incluye 12 variables que son: (i) tasa de interés nominal de corto plazo, (ii) las remesas enviadas por los migrantes a los hogares guatemaltecos, (iii) la inflación doméstica total y (iv) la inflación no subyacente que incluye los componentes de hortalizas, cereales y combustibles. También se incluyen los componentes de la demanda agregada, en términos reales: (v) producto, (vi) exportaciones, (vii) importaciones, (viii) inversión y (ix) consumo total, que incorpora los consumos privado y público. Y finalmente, tres variables externas: (x) tasa de interés, (xi) inflación y (xii) demanda.

Se utilizó una muestra de datos trimestrales de 2003 a 2013. Todas las variables (con excepción de las tasas de interés) fueron transformadas a tasas de crecimiento anuales trimestralizadas y luego su media histórica fue sustraída. En los casos que fue necesario, los datos se reescalaron alrededor de su valor de estado estacionario (por ejemplo, las variables externas). A continuación se describe cada una de las variables utilizadas para estimar el modelo:

1. **Tasa de interés de corto plazo** (*i*). Es la tasa de interés nominal de política monetaria, cuyo valor de estado estacionario es 5.5 por ciento anual.¹³

¹³ Hasta antes de adoptar el régimen de metas explícitas de inflación a principios de 2005 la información corresponde a la tasa de interés de reportos de 1 a 7 días en moneda nacional, mientras que a partir de 2005 la

2. **Remesas reales** (*Rem*). Se utiliza la información de remesas en dólares publicada por el Banco de Guatemala. Posteriormente, la serie es deflactada por el IPC externo multilateral y luego se obtiene la tasa de variación interanual para eliminar la estacionalidad de los datos.

3. **Inflación total** (π). La medida de inflación utilizada corresponde a la variación interanual del índice total de precios al consumidor.

4. **Inflación no subyacente** (π^{ot}). La medida de inflación utilizada corresponde a la inflación resto o no subyacente que incluye los productos de origen agrícola con alta volatilidad, los productos de maíz y sus derivados, los productos de trigo y los derivados del petróleo. Su ponderación en el índice total de precios al consumidor es 19.24 por ciento.

5. **Producto interno bruto** (*Pib*). Corresponde a los datos trimestrales de las Cuentas Nacionales. Para eliminar la estacionalidad inherente de la serie, para cada dato trimestral se obtiene la suma de los últimos cuatro trimestres, de tal manera que al calcular la tasa de crecimiento anual sobre la nueva serie, los datos coincidan con las estimaciones oficiales de crecimiento del Banco de Guatemala. Además, basados en el promedio histórico, se considera una tasa de crecimiento del producto potencial de 3.5 por ciento anual.

6. **Exportaciones reales** (*Expo*). Se obtienen de los datos trimestrales de Cuentas Nacionales. De igual forma que con el PIB, cada dato trimestral es la acumulación de los últimos cuatro trimestres, de tal manera que la serie resultante corresponde a datos acumulados anuales en frecuencia trimestral.

información corresponde a la tasa de interés líder de política monetaria que establece la Junta Monetaria.

7. **Importaciones reales** ($Impo$). Se obtienen de los datos trimestrales de Cuentas Nacionales. Cada dato trimestral es la acumulación de los últimos cuatro trimestres, de tal manera que la serie resultante corresponde a datos acumulados anuales en frecuencia trimestral.

8. **Inversión real** (x). Se obtiene de los datos trimestrales de Cuentas Nacionales. Cada dato trimestral es la acumulación de los últimos cuatro trimestres, de tal manera que la serie resultante corresponde a datos acumulados anuales en frecuencia trimestral.

9. **Consumo total real** (c). Se obtiene de los datos trimestrales de Cuentas Nacionales e incluye el gasto de consumo final de los hogares y del gobierno general. Cada dato trimestral es la acumulación de los últimos cuatro trimestres, de tal manera que la serie resultante corresponde a datos acumulados anuales en frecuencia trimestral.

10. **Tasa de interés externa** (i^*). Esta variable dentro del modelo es la tasa de interés externa libre de riesgo más una prima de riesgo (que es endógena dentro del modelo). La tasa de interés libre de riesgo está representada por la LIBOR a 1 año.

11. **Inflación externa** (π^*). Para esta variable se considera la inflación promedio ponderada de los principales 7 socios comerciales de Guatemala (en su orden, Estados Unidos de América, Unión Europea, El Salvador, México, Costa Rica, Japón y Honduras). Se considera una media de largo plazo de 2.5 por ciento anual, valor que resulta del cálculo del promedio ponderado de las

metas de inflación de los países socios.

12. **Demanda externa** (y^*). Coherente con la estimación de la inflación externa, la demanda externa es un promedio ponderado de las tasas de crecimiento anual del PIB de los 7 principales socios comerciales de Guatemala.

5 Resultados

5.1 Bondad de ajuste

Para evaluar el grado de ajuste del modelo, es conveniente analizar los resultados comparativos de la tabla 6 que muestra las razones de estado estacionario empíricas y simuladas. En el caso de las razones empíricas relacionadas con los componentes de demanda agregada, se obtuvo un promedio simple de la participación histórica de cada componente dentro del PIB real anual (base 2001). Para el cálculo de las remesas, se obtuvo el promedio a partir de 2004, debido a que el año anterior hubo cambios en la medición de las transferencias y los datos no son comparables. Para el resto de variables se utilizó la muestra completa para el cálculo del valor de estado estacionario.

Como se mencionó en la sección anterior, las relaciones macroeconómicas simuladas por el modelo son el resultado de resolver el problema de minimización de la función de pérdida del algoritmo, aunado a la búsqueda de estimaciones consistentes con la teoría económica y los datos observados. Se aprecia en la tabla 6 que la mayoría de las razones de estado estacionario simuladas logran acercarse a las relaciones obtenidas de los datos. Las razones simuladas de exportaciones, inversión, remesas y deuda externa a PIB son las más cercanas a replicar las

razones empíricas. Mientras que, la razón $ConsumoTotal/PIB$ es la que más se aleja del valor histórico observado. Esto se debe a que se incluyó como variable de ajuste al consumo total, a manera de obtener mejores resultados para el resto de componentes del PIB por el lado de la demanda. No obstante, se puede decir que las razones simuladas por el modelo indican un ajuste adecuado del modelo a la economía guatemalteca.

5.2 Funciones impulso respuesta

En este apartado, con el objeto de mostrar la consistencia del modelo, se analizan dos *shocks*. El primero, debido a la importancia que implica para un banco central con metas explícitas de inflación es el *shock* a la tasa de interés de política. El segundo, es el *shock* de remesas, que también se considera relevante al momento de explicar el comportamiento de las principales variables macroeconómicas de la economía guatemalteca. Así, las variables que se detallan son las que típicamente se observan en el análisis de los mecanismos de transmisión de la política monetaria, específicamente, para los canales de demanda o tradicional y de tipo de cambio.

La figura 4 muestra las funciones de impulso respuesta ante un *shock* de política monetaria. Al referirse al mecanismo de transmisión monetaria tradicional de la tasa de interés, el incremento en la tasa de interés tiene un efecto negativo sobre la inversión y el consumo, los cuales a su vez generan una disminución del producto, que finalmente se traducen en una disminución de la inflación. De acuerdo a esta figura, el horizonte de la política monetaria en Guatemala es de

aproximadamente 6 trimestres. Al examinar el canal del tipo de cambio, debido a la paridad no cubierta de tasas de interés, el incremento en la tasa de política monetaria genera un mayor ingreso de capitales internacionales, con lo cual se genera una apreciación cambiaria que afecta negativamente a las exportaciones netas. Nuevamente, este efecto disminuye el crecimiento económico y genera presiones desinflacionarias. Por otro lado, la transmisión del *shock* de remesas dominante es a través del efecto inicial que tiene sobre el tipo de cambio. Como se observa en la figura 5, el ingreso de divisas genera una apreciación del tipo de cambio real que luego produce un incremento de las importaciones (consumo e inversión importado) y deprime las exportaciones. El efecto agregado sobre las exportaciones netas se traduce en una disminución en el crecimiento del producto y en la inflación.

5.3 Análisis de un *shock* de inflación no subyacente sobre la inflación

En esta parte se busca determinar el efecto sobre la inflación ante un *shock* del componente más volátil de la inflación total (denominada inflación resto en este documento). Para ello, se define este *shock* como el incremento en los precios internacionales de *commodities*, tales como cereales y petróleo. Para realizar este análisis se utiliza la inflación no subyacente, la cual incluye los productos de origen agrícola con alta volatilidad, el maíz y sus derivados, los productos derivados del trigo y los derivados del petróleo.

La figura 6 muestra la respuesta de las principales variables macroenómicas

ante un *shock* de oferta. Por el lado del canal de demanda, el incremento en la inflación resto tiene un efecto positivo sobre la inflación total a lo largo de los 30 períodos en los que persiste el *shock* de oferta. El incremento en precios genera una caída del consumo y la inversión, lo cuales a su vez generan una leve disminución del producto. En cuanto al canal de tipo de cambio, el aumento sobre los precios provoca una apreciación del tipo de cambio la cual afecta negativamente a las exportaciones y al producto. Como resultado, se genera un efecto traspaso (*pass-through*), el cual se verifica en la respuesta de la inflación subyacente. La inflación subyacente cae en un inicio debido a la contracción de la demanda, pero a partir del segundo período la dinámica se revierte y se observa un efecto de segunda vuelta, leve pero positivo, que se mantiene hasta el décimo trimestre. Por su parte, el comportamiento de la tasa de interés de política es resultado, inicialmente, de la respuesta ante la caída del producto y la inflación subyacente y posteriormente responde al efecto de segunda vuelta en los precios y al incremento sobre la inflación total.

5.4 Análisis de descomposición histórica de varianza

Como se mencionó con anterioridad, el Banco de Guatemala adoptó el esquema de metas explícitas de inflación en 2005 y además, como las alzas más significativas de los precios internacionales de las materias primas se observaron en el segundo quinquenio de la década anterior, para el análisis histórico de varianza el período muestral cubre 2005Q1-2013Q3. Es importante resaltar, también, que el período seleccionado incluye la reciente crisis financiera mundial.

En las figuras 7-9 se presentan los resultados de la descomposición de varianza para el período analizado, en la cual se muestra cómo los distintos *shocks* incluidos en el modelo afectaron al producto, a la inflación total y a la inflación subyacente en la historia reciente de la economía guatemalteca. Los resultados se presentan en términos de proporciones, es decir que la suma de los *shocks* explica el 100 por ciento de la variable simulada y los efectos pueden ser positivos o negativos. Cabe resaltar que un supuesto relevante en el presente análisis histórico es la baja credibilidad de los agentes económicos ante la posibilidad de que el banco central alcance su objetivo inflacionario. Coherente con el supuesto de baja credibilidad, las reglas de actualización pasiva para el establecimiento de precios definidas en la Sección 3 (descripción del modelo), tanto las del mercado laboral como las de los mercados de bienes domésticos y de bienes importados, han sido modificadas de tal manera que se le asignó un mayor peso al comportamiento pasado de la inflación y en consecuencia, un menor peso a la meta de inflación. Como resultado, se espera que la descomposición de *shocks* presente mayor inercia.

Como se observa en la figura 7, el comportamiento del producto durante el período previo a la crisis financiera global (2006-2007) fue principalmente explicado, en su orden, por la demanda doméstica, la demanda externa y la productividad (oferta). El mayor efecto positivo fue resultado de los *shocks* de demanda doméstica y externa, mientras que, el efecto más negativo se debe a *shocks* a los precios relativos. El *shock* de la inflación no subyacente o resto (que considera el *shock* sobre los precios internacionales de maíz, trigo y petróleo y los impactos asociados a los componentes de productos agrícolas perecederos dentro de la inflación

doméstica) sobre el producto fue positivo, aunque poco significativo. En el año más crítico de la crisis financiera (2009), fueron, en su orden, los *shocks* de oferta, de demanda doméstica y de demanda externa los que tuvieron un mayor impacto negativo sobre el producto. Sin embargo, a diferencia del período previo a la crisis, en el año 2009 parece que la tasa de interés de política afectó también negativamente el comportamiento del producto. Esto podría estar indicando que la tasa de interés de política no se redujo lo suficiente para contener la caída en la actividad económica.

Considerando que el objetivo principal de este artículo es analizar el efecto de los incrementos en los precios de las materias primas energéticas y no energéticas sobre la inflación y sus componentes, para examinar la descomposición histórica de la inflación el análisis se focaliza en los períodos de mayores alzas en los precios de los *commodities* identificados con anterioridad. En la figura 8 se muestra el impacto de los distintos *shocks* sobre la inflación total. En general, la inflación total fue altamente influenciada por la inflación asociada al comportamiento de los precios de las materias primas (inflación resto en la figura). Durante los períodos de mayores alzas en los precios de las materias primas se observa un efecto significativo de la inflación resto sobre la inflación total, tanto en el período pre-crisis como en el período post-crisis. Estos resultados son consistentes con la evidencia presentada anteriormente en la descripción del fenómeno inflacionario en Guatemala. También se aprecia que, de forma consistente con el comportamiento de la actividad económica mostrado en la figura de la brecha del producto, la demanda doméstica desempeñó un papel más activo en el período previo a la crisis

comparado con su efecto sobre la inflación en el periodo posterior a la crisis. En efecto, durante el periodo pre-crisis la brecha del producto fue positiva, mientras que en el periodo post-crisis la brecha del producto fue negativa.

La figura 9 muestra el impacto de los distintos *shocks* sobre la inflación subyacente. Los efectos de un *shock* a la inflación asociada a los precios internacionales de las materias primas sobre la inflación subyacente son evidentes (pero relativamente poco significativos) en el periodo previo a la crisis financiera global, lo cual demuestra que si los *shocks* a los precios de las materias primas se producen en un momento cuando la economía está sobrecalentada y el banco central carece de alta credibilidad se produce lo que se conoce como efectos de "segunda vuelta" sobre la inflación. Este resultado es también confirmado cuando se examina el segundo *boom* de los precios de los *commodities*, donde el efecto traspaso de los precios internacionales sobre la inflación doméstica fue totalmente nulo. En efecto, la participación del *shock* de la inflación resto sobre la inflación subyacente es negativa. Por lo tanto, en ausencia de presiones de demanda agregada sobre la inflación, se observa que el *shock* de la inflación resto tiene un efecto nulo sobre la inflación de mediano plazo. Así, a pesar de que para el caso de la inflación subyacente el efecto de los precios de las materias primas es levemente positivo, en el caso de la inflación total, es el factor más positivo que explica el comportamiento de la variable a lo largo del periodo analizado en las figuras de descomposición de varianza.

En lo que se refiere al *shock* agregado de productividad, el impacto es positivo en el primer período, pero se convierte en el efecto más negativo en el

segundo período. Nuevamente, la explicación de este resultado es el episodio de la crisis financiera. Otro aspecto importante de resaltar es el efecto de la tasa de interés de política sobre la inflación. Los resultados que se presentan en las figuras 8 y 9 parecen indicar que en el período previo a la crisis la política monetaria no se restringió lo suficiente como para contener las presiones inflacionarias y lo contrario sucedió en 2009 cuando la tasa de política monetaria no se redujo lo suficiente para evitar las presiones deflacionarias. Cabe mencionar también que la política monetaria ha sido neutral a partir de 2011.

Al resumir los resultados de esta sección se puede decir que los efectos de “segunda vuelta” medidos por el impacto que tiene un *shock* a la inflación resto (inflación no subyacente) sobre la inflación subyacente fueron positivos en el primer *boom* de los precios de los *commodities* (2007-2008), pero no afectaron a dicha inflación en el segundo período de alzas (2009-2010). Esto debido a que en el primer *boom* las alzas de los precios de las materias primas se combinaron con presiones de demanda agregada interna. Este resultado es consistente con el análisis presentado por el [11].

6 Comentarios finales

En este documento se desarrolló, resolvió y estimó un modelo macroeconómico de equilibrio general para analizar el impacto de los incrementos recientes en los precios de los *commodities* sobre la inflación total y sus componentes. También se presentó evidencia descriptiva del efecto de los dos últimos *booms* de precios de dichos *commodities* sobre la inflación total y la inflación

subyacente. Resumiendo los resultados de esta sección se puede decir que los efectos de "segunda vuelta" medidos por el impacto que tiene un *shock* a la inflación resto (on ifnlación no subyacente) sobre la inflación subyacente fueron positivos en el primer *boom* de los precios de los *commodities* (2007-2008), pero no afectaron a dicha inflación en el segundo periodo de alzas (2009-2010). Esto debido a que en el primer *boom* las alzas de los precios de las materias primas se combinaron con presiones de demanda agregada interna. Este resultado es consistente con el análisis presentado por el [11].

Las alzas de precios de las materias primas, energéticas y no energéticas, siempre representan un reto importante para la autoridad monetaria de un pas o región. El contexto es sumamente relevante para diseñar la mejor respuesta ante dichas perturbaciones de carácter exógeno. Para diseñar la mejor estrategia de respuesta ante esas perturbaciones los hacedores de política deben considerar varios aspectos. Es importante distinguir el tipo de *shock* al que se enfrenta la economía, estos shocks pueden ser de naturaleza transitoria o permanente. Si el alza en los precios de las materias primas es transitoria, lo que tradicionalmente se recomienda, para bancos centrales con alta credibilidad (bancos centrales de economías avanzadas, por ejemplo), es permitir alzas transitorias en la inflación total con el objeto de minimizar fluctuaciones en el producto. Esta recomendación es equivalente a decir que los bancos centrales concentren su atención en la inflación subyacente y no en la inflación total. Consiguientemente, a mediano plazo se alcanza menor volatilidad en el producto y la inflación. En efecto, un banco central puede establecer su meta de inflación en términos de la inflación total, pero si

anuncia una meta de inflación de mediano plazo, automáticamente le resta ponderación a los *shocks* transitorios y en este caso, el efecto es similar a establecer la meta utilizando la inflación subyacente como indicador.

Sin embargo, en un contexto donde el instrumento de política monetaria es la tasa de interés de corto plazo y de análisis de bienestar, [15] and [16] señalan que una regla de política monetaria óptima es aquella que establece una trayectoria de tasa de interés de política de tal forma que maximiza el bienestar garantizando que los pronósticos de inflación convergen a la meta establecida por el banco central. En este contexto, como lo señala [6], la política monetaria debe reaccionar a cualquier *shock* que afecte el pronóstico de inflación, el cual debe de igualar la meta de inflación en el horizonte de política. Esto parece ser la historia reciente de Guatemala en materia de política monetaria, pues el efecto traspaso sobre de las alzas en los precios de la materias primas sobre la inflación subyacente no ha sido muy significativo, o al menos eso fue lo que se demostró con el ejercicio de descomposición de histórica de variación realizado en este artículo. Un ejercicio o análisis que puede ser interesante en un futuro o como una extensión de este estudio, es realizar un análisis de bienestar propiamente dicho con el objeto de evaluar cual puede ser la regla de política monetaria óptima ante perturbaciones de los precios de las materias primas energéticas y no energéticas.

Bibliografía

- [1] P. Acosta, E. Lartey, and F. Mandelman. Remittances and the dutch disease. *Journal of International Economics*, 79:102–116, 2009.
- [2] G. Calvo. Staggered prices in a utility maximizing framework. *Journal of Monetary Economics*, 12:383–398, 1983.
- [3] John Y. Campbell and Gregory Mankiw. *NBER Macroeconomics Annual*, chapter Consumption, Income, and Interest Rate: Reinterpreting the Time Series Evidence, pages 185–216. MIT Press, Cambridge, 1989.
- [4] R. Caputo, F. Liendo, and J.P. Medina. *Monetary Policy under Inflation Targeting*, chapter New Keynesian Models for the Inflation Targeting period in Chile. Central Bank of Chile, 2007.
- [5] R. Chami, T. Cosimano, and M. Glapen. Beware of emigrants bearing gifts: Optimal fiscal and monetary policy in the presence of remittances. IMF Working Paper 06/61 2006.
- [6] José De Gregorio. Commodity prices, monetary policy and inflation. July 2012.
- [7] Jesús Fernández-Villaverde. The econometrics of dsge models. *SERIEs, Journal of the Spanish Economic Association*, 1:3–49, 2010.
- [8] Jefferrey C. Fuhrer. Habit formation in consumption and its implications for monetary-policy models. *The American Economic Review*, 90(3):367–389, 2000.

- [9] Jordi Gal, J. David López-Salido, and Vallés Javier. Rule-of-thumb consumers and the design of interest rate rules. *Journal of Money, Credit and Banking*, 36(4):739–763, 2004.
- [10] Jordi Gal, J. David López-Salido, and Javier Vallés. Understanding the effects of government spending on consumption. Working Paper 11578, National Bureau of Economic Research, August 2005.
- [11] IMF. World economic outlook: Slowing growth, rising risks. Report, International Monetary Fund, September 2011.
- [12] Federico Mandelman. Monetary and exchange rate policy under remittance fluctuations. March 2011.
- [13] S. Schmitt-Grohe and Martin Uribe. Closing small open economy models. *Journal of International Economics*, 61(1):163–185, 2003.
- [14] F. Schorfheide. Lost function-based evaluation of dsge models. *Journal of Applied Econometrics*, 15(6):645–670, 2000.
- [15] Lars Svensson. Inflation targeting as a monetary policy rule. *Journal of Monetary Economics*, 23:691–720, 1999.
- [16] M. Woodford. The case for forecast targeting as a monetary policy strategy. *Journal of Economic Perspectives*, 21:2–24, 2007.

Tabla 1: Correlaciones dinámicas (2006Q4 - 2008Q2)

Periodo	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8
Inflación total									
Cereales	0.79	0.96	0.68	0.87	0.76	0.85	0.93	0.78	0.89
Petróleo	0.91	0.85	0.53	-0.41	-0.83	-0.84	-0.69	-0.84	-0.52
Inflación subyacente									
Cereales	0.73	0.90	0.57	0.73	-0.69	0.80	0.86	0.67	0.82
Petróleo	0.91	0.91	0.66	-0.29	-0.81	-0.79	-0.62	-0.74	-0.52
Inflación no subyacente									
Cereales	0.77	0.94	0.73	0.95	0.76	0.84	0.94	0.82	0.89
Petróleo	0.84	0.73	0.36	-0.48	-0.79	-0.83	-0.70	-0.89	-0.49

Tabla 2: Correlaciones dinámicas (2009Q4 - 2011Q2)

Periodo	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8
Inflación total									
Cereales	0.63	0.83	0.68	0.66	0.21	-0.59	-0.78	-0.78	-0.56
Petróleo	-0.09	0.53	0.49	0.61	0.52	-0.09	-0.56	-0.63	-0.58
Inflación subyacente									
Cereales	0.26	0.44	0.43	0.36	-0.23	-0.85	-0.86	-0.59	-0.16
Petróleo	0.05	0.83	0.62	0.40	0.14	-0.50	-0.68	-0.37	-0.13
Inflación no subyacente									
Cereales	0.74	0.93	0.75	0.80	0.36	-0.38	-0.62	-0.76	-0.68
Petróleo	-0.12	0.32	0.36	0.60	0.62	0.18	-0.38	-0.67	-0.72

Tabla 3: Valores de estado estacionario

Definición	Parámetro	Calibración
Tasa de crecimiento	g_{ss}^{yd}	$(1.035)^{1/4}$
Productividad permanente	gA_{ss}	$(1.035)^{1/4}$
Tasa de interés de política	\bar{i}_{ss}	$(1.055)^{1/4}$
Tasa de interés externa	i_{ss}^{star}	$(1.035)^{1/4}$
Inflación doméstica	$\bar{\pi}$	$(1.04)^{1/4}$
Shock tasa de interés externa	z_{ss}^r	1.00
Shock costo ajuste inversión	z_{ss}^i	1.00
Shock productividad	z_{ss}^y	1.00
Shock demanda doméstica	z_{ss}^d	1.00

Tabla 4: Valores de los parámetros calibrados

Definición	Parámetro	Calibración
Hogares		
Participación consumo importado en consumo total	α^c	0.20
Participación inversión importada en inversión total	α^r	0.50
Firmas		
Participación del capital en la función de producción	α^y	0.54
Elasticidad de sustitución entre insumos finales	ϵ	1.40
Inflación		
Ponderación de la inflación no subyacente	κ^{ot}	0.19
Economía		
Factor de descuento intertemporal	β	1.01
Depreciación del capital	δ	0.02
Elasticidad de sustitución bienes externos	ϵ_e	0.54
Proporción de agentes optimizadores	λ	0.50
Proporción de agentes que reciben remesas	φ	0.30
Inercia de exógenas		
Shock de producción doméstica	ρ^{zy}	0.65
Precio importados en mercado internacional	ρ^{Pf*}	0.85

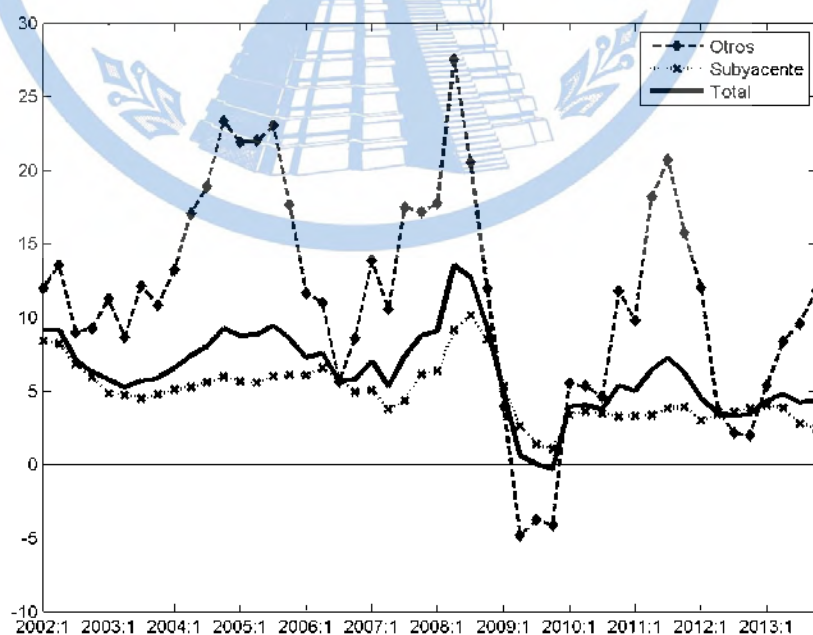
Tabla 5: Distribuciones iniciales y posteriores de los parámetros del modelo

Definición	Distribución inicial (priors)			Distribución posterior				
	Forma	Desv. Estándar	Valor	Desv. Estándar	Lim. Inf.	Lim. Sup.		
Hogares								
Elas. sust. diferentes tipos de trabajo, ag. opt.	ϵ_n^o	gamma	1.16	0.02	1.16	0.02	1.12	1.19
Elas. sust. diferentes tipos de trabajo, ag. res.	ϵ_n^r	gamma	2.56	0.50	2.57	0.49	1.74	3.31
Elasticidad de sustitución entre bienes intermedios	η^c	gamma	1.70	0.30	1.58	0.32	1.02	2.08
Elast. de sustitución inversión doméstica o importada	η^z	gamma	7.41	1.01	6.49	0.97	4.85	8.06
Inv. elasticidad oferta laboral, ag. optimizadores	γ_n^o	gamma	1.74	0.05	1.73	0.05	1.65	1.81
Inv. elasticidad oferta laboral, ag. restringidos	γ_n^r	gamma	1.64	0.05	1.64	0.05	1.56	1.72
Hbito en consumo	\hat{h}	beta	0.80	0.10	0.73	0.10	0.59	0.88
Oferta laboral, agentes optimizadores	θ^o	gamma	0.30	0.1	0.28	0.10	0.13	0.43
Oferta laboral, agentes restringidos	θ^r	gamma	0.90	0.30	0.86	0.30	0.38	1.33
Firmas								
Elasticidad de sustitución entre bienes importados	ϵ_m	gamma	2.00	0.65	1.86	0.58	1.20	2.69
Rigideces a la Calvo								
Indexación del componente importado de la inflación	$\chi_{m,c}$	beta	0.20	0.08	0.13	0.06	0.03	0.21
Indexación de salarios de los agentes optimizadores	χ_w^o	beta	0.65	0.15	0.63	0.15	0.39	0.89
Indexación de salarios de los agentes restringidos	χ_w^r	beta	0.65	0.15	0.72	0.14	0.59	0.95
Indexación del componente doméstico de la inflación	χ_y	beta	0.65	0.10	0.62	0.15	0.37	0.87
Probabilidad de no reoptimizar, agentes opt.	ϕ_n^o	beta	0.75	0.15	0.67	0.14	0.45	0.91
Probabilidad no reoptimizar salario, agentes restringidos	ϕ_n^r	beta	0.75	0.15	0.73	0.12	0.53	0.93
Probabilidad no reoptimizar, firmas importadoras	ϕ_m^o	beta	0.75	0.15	0.61	0.12	0.32	0.73
Probabilidad no reoptimizar, firmas domésticas	ϕ_m^r	beta	0.75	0.15	0.73	0.06	0.64	0.82
Regla de política								
Elasticidad de π ante cambios en la inflación	γ_π	normal	1.75	0.20	1.61	0.23	1.27	1.91
Elasticidad de π ante cambios en el producto	γ_y	beta	0.25	0.05	0.24	0.05	0.16	0.32
Grado de inercia de la tasa de inters	ρ_i	beta	0.65	0.20	0.73	0.06	0.64	0.83
Economía								
Costo de ajuste de inversión	w_z	gamma	2.10	0.70	3.86	0.94	2.34	5.34
Inercia de exógenas								
Demanda externa	ρ^{c*}	beta	0.65	0.22	0.63	0.12	0.40	0.83
Productividad	$\rho^{\Delta A}$	beta	0.65	0.20	0.45	0.11	0.28	0.62
Inflación no subyacente	$\rho^{\pi_{ol}}$	beta	0.65	0.20	0.84	0.06	0.74	0.95
Inflación externa	ρ^{π^*}	beta	0.65	0.20	0.34	0.09	0.17	0.49
Transferencias	ρ^{tr^*}	beta	0.85	0.10	0.93	0.08	0.85	0.99
Shock de tasa de interés externa	ρ^{z^i}	beta	0.65	0.20	0.95	0.04	0.90	0.99
Shock de demanda interna	ρ^{z^c}	beta	0.65	0.20	0.94	0.03	0.90	0.99
Shock de inversión	ρ^{z^z}	beta	0.65	0.20	0.93	0.02	0.87	0.99
Desviación estándar de shocks								
Demanda externa	ξ^{c*}	inv gamma	0.05	Inf	0.009	0.001	0.007	0.011
Crecimiento de consumo total	$\xi^{\Delta C^T}$	inv gamma	0.05	Inf	0.008	0.001	0.006	0.009
Productividad	$\xi^{\Delta A}$	inv gamma	0.05	Inf	0.011	0.002	0.008	0.014
Política monetaria	ξ^i	inv gamma	0.05	Inf	0.007	0.001	0.006	0.008
Precio de importados en mercado intl.	$\xi^{P^f^*}$	inv gamma	0.05	Inf	0.015	0.002	0.011	0.019
Inflación no subyacente	$\xi^{\pi_{ol}}$	inv gamma	0.05	Inf	0.013	0.001	0.010	0.015
Inflación externa	ξ^{π^*}	inv gamma	0.05	Inf	0.007	0.001	0.006	0.008
Transferencias	ξ^{tr^*}	inv gamma	0.05	Inf	0.054	0.006	0.044	0.064
Tasa de interés externa	ξ^{z^i}	inv gamma	0.05	Inf	0.020	0.006	0.010	0.032
Inversión	ξ^{z^z}	inv gamma	0.05	Inf	0.016	0.005	0.010	0.023
Producción doméstica	ξ^{z^c}	inv gamma	0.05	Inf	0.016	0.002	0.012	0.020
Demanda doméstica	ξ^{z^y}	inv gamma	0.05	Inf	0.029	0.009	0.016	0.042

Tabla 6: Razones de estado estacionario

Razón	Empírica	Simulada
$\frac{\text{Consumo}}{\text{Pib}}$	0.96	1.17
$\frac{\text{Inversion}}{\text{Pib}}$	0.18	0.19
$\frac{\text{Exportaciones}}{\text{Pib}}$	0.26	0.26
$\frac{\text{Importaciones}}{\text{Pib}}$	0.40	0.28
$\frac{\text{Exportaciones netas}}{\text{Pib}}$	-0.14	-0.02
$\frac{\text{Remesas reales}}{\text{Pib}}$	0.09	0.08
$\frac{\text{Deuda externa real}}{\text{Pib}}$	0.12	0.13
$\frac{\text{Deuda externa real}}{\text{Exportaciones}}$	0.45	0.51

Figura 1: Inflación total y sus componentes en Guatemala



* La inflación subyacente excluye precios de energéticos, vegetales, hortalizas, maíz, trigo y sus derivados, los cuales representan un 19.24% del IPC. Estos componentes excluidos se recogen en la inflación de otros.

Figura 2: Precios internacionales del petróleo y de cereales

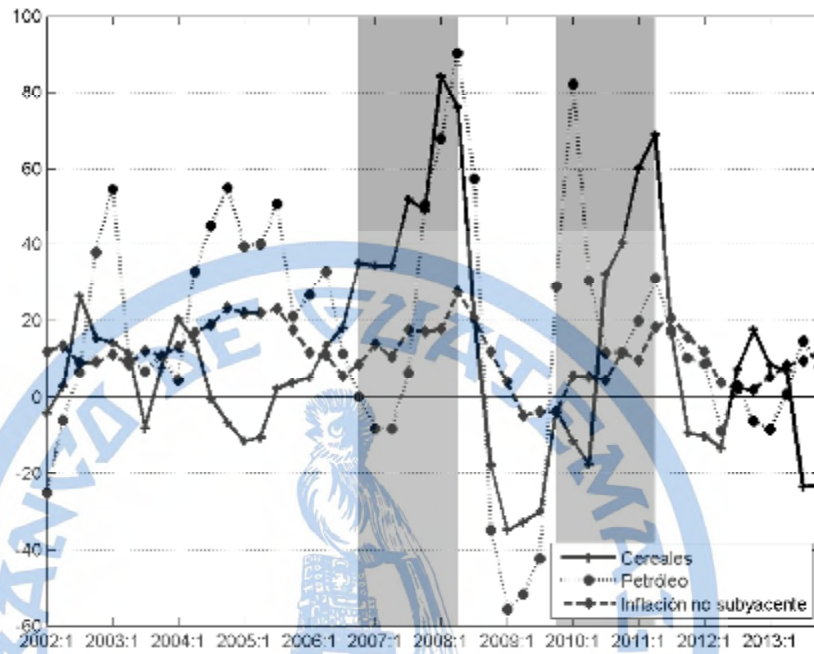


Figura 3: Brecha del producto del Guatemala

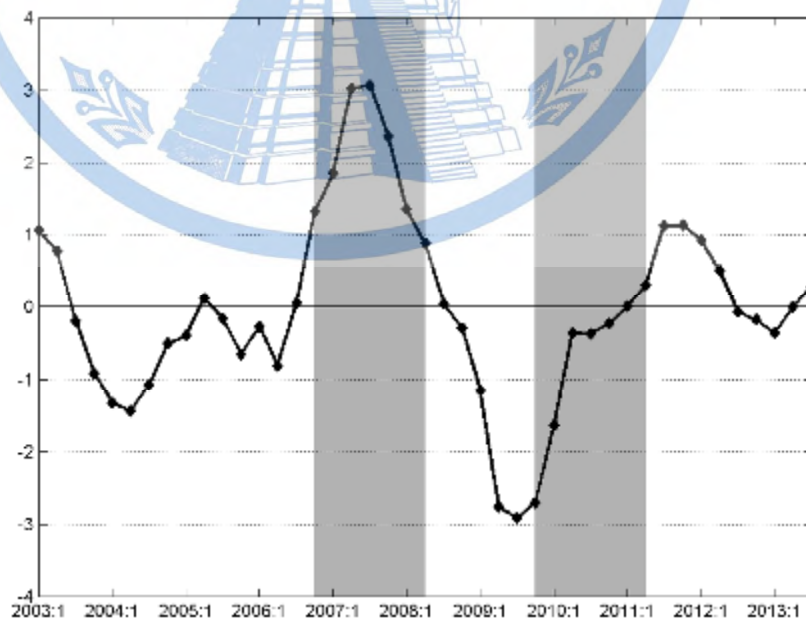


Figura 4: Funciones de impulso respuesta ante un *shock* de política monetaria en Guatemala

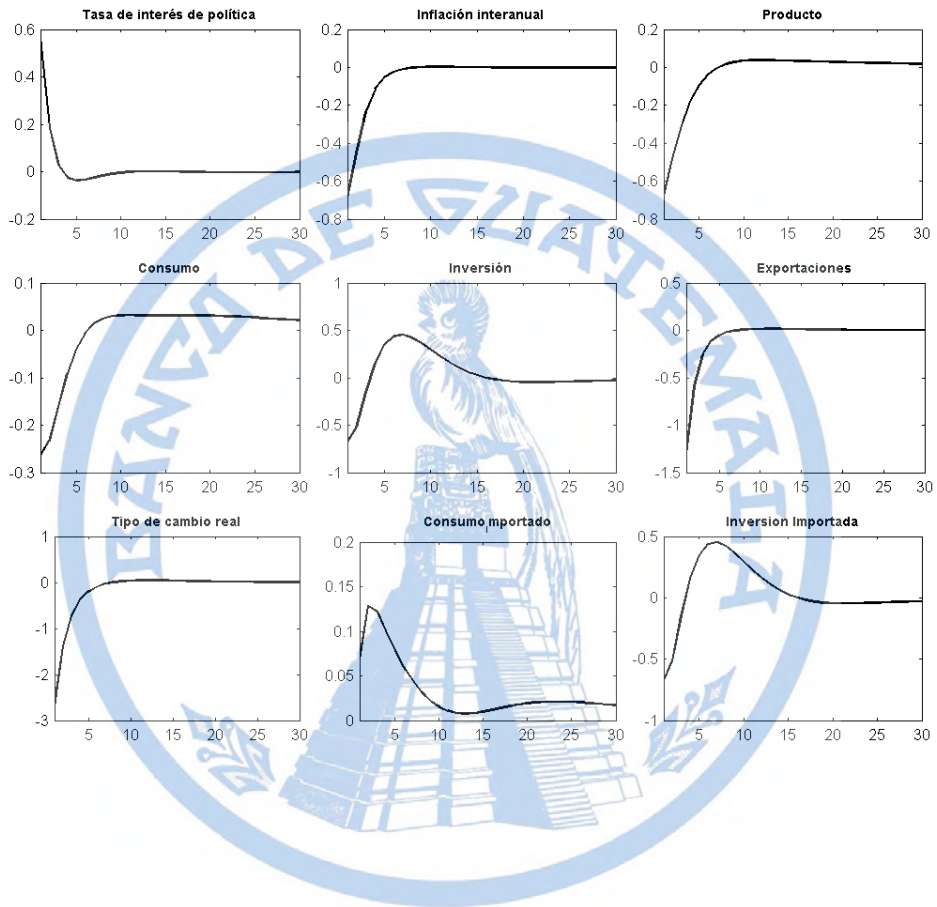


Figura 5: Funciones de impulso respuesta ante un *shock* de remesas en Guatemala

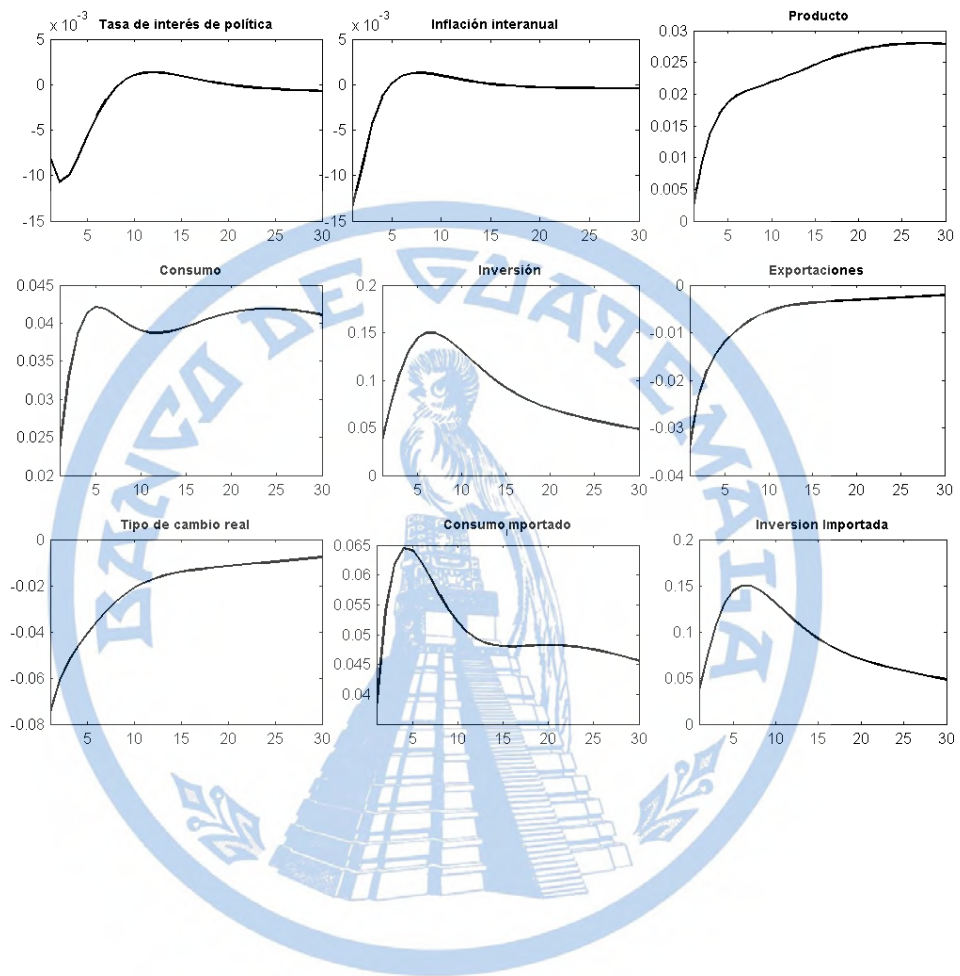


Figura 6: Funciones de impulso respuesta ante un *shock* de inflación no subyacente en Guatemala

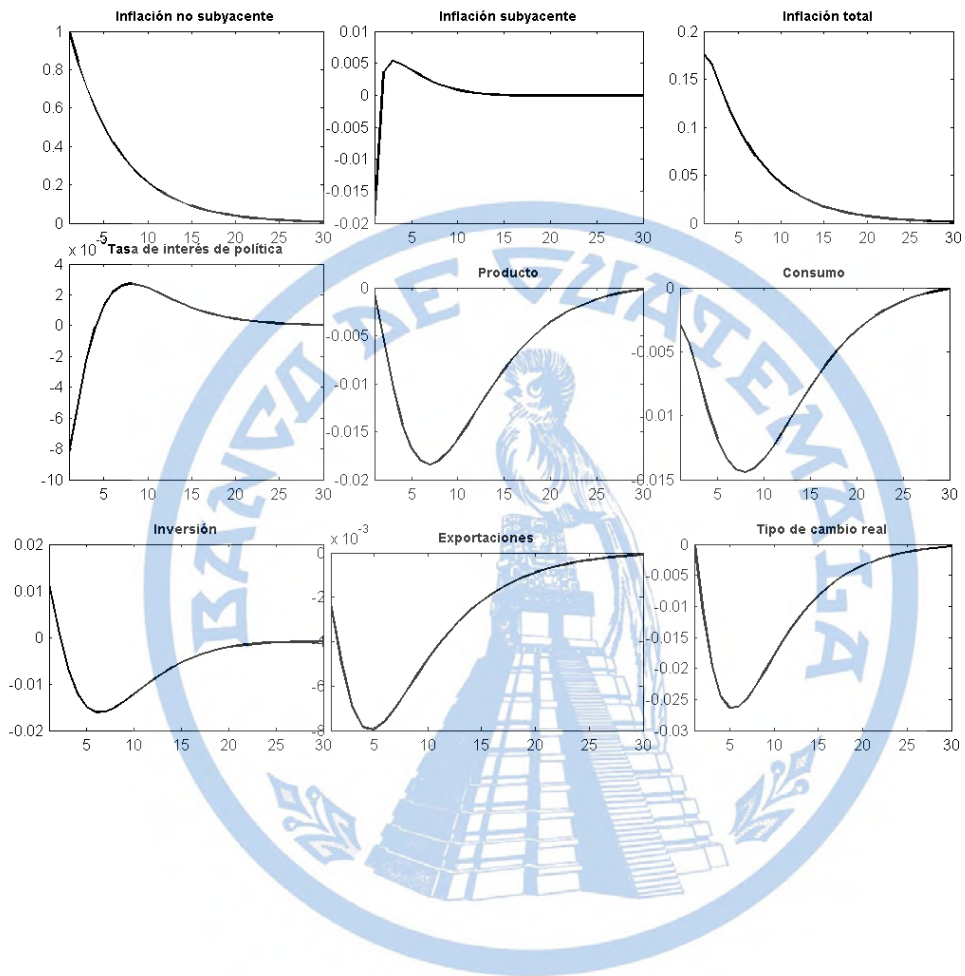


Figura 7: Descomposición histórica de varianza del PIB de Guatemala

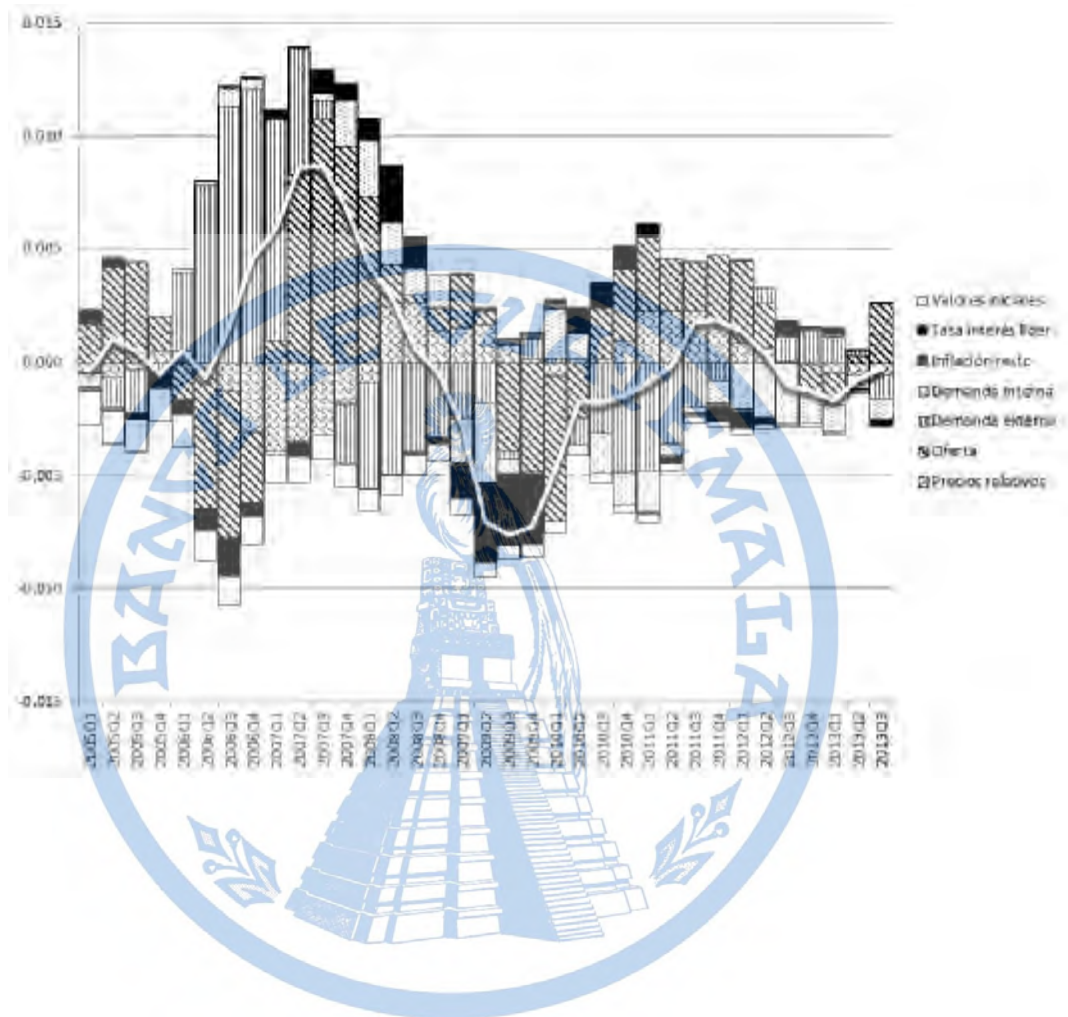


Figura 8: Descomposición histórica de varianza de la inflación total de Guatemala

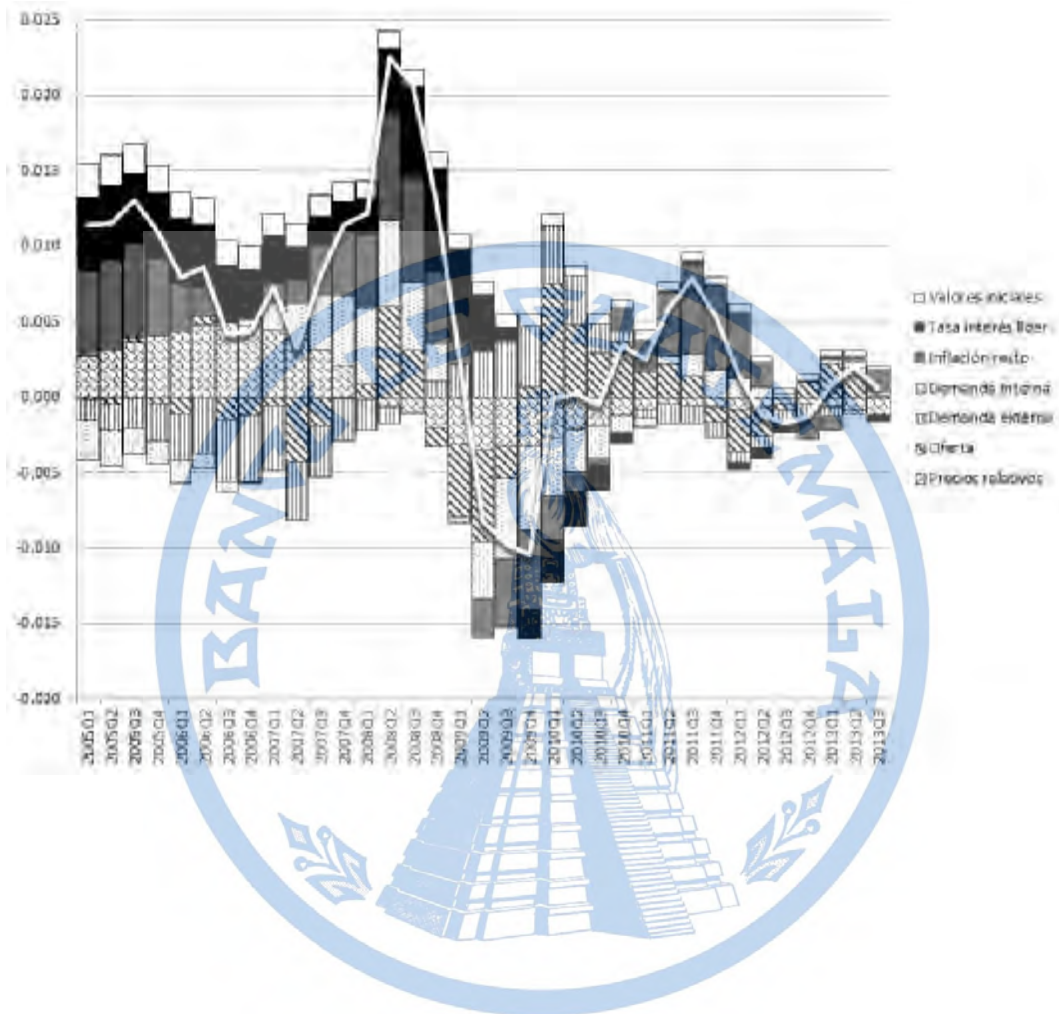


Figura 9: Descomposición histórica de varianza de la inflación subyacente de Guatemala

