



Munich Personal RePEc Archive

“Financial accelerator, oil price impact ”

Valdivia Coria, Joab Dan

Banco Central de Bolivia, Escuela Militar de Ingeniería

October 2016

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/78835/>
MPRA Paper No. 78835, posted 30 Apr 2017 17:01 UTC

“Financial Accelerator, Oil Price Impact ”-DSGE

Joab Dan Valdivia Coria¹

ABSTRACT

A general equilibrium model was developed for a small and open economy with financial frictions in order to analyze the effects of monetary policy and fiscal policy in Bolivia on certain variables such as: GDP, Consumption, Investment, interest rates Inflation The results were obtained from cyclical contraction effects of the Taylor rule on inflation. The estimation was made for the time periods 2000 - 2005 and 2006 - 2015 through Bayesian econometrics. A different response is evident in both periods of time, in fiscal spending and the price of natural gas.

JEL Classification: E42, E58, E62, E63

Key words: Bayesian estimation, Fiscal Expenditure, Financial Frictions, Dynamic Stochastic General Equilibrium Model (DSGE).

¹ Analista en Investigaciones Macro-sectoriales (Gerencia Asesoría de Política Económica)
email: joab_dan@hotmail.com, jvaldivia@bcb.gob.bo.

“Acelerador Financiero, Impacto del Precio del Gas” –DSGE

Joab Dan Valdivia Coria²

RESUMEN

Se elaboró un modelo de equilibrio general para una economía pequeña y abierta con fricciones financieras, con el fin de analizar los efectos de la política monetaria y la política fiscal en Bolivia, en ciertas variables como: PIB, Consumo, Inversión, tasas de interés e inflación. Los resultados obtenidos muestran efectos de contra cíclicos de la regla de Taylor en la inflación. La estimación se realizó para dos periodos de tiempo 2000 – 2005 y 2006 – 2015 a través de econometría bayesiana. Se evidencia una respuesta diferente en ambos periodos de tiempo, en el gasto fiscal y el precio del gas natural.

Clasificación JEL: E42, E58, E62, E63

Palabras Clave: Estimación Bayesiana, Gasto Fiscal, Fricciones Financieras, Modelo Estocástico de Equilibrio General (DSGE).

² Analyst in Macro-Sectoral Research (Management of Economic Policy)
email: joab_dan@hotmail.com, jvaldivia@bcb.gob.bo.

Introducción

Mucho antes de la crisis financiera (2008), en el ambiente académico, en organismos internacionales (FMI, BM, BPI, entre otros)³ y también dentro de la banca central de diferentes países, el consenso en relación al manejo de la política monetaria era que el banco central no debería prestar atención a las variables financieras y el efecto que tienen estas variables en la inflación. Dado que el supuesto más importante en el mercado financiero era que siempre se mantenía en equilibrio² y que era el mejor aproximado a un “mercado competitivo perfecto”. Las metas de inflación eran consideradas como instrumentos suficientes para garantizar la estabilidad macroeconómica. Investigaciones teóricas pre-crisis, Bernanke, Gertler y Gilchrist (1999), Kiyotaki y Moore (1997), Iacoviello (2005), señalan como conclusiones cruciales que la oferta de crédito afecta de manera relevante a los intermediarios financieros, debido a la incorporación del sector financiero en modelos de equilibrio general y por ende afectarían al sector real de la economía.

El modelo de ciclos reales económicos “RBC” y el modelo convencional “IS – LM”, a pesar de tener diferencias marcadas, tienen una similitud, ambos coinciden que la tasa de interés determina los pagos futuros de activos, las condiciones financieras en este tipo de modelos para el mercado de crédito, no afectan a la parte real de la economía⁴.

Existen dos motivos principales para la incorporación de fricciones financieras, mercados de crédito:

1. Modelar el sector financiero dado que tiene la importancia en el comportamiento de los ciclos económicos, el sector financiero amplifica los shocks en el sector real de la economía, también afecta las variables nominales.
2. El segundo motivo es la incorporación en modelos convencionales, para observar los efectos en la demanda y oferta agregada.

La oferta de crédito tienen un rol importante en las fluctuaciones macroeconómicas, evidencia empírica posterior a la crisis señalan que la pérdida de créditos amplifican el ciclo económico previo a una crisis financiera.

Debido a que los modelos de dinámicos estocásticos de equilibrio general (DSGE) no pudieron predecir sobre crisis financiera del 2008, en los recientes años existe un incremento importante en la incorporación de fricciones financieras en estos modelos. Hoy en día el consenso en relación al sector financiero, es primordial, la incorporación de intermediarios financieros tiene importantes repercusiones en el sector real de la economía.

A través de un modelo de equilibrio general estocástico (DSGE) con fricciones financieras el presente documento pretende entender la influencia de la política monetaria y fiscal en

³ FMI: Fondo Monetario Internacional, BM: Banco Mundial, BPI: Banco de pago Internacionales

⁴ Bernanke, Gertler y Gilchrist (1999) “The financial accelerator in a quantitative business cycle framework”.

Bolivia sujeto a la variación de precios del gas, el corto y mediano plazo. Bolivia al ser un país productor y exportador de gas natural es sujeta a la volatilidad de precios de commodities, dado que sus dos principales compradores de gas natural son Argentina y Brasil, su compra es sujeta a contratos y la variación de precio está relacionada al comportamiento del precio de petróleo. La incorporación del sistema financiero tiene un rol importante en un modelo de equilibrio general, como se señala Ben Bernanke (1999) dado que modifican los resultados de las funciones impulso respuesta (un modelo sin fricciones financieras subestima el impacto de los shocks).

La posición de la política fiscal en los últimos años muestra un comportamiento favorable para la economía boliviana. Por un lado el sector público no financiero (SPNF). A finales de los años 90 el resultado fiscal en millones de bolivianos tiene un comportamiento deficitario, hasta el año 2005 reportando un déficit de 1.735,86 millones de bolivianos, pero a partir del año 2006 el resultado fiscal del SPNF reporta superávit, sin embargo el 2014 el balance fiscal reporta nuevamente déficit de -7,669.18 millones de bolivianos, esto se atribuye que el sector fiscal capta ingresos tributarios por la venta de hidrocarburos al mercado externo (la captación de ingresos por la venta de gas en el último trimestre de 2014 los precios de petróleo disminuyeron, por consecuencia por contratos el precio del gas disminuyó de la misma manera).

Las investigaciones realizadas anteriormente en relación al mismo tema argumentan que los países exportadores de materia prima como Bolivia se encuentran expuestos a diferentes shocks en el ámbito internacional⁵. Los efectos evidenciados en la variabilidad del precio del gas son en las variables: PIB, consumo, inversión, inflación así como también en la tasa de interés⁶.

⁵ Blanchard O. y Perotti R. (2002)

⁶ Valdivia D. y Montenegro M (2008)

Revisión de Literatura:

Bernanke B.S., Gertler M. y Gilchrist S. (1999)⁷. La incorporación de fricciones financieras en un modelo de equilibrio general con características nuevas keynesianas (rigideces de precios a la calvo⁸), y al modelar la oferta de crédito, Bernanke, Gertler y Gilchrist demostraron que un acelerador financiero amplifica y propaga los shocks de una economía, los resultados fueron (al incremento de 1% de los diferentes shocks):

		Shocks Monetarios		Shock Tecnológico		Shock Demanda
		Producto	Inversión	Producto	Inversión	Producto
Con	Acelerador	1,50%	4,20%	1,80%	0,48%	0,48%
Financiero						
Sin	Acelerador	1,00%	2,50%	1%	0,33%	0,33%
Financiero						

Elaboración: Propia, en base a: "The financial accelerator in a quantitative business cycle framework"

La incorporación del acelerador financiero en el modelo amplifica el shock monetario, shock tecnológico y de demanda. La investigación señala que al modelar las imperfecciones en el mercado de crédito tiene varios efectos en distintas variables: consumo, mercado inmobiliario, inversión, entre muchas otras. Y así los shocks de diferente naturaleza tienen un impacto distinto al modelar en sector financiero.

Nobuhiro Kiyotaki y John Moore (1997)⁹. Los activos durables tienen un rol importante dentro los factores de producción, para la familia representativa deudora estos activos sirven como garantía del colateral. Límites en el crédito y precios en los activos son relevantes como mecanismo de transmisión de los shocks. La principal conclusión, es, dado los shocks temporales tecnológicos existe una persistente fluctuación en el producto y precios de activos, estos efectos son multiplicadores inter temporales.

Matteo Iacoviello (2005)¹⁰. Desarrolla un modelo de equilibrio general con fricciones financieras con dos elementos principales, préstamos nominales y restricciones a la deuda para la inversión en vivienda. Los resultados sugieren que shocks en las preferencias por demanda en inversión de inmuebles, los precios y el capital inmobiliario tienen la misma dirección. El acelerador financiero no es uniforme, en consecuencia la deuda nominal amortigua los shocks de oferta, dando lugar a una mejor respuesta a la demanda agregada a los shocks en el precio de la vivienda, y a un ajuste lento del gasto real ante shocks no anticipados en la inflación.

⁷ "The financial accelerator in a quantitative business cycle framework", in J.B. Taylor and M. Woodford (eds.), "Handbook of Macroeconomics", volume 1 of *Handbook of Macroeconomics*, chapter 21, pp. 1341-1393.

⁸ Calvo, G.A. (1983), "Staggered prices in a utility-maximizing framework", *Journal of Monetary Economics* 12:383-398.

⁹ "Credit Cycles", in *The Journal of Political Economy*, Vol. 105, No. 2, pp. 211-248 Published by: The University of Chicago Press.

¹⁰ "Houses Prices, Borrowing Constrains, and Monetary Policy in the Business Cycle" in the *American Economic Review*, Volume 95, Number 3.

Leonardo Gambacorta y Federico M Signoretti (2013)¹¹. La investigación empírica mide efectos del impacto de los créditos en el ciclo económico, la teoría indica que son a través de ciertos canales de transmisión que la política monetaria puede interactuar con la oferta de crédito y de esa manera afectar al comportamiento de la económica en el sector real.

La regla de Taylor con incorporaciones de precios de activos y crédito pueden mejorar los mecanismos de transmisión en la estabilización de macroeconómica, dado un modelo dinámico de equilibrio general estocástico (DSGE), la modelación del balance de los bancos y el de la oferta de crédito son los canales de transmisión, los cuales, fricciones financieras, pueden afectar al sector real de la economía, este modelo permite al banco central medir de mejor manera el tradeoff existente entre la inflación y la estabilización del producto. En particular shocks tecnológicos y en el mark- up, sugieren que el banco central debería reaccionar al comportamiento del precio de los activos y así reducir las fluctuaciones del producto y la inflación entre 20% y 30%. Ante shocks transitorios tecnológicos y de costo inflacionario, generan que la inflación caída (shock tecnológico), incremente el PIB y se produzca una elevación de la tasa de política monetaria. El Producto y la inversión caen debido a incrementos de la inflación. Las funciones impulso respuesta de todas variables son evaluadas con y sin la incorporación de precios de activos en la regla de Taylor, y como se señala Bernanke (1997), la modelación del sector financiero amplifica y en algunos casos distorsionan las evaluaciones de política económica en modelo de equilibrio general.

Stefania Villa (2013)¹². Evalúa tres modelos de equilibrio general para evaluar fricciones financieras, para la zona euro, los modelos son: Smets and Wouters "SW" (2007), el modelo de SW con fricciones financieras con firmas no financieras à la Bernanke (1999) (SWBGG). Y por último el modelo de SW con fricciones financieras modelando empresas intermediadoras à la Gertler y Karadi (2011) (SWGK). El rol del sector financiero y los efectos de este en el sector real de la economía es importante dado el mecanismo de shocks en el acelerador financiero. El resultado crucial es la incorporación y modelación de diferentes sectores financieros y como este sector impacta en el sector real de la economía en ambos casos (SWBGG y SWGK), el resultado relevante es: el mejor entendimiento de los ciclos económicos dada la anexión del mercado financiero a modelos de equilibrio general.

Gertler Mark y Karadi Peter (2011)¹³ Desarrollan un modelo (DSGE) con intermediadores financieros, el cual el balance de los banco comerciales se determina de manera endógena. Evalúan los efectos del banco central con política monetaria no convencional para poder enfrentar la crisis financiera. La interpretación de política no convencional se entiende como expansión del crédito ayudando así a los intermediadores financieros. El banco central es menos eficiente que los intermediadores financieros en el momento de otorgar prestamos pero es capaz de obtener fondos mediante la emisión de deuda pública sin riesgo.

En relación al marco teórico de los efectos del gasto fiscal en el comportamiento de la economía se desarrolló diferentes trabajos de evidencia empírica, estos indican el efecto

¹¹ "Should monetary policy lean against the wind? An analysis based on a DSGE model with banking".

¹² "Financial Frictions in the Euro Area a Bayesian Assessment, Working Paper Series, No. 1521, March 2013, European Central Bank".

¹³ "A model of unconventional monetary policy" Paper in Journal of Monetary Economics No. 58 (2011) 17-34.

sobre el Producto Interno Bruto (PIB), consumo, inversión, empleo, tipo de cambio, entre otras.

Végh, Mendoza y Ilzetzki¹⁴, Examinan el gasto fiscal de 44 países (20 países desarrollados y 24 países en vías de desarrollo), mediante un modelo de series de tiempo, Vectores Auto Regresivos estructurales (SVAR), demuestran los efectos a largo plazo del gasto de gobierno. En economías con tipo de cambio fijo y tipo de cambio flexible, el producto incrementa y la inversión disminuye. La reacción de la tasa de interés y el consumo tienen diferentes efectos bajo los distintos regímenes cambiarios, en los países con tipo de cambio fijo, tasa de interés disminuye y el consumo incrementa, en cambio en las economías con tipo de cambio flexible sucede lo contrario.

Aguirre y Giarda¹⁵. Investigan la relación de indicadores de ciclicidad fiscal y precios de commodities, mediante vectores de integración (VEC) con datos de panel, para 121 países la conclusión es: política fiscal tiene un comportamiento procíclico, el efecto de largo plazo de un aumento de los precios de commodities es negativo, sin embargo para ciertos commodities y grupos de países el efecto es opuesto. El comportamiento de la política fiscal es explicado por parte de los efectos a largo plazo de precios de las commodities.

Blanchard y Perotti¹⁶, para Estados Unidos usan un modelo de Vectores Autoregresivos (VAR), evidencian que en respuesta a shocks de gasto fiscal el producto y el consumo incrementan, en distintas magnitudes. Pero la respuesta de la inversión es contraria.

Iwata Yasuharu¹⁷, investiga el comportamiento de la política fiscal (gasto fiscal), para Japón, con un modelo Dinámico Estocástico de Equilibrio General (DSGE), en presencia de shocks de gasto fiscal, el resultado es de relevancia en el comportamiento de la economía. Existe un aumento del consumo, producto, la inversión disminuye y una depreciación del tipo de cambio real.

García, Restrepo y Tanner¹⁸, analizan la regla fiscal, para la economía chilena, sujeta a cambios de precio de commodities (precio del cobre y molibdeno). A través de un modelo Dinámico Estocástico de Equilibrio General (DSGE), concluyen que shocks positivos del precio del cobre, genera una transmisión al gasto fiscal e incrementa el consumo agregado de la economía y el producto, la inversión es afectada negativamente.

García y Restrepo¹⁹, los efectos de shocks de gasto fiscal son positivos en el consumo y producto, disminuyen el tipo de cambio real y afectan de manera contraria a la inversión, por un alza de la tasa de interés, La investigación concluye además que la regla fiscal ayuda a reducir la volatilidad del producto en comparación con la regla de presupuesto equilibrado ante shocks de precios del recurso natural.

¹⁴ Ethan Ilzetzki, Enrique G. Mendoza y Carlos A. Végh: "How Big (Small?) are Fiscal Multipliers" IMF Working Paper (2011).

¹⁵ Álvaro Aguirre Mario Giarda: "The Resource Curse: Does Fiscal Policy Make a Difference?" (2015).

¹⁶ Olivier Blanchard y Roberto Perotti: "An Empirical Characterization of the Dynamic Effects of Changes in Government Spending and Taxes on Output." (2002).

¹⁷ Iwata Yasuharu: "Non-Wasteful Government Spending in an Estimated Open Economy DSGE Model: Two Fiscal Policy Puzzles Revisited" (2012).

¹⁸ Carlos García, Jorge E. Restrepo, and Evan Tanner: "Fiscal Rules in a Volatile World: A Welfare-Based Approach", IMF Working Paper (2011).

¹⁹ Carlos J. García and Jorge E. Restrepo: "How Effective is Government Spending in a Small Open Economy with Distortionary Taxes" (2007).

García y Kawamura²⁰ evalúan tres diferentes maneras de política para el caso de la economía chilena; regla fiscal para el gasto del gobierno, control de capitales e impuesto al crédito doméstico, con shocks en el precio de los commodities. Familias con acceso al crédito desean una regla fiscal procíclica, mientras las otras familias con restricciones de crédito dependiendo de la presencia de externalidades o fricciones financieras, pueden preferir reglas fiscales procíclicas o contracíclicas. Por el lado control de capitales, las familias no restringidas elegirán una regla prudencial para impuestos de endeudamiento externo, mientras las otras familias preferirán que los controles de capitales sean procíclicos.

Valdivia y Montenegro²¹, explican dos reglas fiscales para Bolivia en un Modelo Dinámico Estocástico de Equilibrio General (DSGE); la primera donde los impuestos reaccionan de acuerdo al nivel de deuda y nivel de gasto, segundo se mantiene un presupuesto balanceado (deuda cero) y los impuestos reaccionan para mantener el presupuesto equilibrado. El resultado de ambas reglas son: a) un incremento del precio de los factores, b) en respuesta al incremento del precio de los factores, que tienen un efecto negativo en la inflación (producen mayor inflación), el Banco Central reacciona incrementando las tasas de interés c) Se produce una depreciación del tipo de cambio nominal y una leve apreciación del tipo de cambio real; d) las exportaciones de la economía son guiadas por el movimiento del tipo de cambio real, y finalmente e) el nivel de riesgo país aumenta.

Machicado y Estrada²² argumentan que la política fiscal en la economía boliviana (el gasto corriente), no es capaz de generar altas tasas de crecimiento en el producto, debe ir acompañada de un eficiente gasto de capital (infraestructura) y de incrementos en la productividad de los sectores económicos, la investigación es realizada a través de un modelo Dinámico Estocástico de Equilibrio General (DSGE), con diferentes sectores de la economía, sin tomar en cuenta la política monetaria.

²⁰ Javier García-Cicco y Enrique Kawamura: "Dealing with the Dutch Disease: Fiscal Rules and Macro-prudential policies" (2014).

²¹ Daney D. Valdivia y Marcelo A. Montenegro: "Reglas Fiscales en Bolivia en el contexto de un Modelo de Equilibrio Dinámico General Estocástico" (2008).

²² Carlos Gustavo Machicado y Paúl Estrada: "Política fiscal y crecimiento económico: un análisis de simulación para Bolivia" (2012).

MODELO

El macro de referencia del modelo de Gerali (2010) en conjunto con el modelo de Gambacora y Signoretti (2013), una versión simplificada en la modelación de fricciones financieras incorporándolo en un DSGE y además de una versión de una economía abierta por García y Gonzales (2013), son el resultado el presente modelo, que responde a dos características esenciales: i) la presencia de restricciones al crédito, que depende del valor de la deuda y ii) la presencia de una restricción del nivel de apalancamiento del banco.

El modelo describe el comportamiento de dos agentes; las familias y los empresarios, los cuales son llamados por la literatura agentes pacientes y agentes impacientes. Los intermediadores financieros (bancos), vinculan los créditos otorgados a los empresarios y los fondos de los agentes pacientes, dado su diferenciación de tasas correspondientes. Los empresarios son dueños de capital lo que indica que se encarga de la producción, demandan fuerza laboral y capital físico, además de ello se introduce costos de ajuste al capital que permite estudiar el proceso de inversión en función de la dinámica del stock de capital y la dinámica de la ratio Q de Tobin que representa la proporción entre el valor de mercado de la empresa y el coste de reposición del capital instalado, Tobin (1969). Brainard y Tobin (1977) señalan que la introducción de la Q de Tobin tiene un rol importante en la transmisión de política monetaria, vía dos canales: la directa sobre la decisión de los empresarios en la inversión, y la indirecta vía las decisiones de consumo. Esto quiere decir que la Q de Tobin tiene efectos sobre la inflación y el crecimiento económico.

Familias

En Gambacorta y Signoretti (2013), existe una diferenciación entre dos tipos de consumidores, el primero que es la familia representativa y el segundo que representa los empresarios.

La familia representativa optimizadora maximiza su utilidad inter-temporal en términos del consumo, $\{C_{t,i}^o\}_{t=0}^{\infty}$ y trabajo $\{N_{t,i}^o\}_{t=0}^{\infty}$. Sus preferencias vienen dadas por la siguiente función de utilidad:

$$E_o \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U(C_t^o(i), N_t^o(i)) \quad (1)$$

Sujeto a la restricción presupuestaria

$$P_t C_t^o(i) \leq W_t(i) N_t^o(i) + B_t^o(i) - S_t B_t^{o*}(i) + D_t^o(i) - P T_t - R_t^{-1} B_{t+1}^o(i) + S_t (\Phi(B_{t+1}^*) R_t^*)^{-1} B_{t+1}^{o*}(i) \quad (2)$$

Donde $C_t^o(i)$ es el consumo, $D_t^o(i)$ son los dividendos provenientes de las firmas, $\Phi(B_{t+1}^*)$ es la prima de riesgo país, S_t es el tipo de cambio nominal, $B_t^{o*}(i)$ son los activos externos privados netos, donde un valor positivo de $B_t^{o*}(i)$ indica deuda, $W_t(i)$ es el salario nominal, $N_t^o(i)$ son las horas de trabajadas, $B_t^o(i)$ es la deuda pública en mano de los hogares, R_t y R_t^* son los rendimientos nominales brutos de los activos nacionales y extranjeros respectivamente (donde $R_t = 1 + i_t$ and $R_t^* = 1 + i_t^*$) y T_t son impuestos *lump sum*.

La función de utilidad es del tipo CRRA estándar con relación a la volatilidad del consumo. Este supuesto es necesario porque las funciones de utilidad estándares producen muy poca volatilidad del consumo en economías pequeñas y abiertas.

$$U(C, N) = \frac{(C^o)^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} - \psi \frac{(N)^{1+\varphi}}{1+\varphi} \quad (3)$$

Note que $1/\sigma$ es la elasticidad de sustitución intertemporal del consumo y $1/(\varphi-1)$ es la elasticidad de la oferta de trabajo a los salarios. El valor de ψ esta calibrado para obtener una fracción de horas de trabajo. La condición de primer, resulta en la ecuación de Euler estándar:

$$\beta_t E_t \frac{C_t^\sigma}{C_{t+1}^\sigma} \frac{R_t}{\pi_{t+1}} = 1 \quad (4)$$

De las condiciones de primer orden también es posible derivar la paridad de intereses condición:

$$R_t \left(\frac{P_t}{P_{t+1}} \right) = \left(\frac{e_{t+1}}{P_{t+1}} \right) \left(\frac{P_t}{e_t} \right) R_t^* \Phi \left(\frac{e_t B_t^*}{P_t Y_t} \right) \quad (5)$$

El modelo supone que el riesgo país²³ depende de la deuda externa de la siguiente manera:

$$\Phi_t = 1 + \mathcal{G} \left(\exp \left(\frac{b_{t+1}^*}{PIB_{t+1}} - \frac{\bar{b}^*}{PIB} \right) - 1 \right) \quad (6)$$

²³ Schmitt-Grohé y Uribe (2003)

Firmas

Firmas bienes domésticos intermedios

Se asume un continuo de firmas, indexada por $j \in [0,1]$, que producen bienes intermedios diferenciados. La función de producción de la firma de bienes intermedios representativos corresponde a una función Cobb-Douglas que combina capital " k_t ", trabajo " N_t " e importaciones " M_t " para producir Y_t :

$$Y_t = A_t N_t^{\alpha_1} k_t^{\alpha_2} M_t^{(1-\alpha_1-\alpha_2)} \quad (7)$$

Donde A_t es el nivel de tecnología y α_1 mide la participación del trabajo en la producción y α_2 mide la participación del capital. Las firmas minimizan sus costos tomando como dado el precio de la renta del capital, Z_t y el salario, W_t sujeto a la función de producción. Por tanto las demandas de factores se derivan de la condición de primer orden:

$$\frac{Z_t}{W_t} = \frac{N_t}{k_t} \quad (8)$$

$$\frac{e_t}{W_t} = \frac{N_t}{M_t} \quad (9)$$

Por tanto, el costo marginal, es dado por:

$$MC = \frac{1}{A_t} \left[W_t^{\alpha_1} Z_t^{\alpha_2} M_t^{(1-\alpha_1-\alpha_2)} \right] \quad (10)$$

Adicionalmente, suponemos que las firmas fijan precios a la Calvo (1983):

$$\max \sum_{k=0}^{\infty} \theta E_t \left\{ \Lambda_{t,t+k} Y_{t+k}(j) (P_t^*(j) - MC_{t+k}) \right\} \quad (11)$$

Sujeto a:

$$Y_{t+k}(j) \leq \left(\frac{P_t^*(j)}{P_t} \right)^{-\varepsilon} Y_{t+k} \quad (12)$$

En este modelo la probabilidad de cambiar los precios es constante $(1 - \theta)$. Por otro lado, ε es la elasticidad de sustitución entre los bienes diferenciados. El precio óptimo P_t^* debe satisfacer la siguiente condición de primer orden:

$$\sum_{k=0}^{\infty} \theta^k E_t \left\{ \Lambda_{t,t+k} Y_{t+k}(j) \left(P_t^*(j) - \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} MC_{t+k} \right) \right\} = 0 \quad (13)$$

Donde el factor de descuento estocástico es $\Lambda_{t,t+k} = \beta^k \left(\frac{C_{t+k}^o}{C_t^o} \right)^{-\sigma} \left(\frac{P_t}{P_{t+1}} \right)$

Como es estándar en el modelo de Calvo, se supone que las firmas no reciben la señal indicada, ellas no ajustan sus precios. Por tanto, la dinámica del precio agregado es:

$$P_t = \left[\theta (P_{t-1})^{1-\varepsilon} + (1-\theta)(P_t^*)^{1-\varepsilon} \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon}} \quad (14)$$

Inversión

Se supone, la existencia de empresas que producen bienes homogéneos de capital. Luego estos bienes son alquilados a las empresas de productos intermedios.

Las empresas que producen bienes homogéneos de capital son de propiedad exclusiva de los empresarios. Las empresas maximizan la siguiente función de valor:

$$V^t(k_t^E) = z_t k_t^E - p_t^I I_t + E_t(V^{t+1}(k_{t+1}^E)) \quad (15)$$

Sujetos a:

$$k_{t+1}^E = (1-\delta)k_t^E + \phi \left(\frac{I_t}{k_t^E} \right) k_t^E \quad (16)$$

Donde $\phi(\cdot)$, es una función de costos de ajuste cuadráticos. La condiciones de primer orden so: donde Q_t^o es Q de Tobin:

$$Q_t^E \phi' \left(\frac{I_t}{k_t^E} \right) = 0 \quad (17)$$

$$Q_t^E = E_t \left\{ \Lambda_{t,t+1} \left(\frac{P_{t+1}}{P_t} \right) \left[\frac{z_{t+1}}{P_{t+1}} + Q_{t+1}^E \left((1-\delta) + \phi_{t+1} - \frac{I_{t+1}}{k_{t+1}^E} \phi'_{t+1} \right) \right] \right\} \quad (18)$$

Política Monetaria

El banco central fija la tasa de interés nominal de acuerdo a la siguiente regla:

$$r_t = \mu_t \left[\left(\frac{\pi_t}{\bar{\pi}} \right)^{\phi_\pi} \left(\frac{Y_t}{\bar{Y}} \right)^{\phi_y} \right] \quad (19)$$

Donde r_t es la tasa de interés nominal, $\bar{\pi}$ es la inflación total en estado estacionario (que es cero en nuestro modelo), Y_t representa el PIB excluyendo los recursos naturales, \bar{Y} es el valor en estado estacionario,

Los bancos centrales no mueven de inmediato la tasa de interés a su nivel objetivo, dado que toma tiempo para responder a los cambios en la tasa de inflación y producto. Además, hay shocks de política monetaria, μ_t el cual es normalmente distribuido.

Política fiscal

Restricción Intertemporal del gobierno gubernamental

El gasto gubernamental depende de los ingresos derivados de recaudación impuestos, también por la recaudación de venta del gas²⁴, entonces una aproximación de la recaudación de ingresos está relacionado con el comportamiento del precio del gas.

$$g_t = \tau_t^k (Z_t - \delta) K_t \quad (20)$$

$$g_t = g_{t-1}^{\rho_g} PC_t^\tau e^{s_t} \quad (21)$$

Así mismo la evolución del precio del gas sigue un proceso estocástico AR(1) con media y varianza "0, σ^2 ".

$$PC_t = PC_{t-1}^{\rho_{PC}} e^{PC_t} \quad (22)$$

²⁴ Caso de la Economía Boliviana.

Condiciones de equilibrio de mercado y Agregación

La suma ponderada del consumo agregado, dado por la familia representativa y por el agente representativo de los empresarios, es:

$$C_t = \lambda C_t + (1-\lambda)C = \int_0^\lambda C_t(i)di + \int_\lambda^1 C_t(i)di \quad (24)$$

El clareo de mercado de bienes, las condiciones de equilibrio de mercado son:

$$Y_t = \theta_1 C_t + \theta_2 I_t + \theta_3 G_t + (1 - \theta_1 - \theta_2 - \theta_3) X_t \quad (25)$$

Donde el consumo agregado, la inversión, el gasto, y las exportaciones reflejan una proporción de la producción.

La restricción presupuestaria de toda la economía se puede expresar como:

$$p_t C_t \leq p_t Y_t - S_t p_t^* M_t + \frac{S_t B_{t+1}^*}{p_t R_t \Omega_t} - S_t B_{t+1}^* \quad (26)$$

Donde la deuda real se define como $b_t = \frac{S_t B_{t+1}^*}{p_t}$.

Definimos la exclusión de los recursos naturales como la suma de los bienes nacionales menos las importaciones:

$$P_t PIB_t = P_t Y_t - S_t p_t^* IM_t \quad (27)$$

Exportaciones

La demanda de las exportaciones nacionales a países extranjeros se modela de la siguiente manera. Existe una demanda para cada conjunto de productos nacionales diferenciados. Este se considera como un shock en las estimaciones y en el precio de la vivienda de los productos nacionales en relación con su precio en el país extranjero:

$$X_t = \left[\left(\frac{p_t}{S_t p_t^*} \right) \right]^{-\eta^*} v_t \quad (28)$$

Empresarios

La función de maximización por parte del empresario representativo es dado por:

$$\max_{\{c_t^E(i), N_t^{P,d}(i), b_t^{EE}(i)\}} E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \log(c_t^E(i)) \quad (29)$$

El empresario representativo, tiene dos tipos de restricciones una dada por las demanda de crédito y la otra es por el valor de deuda adquirida, además de ello el β^t de los empresarios es más pequeño que de la familia representativa, dado que su consumo se traduce en inversión.

$$c_t^E(i) + (1 + r_{t-1}^b) b_{t-1}^{EE}(i) + w_t N_t^{P,d}(i) + q_t^k k_t^E(i) \leq y_t^E(i) + b_t^{EE}(i) + q_t^k (1 - \delta^k) k_t^E(i) \quad (30)$$

$$b_t^{EE}(i) \leq \frac{m_t^E q_{t+1}^k (1 - \delta^k) k_t^E(i)}{1 + r_t^b} \quad (31)$$

Adicionalmente ellos son dueños de capital descrito en el modelo (Q de Tobin), de manera análoga es definida q_{t+1}^k , la demanda laboral es $N_t^{P,d}$ por el lado de los empresarios.

Las condiciones de primer son:

$$\frac{1}{c_t^E(i)} - \lambda_t^E(i) = \beta^t \frac{(1 + r_t^b)}{c_{t+1}^E(i)} \quad (32)$$

$$\frac{\lambda_t^E(i) m^E q_{t+1}^k (1 - \delta^k)}{(1 + r_t^b)} + \frac{\beta^t}{c_{t+1}^E(i)} [q_{t+1}^k (1 - \delta^k) + z_{t+1}] = \frac{q_t^k}{c_t^E(i)} \quad (33)$$

$$\frac{(1 - \xi) y_t^E(i)}{N_t^{P,d}(i)} = w_t \quad (34)$$

Donde λ_t^E es el multiplicador de Lagrange de la restricción que representa el valor marginal de una unidad adicional del préstamo del empresario.

Sector Bancario

El sector bancario está definido por, donde $d_t(j)$ son los depósitos de las familias que se paga una tasa de interés pasiva que está asociado a la tasa de política monetaria, $b_t(j)$ representa a los préstamos otorgados por parte de los bancos a los empresarios R_t^b , es la tasa de activa.

$$\max_{\{b_t(j), d_t(j)\}} R_t^b b_t(j) - r_t^{ib} d_t(j) - \frac{\theta}{2} \left[\frac{K_t^b(j)}{b_t(j)} - v \right]^2 K_t^b(j) \quad (35)$$

$$s.t. : b_t(j) = d_t(j) + K_t^b(j) \quad (36)$$

Del proceso de maximización por parte de los bancos se tiene:

$$R_t^b = r_t^{ib} - \theta \left[\frac{K_t^b(j)}{b_t(j)} - v \right] \left[\frac{K_t^b(j)}{b_t(j)} - v \right] \quad (37)$$

Nótese que la anterior ecuación implica que los costos asociados a los prestamos iguala a la tasa de política monetaria, que se relaciona positivamente con el grado de apalancamiento bancario con elasticidad igual a θ .

$$r_t^b = r_t^{ib} - \theta \left[\frac{K_t^b(j)}{b_t(j)} - v \right] \left[\frac{K_t^b(j)}{b_t(j)} - v \right] + \mu^b \quad (38)$$

La ecuación descrita, en torno a su estado estacionario es dado por:

$$\tilde{r}_t^b = \tilde{r}_t^{ib} + sp r_t = \tilde{r}_t^{ib} + \frac{\theta v^3}{1 + \tilde{r}_t^{ib}} lev \quad (39)$$

Donde:

$$lev = \hat{B}_t - \tilde{K}_t^b \quad (40)$$

El comportamiento del canal de la oferta de crédito es dado por los cambios en los prestamos de la ecuación 39 se obtiene:

$$\tilde{r}_t^b = \tilde{r}_t^{ib} + \frac{\theta v^3}{1 + \tilde{r}_t^{ib}} \hat{B}_t - \frac{\theta v^3}{1 + \tilde{r}_t^{ib}} \tilde{K}_t^b$$

$$\tilde{r}_t^b = \tilde{r}_t^{ib} + \frac{\theta v^3}{1 + \tilde{r}_t^{ib}} \hat{B}_t - \frac{\theta v^3}{1 + \tilde{r}_t^{ib}} \tilde{K}_t^b$$

Resultados del Modelo

El gráfico (Funciones Impulso Respuesta (FIR), shock Tecnológico)²⁵, muestra los efectos de un shock tecnológico positivo sobre el PIB del 0.84% (2000 – 2005) y 1.05% (2006 – 2015), es por esa razón que el gráfico {Formación Radial de IRF, DSGE (Shock Tecnológico)}²⁶ de los radiales solo se muestra el comportamiento del segundo periodo de análisis. El consumo por otro lado tiene un comportamiento negativo para ambos periodos de análisis de 0.04% (2000 – 2005) y 0.01% (2006 – 2015), el resultado negativo es de esperarse como se evidencia en Brzoza-Brzezina, Kolasa y Makarski²⁷ dado un modelo de fricciones financieras. El comportamiento de la inversión en respuesta al shock es negativa, (Dominic Quint y Pau Rabanal²⁸), en ambos periodos de análisis la inversión responde en -0.006%, sin embargo para 2006 – 2015 la convergencia al estado estacionario es mucho más rápida. En relación al comportamiento de las tasas de interés pasiva y activa, las cuatro funciones impulso respuesta tienen un comportamiento similar, el impacto en el primer periodo en ambos periodos:

	Shock Tecnológico	
	Tasa de Interés Pasiva	Tasa de Interés Activa
2000 - 2005	-1.35%	-0.01%
2006 - 2015	0.33%	0.003%

Elaboración: Autor

La respuesta de la tasa de política monetaria (2000 – 2005) en relación al shock tecnológico es 0.13% esta reacción está por encima de la tasa de interés pasiva y activa, dado el comportamiento de la inflación ante un shock tecnológico es negativo (-0.27%²⁹), para ese periodo de tiempo (un incremento en la tasa de interés de política monetaria, es incentivar a un incremento en ambas tasas, por consecuencia, se retira dinero de la economía y la inflación cae). Para el 2006 – 2015 el cambio en la tasa de política monetaria es 0.12% luego ello converge al estado estacionario, la tasa pasiva y activa son positivas en el primer periodo pero en los periodos siguientes ambas tasas se elevan, la disminución de la inflación es un comportamiento natural (-0.31%).

²⁵ Ver Anexos

²⁶ Ver Anexos

²⁷ "The anatomy of standard DSGE models with financial frictions" (2010).

²⁸ Monetary and Macropudencial Policy in an Estimated DSGE model of the Euro Area, las Funciones Impulso Respuestas (FIR), muestran un comportamiento similar en relación a la investigación realizada.

²⁹ Gambacorta y Signoretto "Should monetary policy lean against the wind?" (2013).

Los shocks en la regla de Taylor (2009 – 2005) genera cambios en el comportamiento de las tasas de interés pasiva y activa (-0.0002% y -0.02 respectivamente) hasta que convergen a su estado estacionario, la inversión responde positivamente (0.09%), dado la disminución de las tasas de interés, el periodo 2006 – 2015 la inversión responde en 0.04% dado la respuesta negativa de las tasas de interés -0.01% (pasiva) y -0.0009% (activa), los resultados de shocks en la regla de Taylor en relación a la inversión es convencional. El consumo incrementa para ambos periodos de análisis 0.64%, para el primer y 0.8% para el segundo, dado que el consumo es parte de la demanda interna esto se refleja en el siguiente periodo en un aumento del producto 0.56% (2000 – 2005) y 1.19% (2006 – 2015), esto es debido al efecto temporal.

Los shocks en el gasto fiscal y en el precio del gas tienen un comportamiento similar para ambos periodos, el gasto fiscal es expansivo sobre producto:

	PIB	
	Shock Gasto Fiscal	Shock Precio del Gas
2000 - 2005	0.67%	0.71%
2006 - 2015	0.68%	0.570%

Elaboración: Propia

En el siguiente cuadro los efectos en los periodos de análisis que el gasto fiscal es expansivo y si existe un estímulo fiscal para el caso boliviano, que es invariante dentro de la muestra total, sin embargo el shock del precio del gas si cambia en el tiempo el efecto es menor en 2006 - 2015 (0.57%), son 14 pp menos que el anterior periodo. La inflación incrementa para ambos shocks y en ambos periodos:

	Inflación	
	Shock Gasto Fiscal	Shock Precio del Gas
2000 - 2005	0.32%	0.59%
2006 - 2015	0.33%	0.55%

Elaboración: Propia

Los objetivos de la política fiscal también deberían estar orientados en la estabilidad de precios, y en coordinación con la política monetaria Leeper (1991)³⁰, Woodford (1995)³¹, Sims (1994, 1997)³², Cochrane (1998, 2001)³³, Christiano y Fitzgerald (2000)³⁴, dado el resultado en las funciones impulso respuesta de incrementos en la inflación ante un cambio porcentual del gasto fiscal.

³⁰ "Equilibria Under "Active" and "Passive" monetary and fiscal policies", Washington D.C., Federal Reserve System, Journal of Monetary Economics.

³¹ "Price Level Determinacy without of Control a Monetary Aggregate", National Bureau of Economic Research, Cambridge.

³² Christopher A. Sims "A Simple Model for the Determination of Price Level and the interaction of Monetary and Fiscal policy" (1994) y "Fiscal Foundations of Price Stability in Open Economics, University of Yale" (1997).

³³ John H. Cochrane "A Frictionless View of U.S inflation (1999)", "Long - Term Debt and Optimal Policy in The Fiscal Theory of The Price Level (2001).

³⁴ "Understanding the fiscal theory of the price level", National Bureau of Economic Research.

Los resultados obtenidos en la inflación pueden evidenciarse como en Garcia (2014), el cual encuentra un efecto negativo en esta variable para Chile, Colombia y Perú, a través de shocks en la regla de Taylor.

Conclusiones

La investigación realizada muestra que a partir del 2006, Bolivia tiene un comportamiento diferente que años anteriores prueba de ello se evidencia en los resultados obtenidos por el modelo dado. A pesar que el modelo es el mismo para ambos periodos 2000 – 2005 y 2006 – 2015, el precio de gas afecta de manera positiva en el PIB, pero el impacto en menor proporción (2006 – 2015), 4 puntos porcentuales menos que el primer periodo de análisis.

Por otro lado, shocks en la regla de Taylor a través de canales de transmisión afecta de manera negativa a la inflación, de esa manera se evidencia que la política monetaria ayuda a contener los brotes inflacionarios y así conseguir las metas de inflación establecidas por el banco central.

Los efectos del gasto fiscal en el nivel de precios son positivos, sin embargo este es contenido por incrementos de la tasa de interés de política monetaria, y la convergencia de la inflación hacia el estado estacionario es en 3 periodos (2006 – 2015), este resultado es rápido a diferencia del primer periodo de análisis, las reacciones de las tasas del sector bancario (activa y pasiva), son positivas, el resultado es coherente para poder contener una elevación del nivel de precios.

La modelación del comportamiento de los bancos es importante para cualquier modelo de equilibrio general, los resultados obtenidos evidencian que la coordinación de la política fiscal y monetaria, dadas las funciones impulso respuesta, afectan a la estabilidad de precios a través del comportamiento de las tasas de interés (activa y pasiva). Asimismo se observa un efecto de las tasas de interés sobre el Consumo y la Inversión, por ende al crecimiento económico.

Bibliografía

1. Agénor, P.R., Montiel, P.(2015), *Development Macroeconomics*, Princeton University Press.
2. Aguirre A. y Giarda M. (2015) "The Resource Curse: Does Fiscal Policy Make a Difference?," Banco Central de Chile, Documentos de trabajo No. 761
3. Blanchard O. y Perotti R. (2002) "An Empirical Characterization of the Dynamic Effects of Changes in Government Spending and Taxes on Output," *Quarterly Journal of Economics* 117(4): 1329-68.
4. Banco Central de Bolivia: Informe de Política Monetaria, enero 2014.
5. Barro, R. (1979) "On the Determination of Public Debt" *Journal of Political Economy* 87(5): 940-71.
6. Bernanke B.S., Gertler M. y Gilchrist S. (1999)" The financial accelerator in a quantitative business cycle framework", in J.B. Taylor and M. Woodford (eds.), "Handbook of Macroeconomics", volume 1 of *Handbook of Macroeconomics*, chapter 21, pp. 1341-1393.
7. Bénassy, J. P. (2002). *The Macroeconomics of Imperfect Competition and Nonclearing Markets*, MIT Press.
8. Calvo, G. (1983) "Staggered Prices in a Utility Maximizing Framework," *Journal of Monetary Economics* 12: 383-98.
9. Ethan I., Mendoza E. y Végh C. (2011) "How Big (Small?) are Fiscal Multipliers" IMF Working Paper.
10. Favero, C. (2001): *Applied Macroeconometrics*, Oxford University Press.
11. Fatás, A. and Mihov (2001) "The Effects of Fiscal Policy on Consumption and Employment: Theory and Evidence," INSEAD, mimeo.
12. Galí, J., J. D. López-Salido and J. Vallés (2005) "Understanding the Effects of Government Spending on Consumption," CREI, mimeo.
13. Garcia C., Restrepo J. E. y Tanner E. (2011) "Fiscal Rules in a Volatile World: A Welfare-Based Approach," IMF Working Paper.
14. Garcia C.y Restrepo J. E. (2007) "How Effective is Government Spending in a Small Open Economy with Distortionary Taxes,".
15. García, C.J., Gonzalez, W., 2014. "Why Does Monetary Policy Respond to The Real Exchange Rate in Small Open Economies? A Bayesian Perspective". *Empirical Economics*, Springer, vol. 46(3), pp. 789-825.
16. Gertler, M., Karadi, P., 2011. "A Model of Unconventional Monetary Policy". *Journal of Monetary Economics* 58, 17-34.
17. García-Cicco J. y Kawamura E. (2014) "Dealing with the Dutch Disease: Fiscal Rules and Macro-prudential policies,"
18. International Monetary Fund "IMF" Fiscal Affairs Department.
19. Leonardo Gambacorta y Federico M Signoretti (2013) "Should monetary policy lean against the wind? An analysis based on a DSGE model with banking".

20. Machicado G.C. y Estrada P. (2012) "Política fiscal y crecimiento económico: un análisis de simulación para Bolivia," *Analítica, Revista de análisis estadístico*, Vol. 4(2): 57-79.
21. Matteo Iacoviello (2005) "Houses Prices, Borrowing Constraints, and Monetary Policy in the Business Cycle" in the *American Economic Review*, Volume 95, Number 3.
22. Mankiw, G. (2000) "The Savers-spenders Theory of Fiscal Policy Shocks?" *American Economic Review* 90:120-25.
23. Memoria de la Economía Boliviana (2012).
24. Nobuhiro Kiyotaki y John Moore (1997) "Credit Cycles", in *The Journal of Political Economy*, Vol. 105, No. 2, pp. 211-248 Published by: The University of Chicago Press.
25. Smets, F. y R. Wouters (2002): "An Estimated Stochastic Dynamic General Equilibrium Model of the Euro Area", European Central Bank.
26. Valdivia, D. (2008): "¿Es importante la fijación de precios para entender la dinámica de la inflación en Bolivia?", INESAD, WP N° 02/2008.
27. Valdivia D. y Montenegro M (2008) "Reglas Fiscales en Bolivia en el contexto de un Modelo de Equilibrio Dinámico General Estocástico," Social Science Research Network.
28. Woodford, M., 2003, *Interest & Prices: Foundations of a Theory of Monetary Policy* (Princeton: Princeton University Press).
29. Yasuharu I. (2012) "Non-Wasteful Government Spending in an Estimated Open Economy DSGE Model: Two Fiscal Policy Puzzles Revisited," Economic and Social Research Institute "ESRI" Discussion Paper Series No.285.
30. Gertler Mark y Karadi Peter (2011) "A model of unconventional monetary policy" Paper in *Journal of Monetary Economics* No. 58 (2011) 17-34.

Anexos

Metodología Econométrica

Se evaluó los parámetros del modelo con una metodología econométrica desde el punto de vista bayesiana para medir el efecto de la política monetaria en variables macroeconómicas.

El enfoque econométrico bayesiano aporta mucha más información a las decisiones bajo la incertidumbre, a diferencia de la econometría clásica “frecuentista³⁵”, los Bayesianos consideran que es lícito y deseable que el investigador adquiera información (muchas veces subjetiva), que pueda tener sobre los parámetros a estimar antes de tomar en cuenta los datos.

La estimación bayesiana puede ser vista como un puente entre la calibración y la estimación por máxima verosimilitud (MV). Se reemplaza la calibración (de al menos un sub conjunto) de los parámetros por la especificación de una densidad a priori de los parámetros a estimar:

El modelo estimado fue realizado como referencia a: (ver Fernández-Villaverde y Rubio-Ramírez, 2004; Smets y Wouter, 2007). La estimación es basada en una función de verosimilitud generada por la solución de la versión log-linealizada del modelo. Se utilizan distribuciones prior de los parámetros de interés para proporcionar información adicional en la estimación.

Todo el conjunto de ecuaciones linealizadas forman un sistema de ecuaciones lineales de expectativas racionales, el cual se puede escribir de la siguiente manera:

$$\Gamma_0(\mathcal{G})z_t = \Gamma_1(\mathcal{G})z_{t-1} + \Gamma_2(\mathcal{G})\varepsilon_t + \Gamma_3(\mathcal{G})\Theta_t \quad (29)$$

Donde z_t es un vector que contiene las variables del modelo expresadas como desviaciones logarítmicas de sus estados estacionarios, ε_t es un vector que contiene ruido blanco de los shocks exógenos del modelo y Θ_t es un vector que contiene las expectativas racionales de los errores de predicción. Las matrices Γ_i son funciones no lineales de los parámetros estructurales contenidas en el vector \mathcal{G} .

El vector z_t contiene las variables endógenas del modelo y los nueve shocks exógenos: shock en preferencias de consumo, shock en el tipo de cambio real, shock tecnológico, shock precio commodity (gas natural), shock política monetaria, shock en la función de exportaciones, shock curva de Phillips, shock a los salarios y shock en el gasto fiscal.

³⁵ Guillermo Escude: “Modelos de Equilibrio General Dinámico Estocástico (EGDE): Una introducción”, Banco Central de Argentina, 2010.

La solución a este sistema puede ser expresado de la siguiente forma:

$$z_t = \Omega_z(\mathcal{G})z_{t-1} + \Omega_\varepsilon(\mathcal{G})\varepsilon_t \quad (30)$$

Donde Ω_z y Ω_ε son funciones de los parámetros estructurales.

Además, sea y_t un vector de las variables observadas, que se relaciona con las variables en el modelo a través de una ecuación de medición:

$$y_t = Hz_t \quad (31)$$

Donde, H es una matriz que selecciona elementos de z_t .

Estas ecuaciones corresponden a la forma estado-espacio que representan a y_t . Si nosotros asumimos que el ruido blanco, ε_t , esta normalmente distribuido, y utilizando el filtro de Kalman podemos calcular la función de verosimilitud condicional para los parámetros estructurales.

Sea $p(\mathcal{G})$ la función de densidad prior de los parámetros estructurales y $L(\mathcal{G}|Y^T)$, donde $Y^T = \{y_1, y_T\}$ contiene las variables observadas. La función de densidad posterior de los parámetros se calcula usando el teorema de Bayes:

$$p(\mathcal{G}|Y^T) = \frac{L(\mathcal{G}|Y^T)p(\mathcal{G})}{\int L(\mathcal{G}|Y^T)p(\mathcal{G})d\mathcal{G}} \quad (32)$$

Dado que la función de verosimilitud condicional no tiene expresiones analítica, se aproximó usando métodos numéricos basados en el algoritmo de Metropolis-Hastings. Las estimaciones se obtuvieron con programa Dynare³⁶.

Descripción de los Datos

Los datos son trimestrales entre 2000 y 2015. Las variables observadas son PIB real, consumo real, inversión real, gasto real, tasa de interés real pasiva, tasa de interés real activa, de política monetaria, precio real del gas e inflación. La fuente de la base de datos es el banco central de Bolivia. Se realizó una estimación es base a dos periodos de tiempo 2000 – 2005 y 2006 – 2015. El primer periodo refleja un comportamiento de la economía diferente a la del

³⁶ Se utilizó el algoritmo de Metropolis-Hastings con cuatro cadeas de markov de 100.000 draws (despreciando los primeros 50.000 draws).

segundo, dado los cambios estructurales que Bolivia tiene a partir del 2006. El resultado de esta diferenciación de periodos, se refleja en dos estimaciones de los mismos parámetros, sin embargo se observa una respuesta distinta en ambos periodos.

Teniendo en cuenta las variables observadas se tomará nueve shocks para estimar el modelo. Por lo tanto, los shocks que se considera son: shock en preferencias de consumo, shock en el tipo de cambio real, shock tecnológico, shock precio commodity (gas natural), shock política monetaria, shock en la función de exportaciones, shock curva de Phillips, shock a los salarios y shock en el gasto fiscal. El modelo se estimó en primeras diferencias, siguiendo la estrategia de Smets y Wouters (2007). Las estimaciones, las funciones impulso respuestas y descomposición de la varianza se obtuvieron con DYNARE. La metodología econométrica fue propuesta por el Negro y Schorfheide (2004), pero con las mejoras propuestas por Adjemian et al. (2008) para aumentar la eficiencia de los cálculos a través de una estimación directa del parámetro DSGE.

Priors y Resultados

En los cuadros siguientes se presentan los valores prior de los parámetros y shocks, que están en línea con la literatura se incorporan nuestras creencias acerca de posibles rasgos en función de la naturaleza y comportamiento de las variables (ver Smets y Wouters, 2002 - 2007; Laxton y Pesenti, 2003). Una de las propiedades del método bayesiano es que incorpora el comportamiento de los datos, el suministro de información sobre el vuelo de los parámetros a los datos y la realidad económica.

Distribución Prior y Posterior Periodo 2000 - 2005

Parámetro	Distribución	Prior	S.D.	Post	10%	90%
		Mean		Mean		
ϕ_π	UNIFORM	1.5	0.25	1.13	1.0677	1.1983
ϕ_y	UNIFORM	0.5	0.05	0.5105	0.4979	0.5212
σ	GAMMA	2	0.1	1.9261	1.8975	1.9386
δ	BETA	0.1	0.05	0.0994	0.0891	0.1069
α_1	BETA	0.35	0.02	0.3687	0.362	0.3761
α_2	BETA	0.35	0.02	0.3503	0.3424	0.3581
λ	GAMMA	0.35	0.05	0.2984	0.2798	0.3153
φ	NORM	2	0.75	1.653	1.5304	1.9419
β	BETA	0.99	0.002	0.9894	0.989	0.9898
φ_A	BETA	0.5	0.1	0.6059	0.5894	0.624
φ_μ	BETA	0.5	0.1	0.5615	0.5385	0.603
φ_X	BETA	0.5	0.1	0.5539	0.5246	0.5803
φ_G	BETA	0.5	0.1	0.5911	0.5658	0.6194
φ_R	BETA	0.5	0.1	0.3563	0.3298	0.3843
φ_{PC}	BETA	0.5	0.1	0.4509	0.4209	0.4784
φ_π	BETA	0.5	0.1	0.5628	0.5285	0.5994
$\varphi_{de_preferencia}$	BETA	0.5	0.1	0.4706	0.4367	0.5091
φ_W	BETA	0.5	0.1	0.5806	0.5681	0.5925
σ_A	INVG	2	2	1.2152	0.9445	1.513
σ_μ	INVG	0.01	Inf	0.0076	0.0027	0.0138
σ_X	INVG	2	2	1.0904	0.7114	1.4378
σ_G	INVG	0.01	Inf	11.083	10.0159	12.2935
σ_R	INVG	2	2	1.0158	0.7722	1.2488
σ_{PC}	INVG	8	4	13.4102	12.5977	14.2768
σ_π	INVG	0.01	Inf	0.0088	0.0028	0.0187
$\sigma_{de_preferencia}$	INVG	2	2	1.3763	1.0003	1.7274
σ_W	INVG	0.01	Inf	0.009	0.0032	0.0178

Elaboración propia

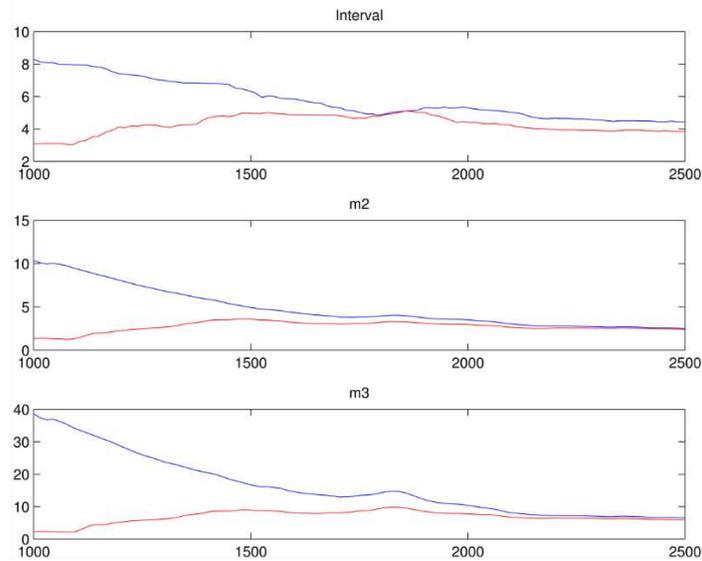
Distribución Prior y Posterior Periodo 2006 – 2015

Parámetro	Distribución	Prior	S.D.	Post	10%	90%
		Mean		Mean		
ϕ_π	UNIFORM	1.13	0.25	1.5432	1.5308	1.5563
ϕ_y	UNIFORM	0.51	0.05	0.5477	0.5462	0.5493
σ	GAMMA	2	0.1	2.1197	2.1114	2.1283
δ	BETA	0.1	0.05	0.1511	0.1481	0.154
α_1	BETA	0.35	0.02	0.3497	0.3485	0.3511
α_2	BETA	0.35	0.02	0.3349	0.3328	0.3369
λ	GAMMA	0.35	0.05	0.3224	0.3175	0.3272
φ	NORM	2	0.75	1.2945	1.2692	1.319
β	BETA	0.99	0.002	0.9859	0.9858	0.986
φ_A	BETA	0.5	0.1	0.5984	0.5924	0.6049
φ_μ	BETA	0.5	0.1	0.5705	0.5492	0.5919
φ_X	BETA	0.5	0.1	0.3957	0.3926	0.3988
φ_G	BETA	0.5	0.1	0.5044	0.5022	0.5068
φ_R	BETA	0.5	0.1	0.5515	0.5488	0.5544
φ_{PC}	BETA	0.5	0.1	0.5444	0.5333	0.5553
φ_π	BETA	0.5	0.1	0.5005	0.4968	0.5032
$\varphi_{de_preferencia}$	BETA	0.5	0.1	0.4768	0.4642	0.4894
φ_W	BETA	0.5	0.1	0.5438	0.5363	0.55
σ_A	INVG	2	2	3.6421	3.3313	3.9419
σ_μ	INVG	0.01	Inf	0.0059	0.0043	0.0075
σ_X	INVG	2	2	1.5632	1.5342	1.6006
σ_G	INVG	0.01	Inf	12.7713	12.6887	12.8805
σ_R	INVG	2	2	1.2531	1.1126	1.3765
σ_{PC}	INVG	8	4	11.0542	10.8891	11.2469
σ_π	INVG	0.01	Inf	0.0049	0.0026	0.0072
$\sigma_{de_preferencia}$	INVG	2	2	2.0169	1.9303	2.0918
σ_W	INVG	0.01	Inf	0.0087	0.0024	0.0166

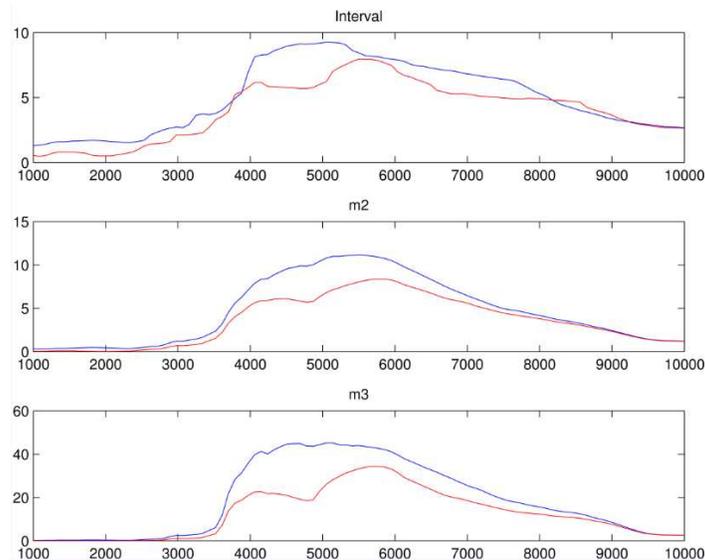
Los parámetros estimados son todos los relacionados directamente con la dinámica del modelo (tasa de descuento intertemporal, fracción de consumidores restringidos, costos de ajuste a la inversión, etc).

Los resultados de las estimaciones son estándar con respecto a la literatura reciente sobre modelos nekeynesianos para pequeñas economías abiertas.

Convergencia de la cadena De Markov de Monte Carlo (2005 - 2005)

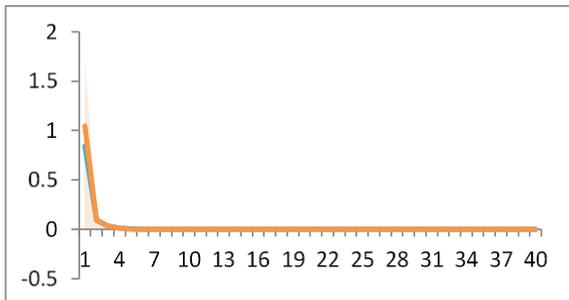


Convergencia de la cadena De Markov de Monte Carlo (2005 - 2015)

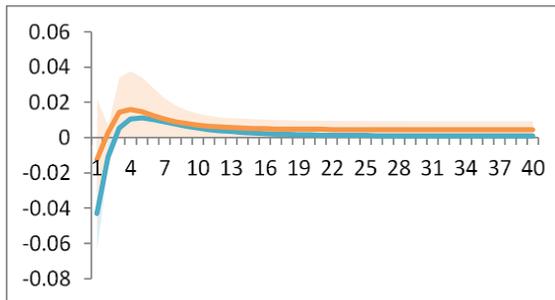


Funciones Impulso Respuesta (FIR), shock Tecnológico

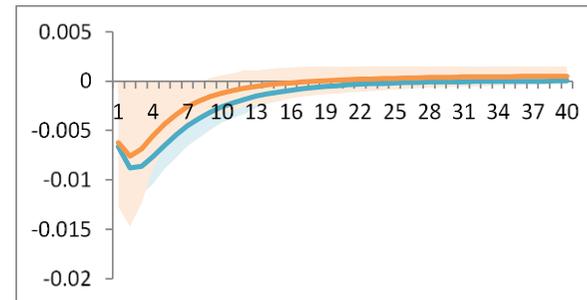
PIB



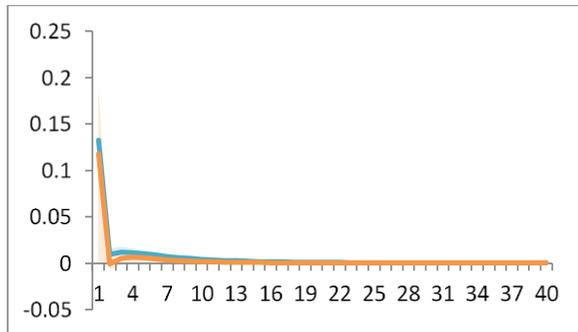
CONSUMO



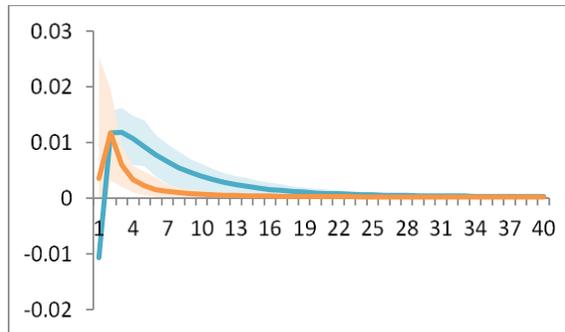
INVERSIÓN



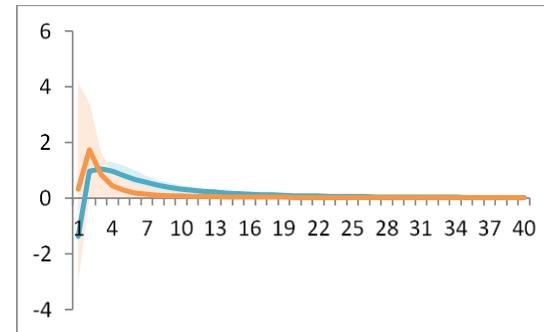
TASA DE POLÍTICA MONETARIA



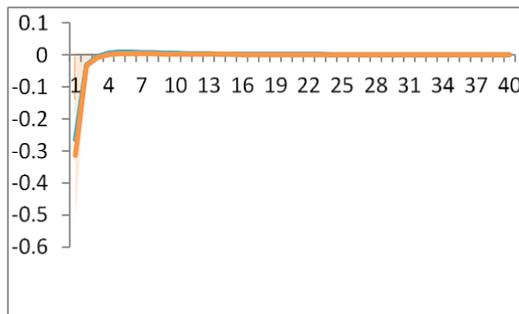
TASA ACTIVA



TASA PASIVA



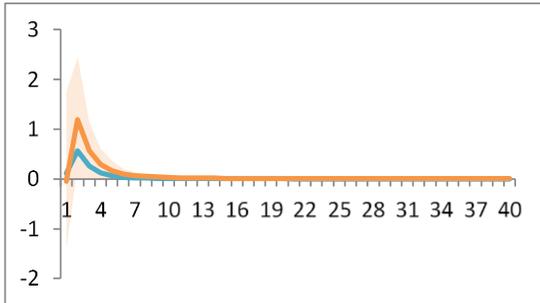
INFLACIÓN



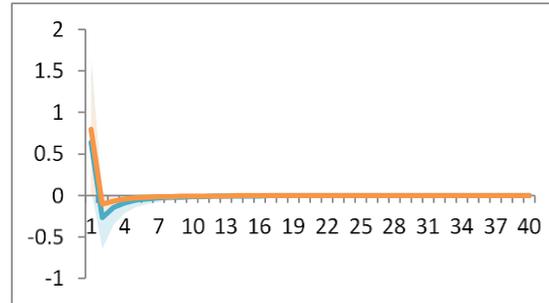
— 2000 - 2005 — 2006 - 2015

Funciones Impulso Respuesta (FIR), shock en la regla de Taylor

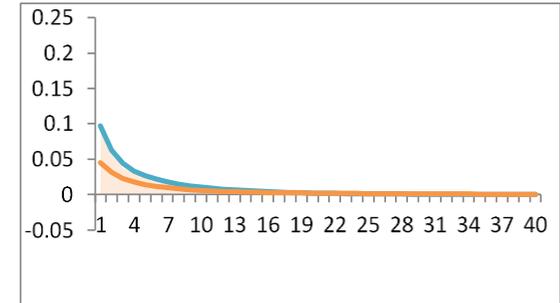
PIB



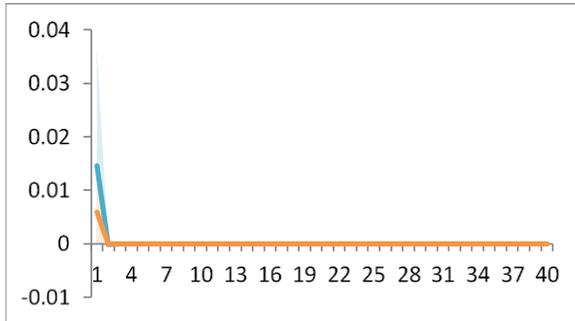
CONSUMO



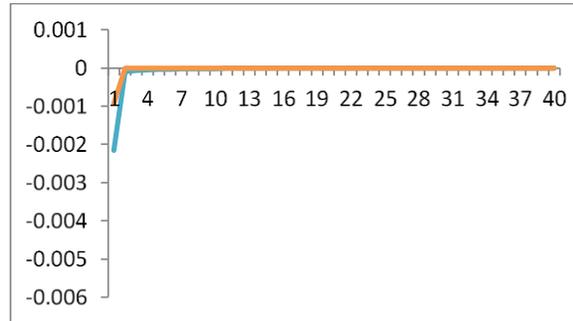
INVERSIÓN



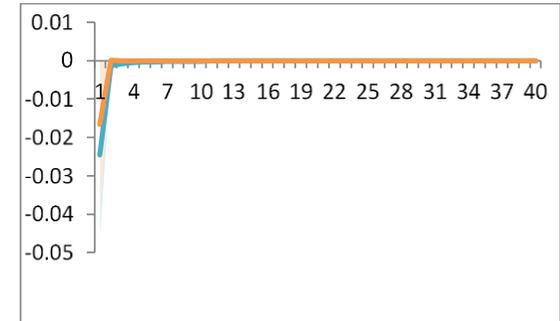
TASA DE POLÍTICA MONETARIA



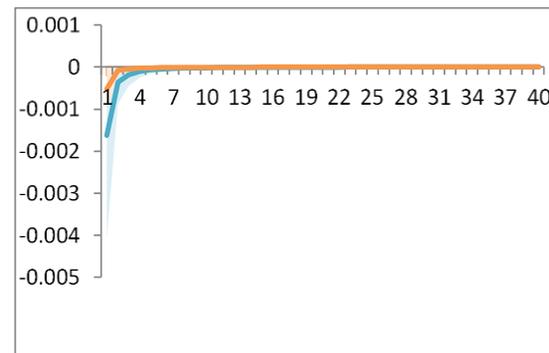
TASA ACTIVA



TASA PASIVA



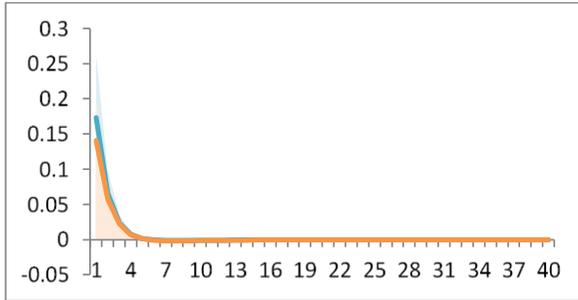
INFLACIÓN



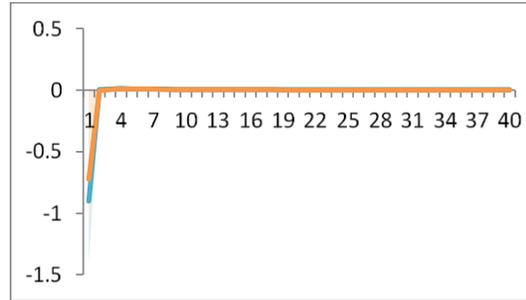
— 2000 - 2005 — 2006 - 2015

Funciones Impulso Respuesta (FIR), shock en la Función de Exportaciones

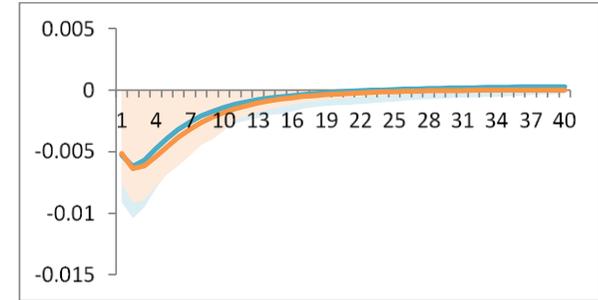
PIB



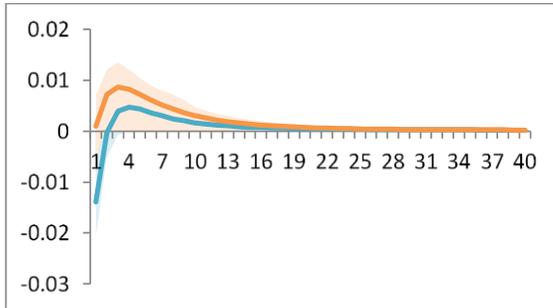
CONSUMO



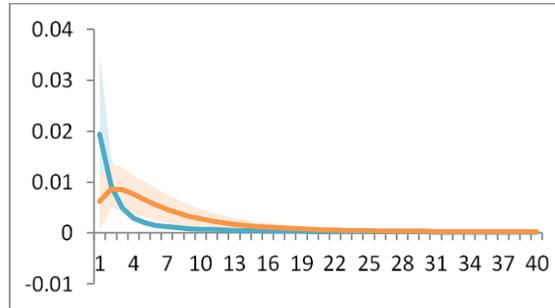
INVERSIÓN



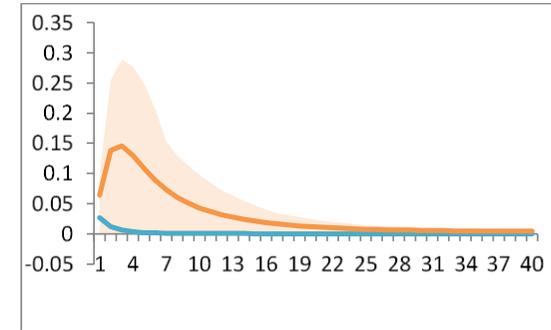
TASA DE POLÍTICA MONETARIA



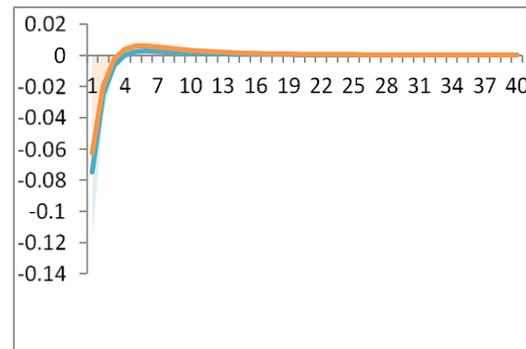
TASA ACTIVA



TASA PASIVA

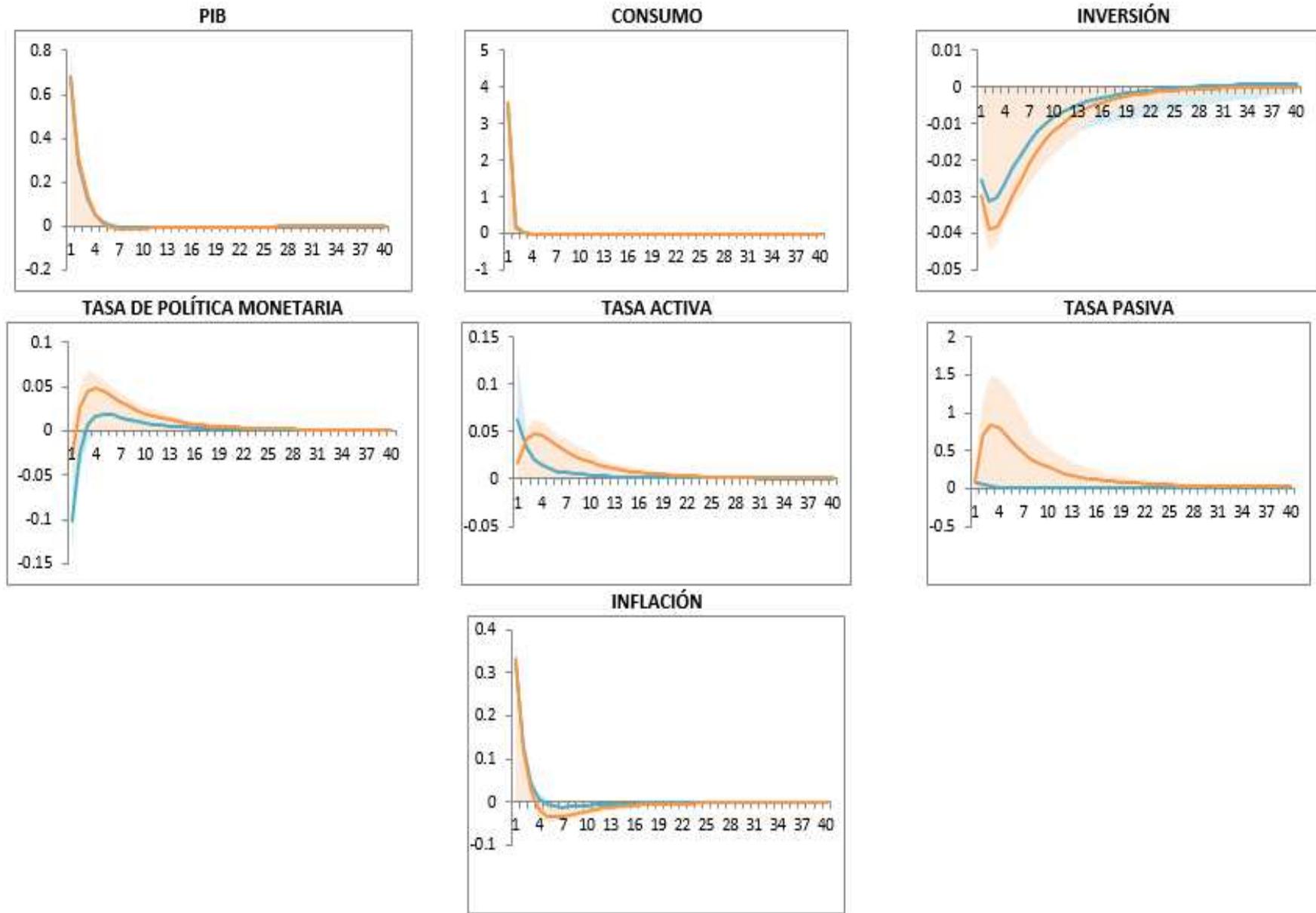


INFLACIÓN



— 2000 - 2005 — 2006 - 2015

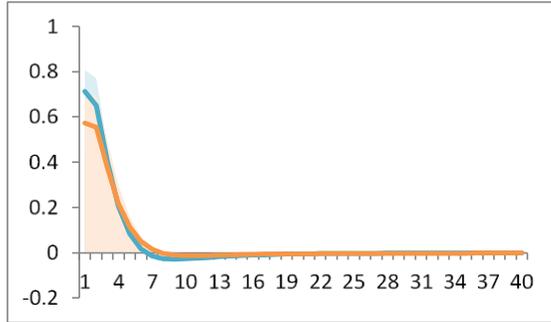
Funciones Impulso Respuesta (FIR), shock en el Gasto Fiscal



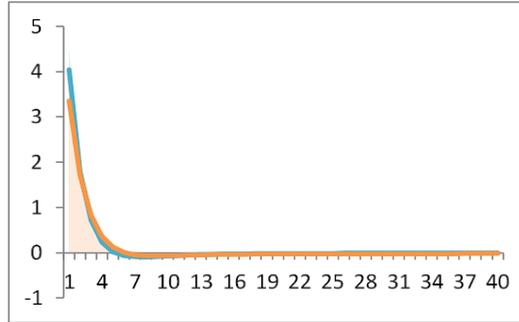
— 2000 - 2005 — 2006 - 2015

Funciones Impulso Respuesta (FIR), shock en el Precio del Gas

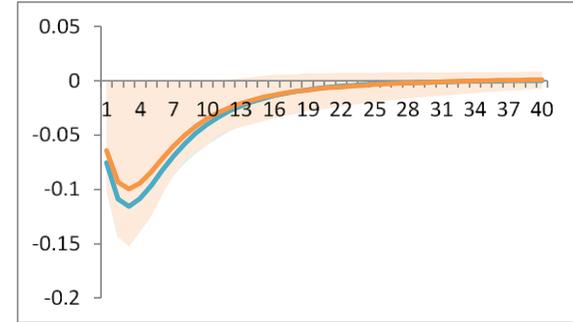
PIB



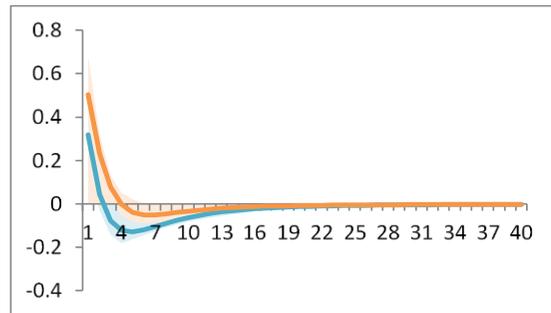
CONSUMO



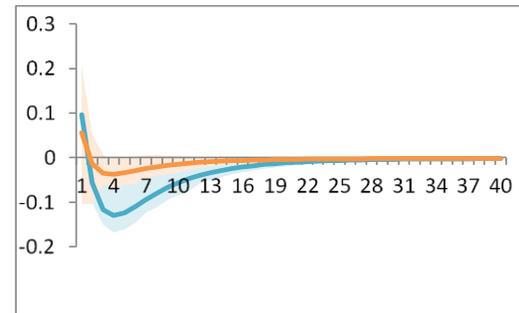
INVERSIÓN



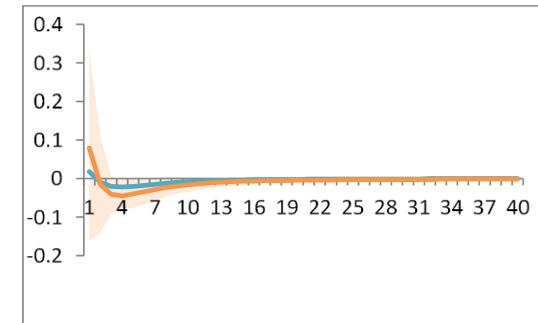
TASA DE POLÍTICA MONETARIA



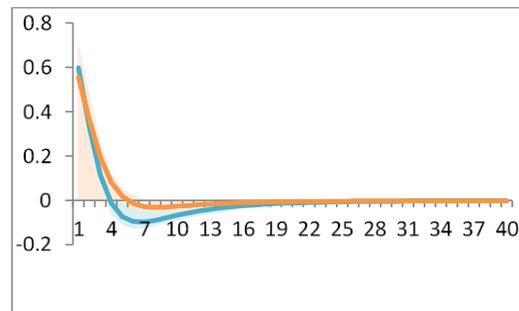
TASA ACTIVA



TASA PASIVA

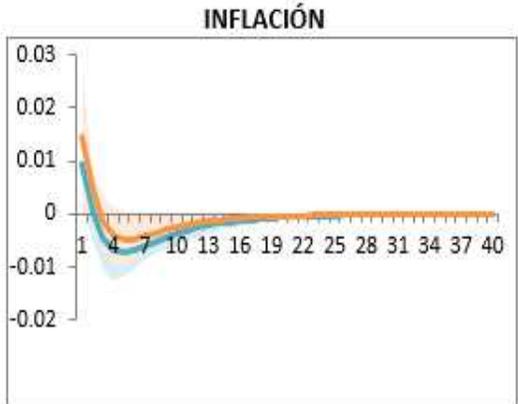
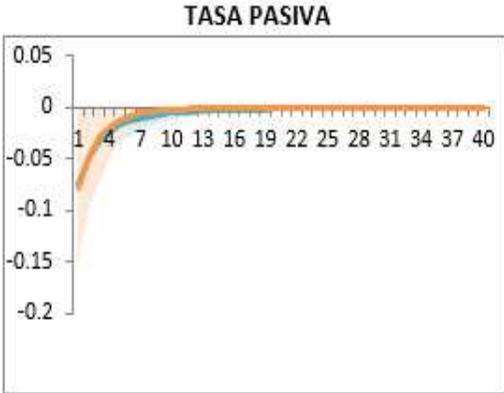
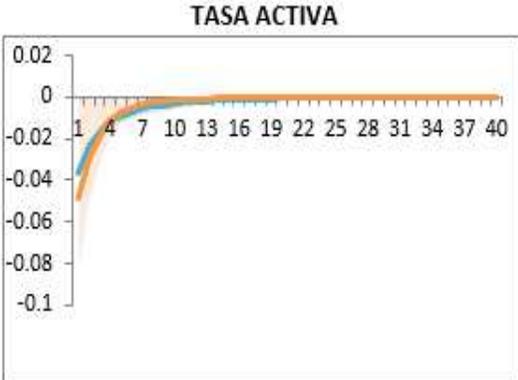
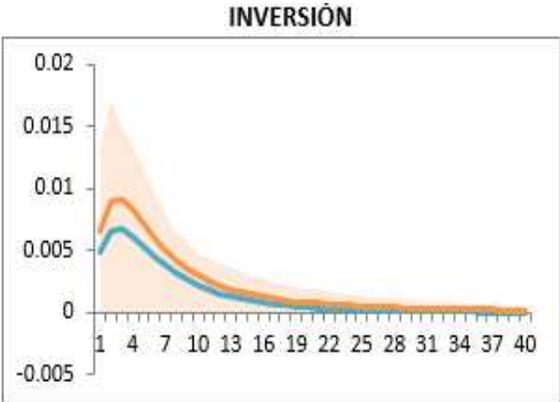
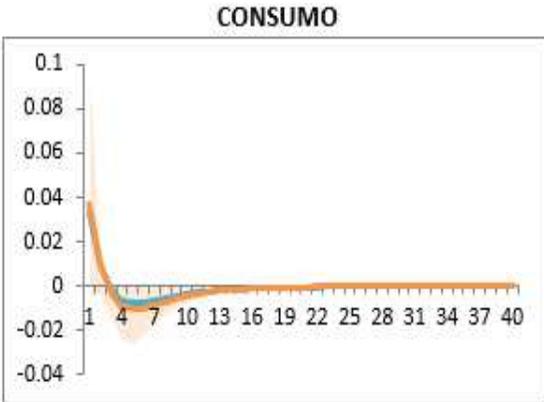
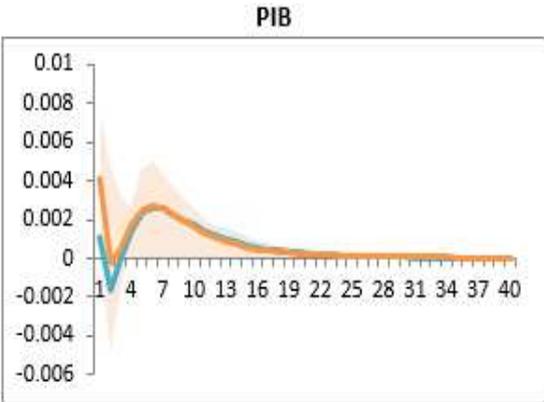


INFLACIÓN



— 2000 - 2005 — 2006 - 2015

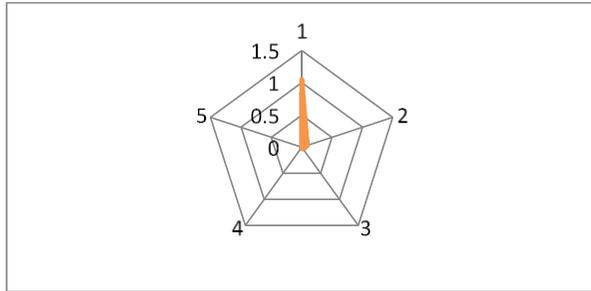
Funciones Impulso Respuesta (FIR), shock en la Curva de Phillips



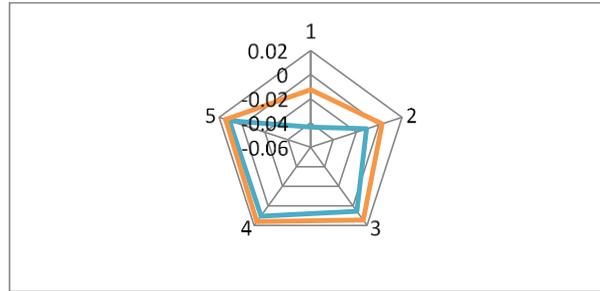
— 2000 - 2005 — 2006 - 2015

Formación Radial de IRF, DSGE (Shock Tecnológico)

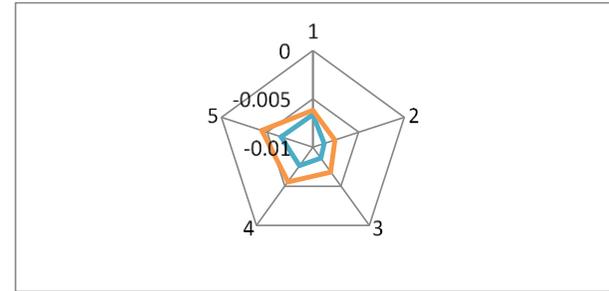
PIB



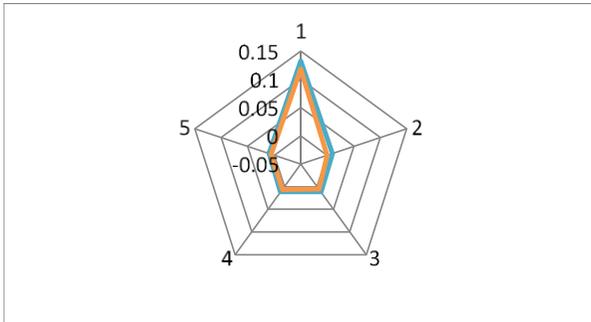
CONSUMO



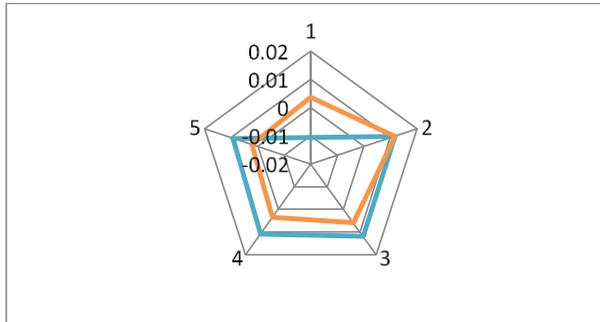
INVERSIÓN



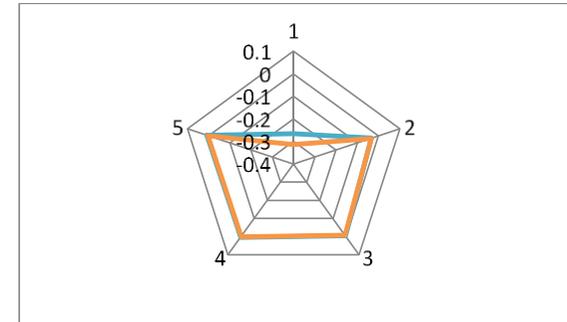
TASA DE POLÍTICA MONETARIA



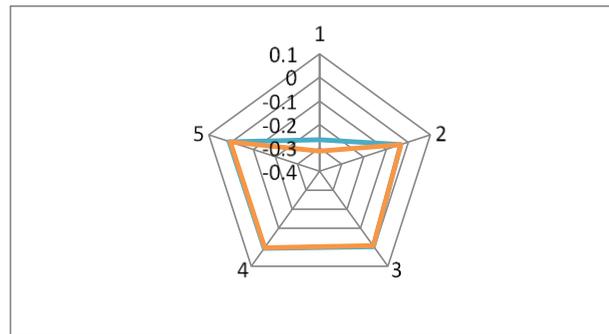
TASA ACTIVA



TASA PASIVA



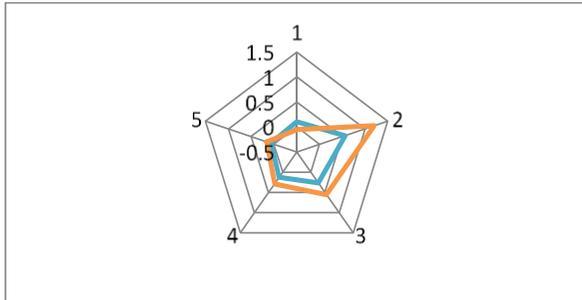
INFLACIÓN



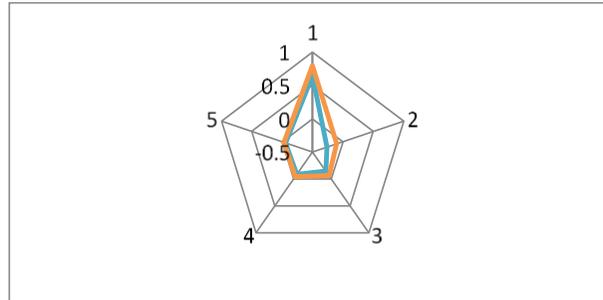
— 2000 - 2005 — 2006 - 2015

Formación Radial de IRF, DSGE (Shock en la regla de Taylor)

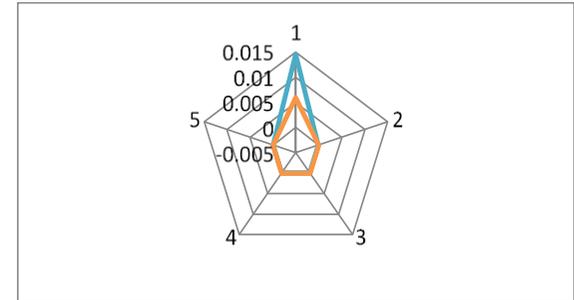
PIB



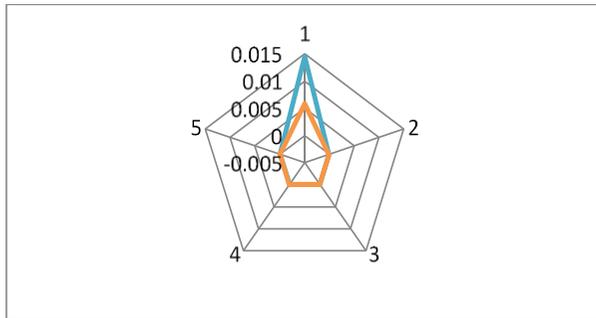
CONSUMO



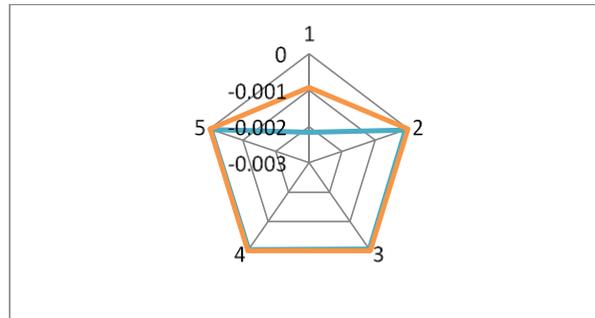
INVERSIÓN



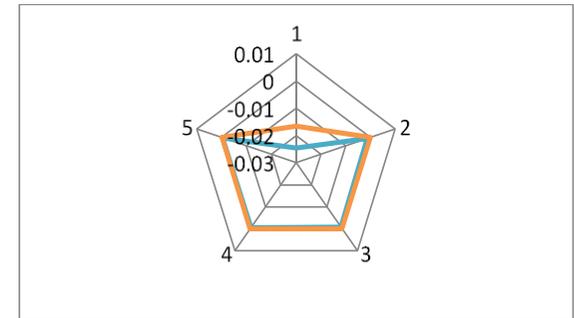
TASA DE POLÍTICA MONETARIA



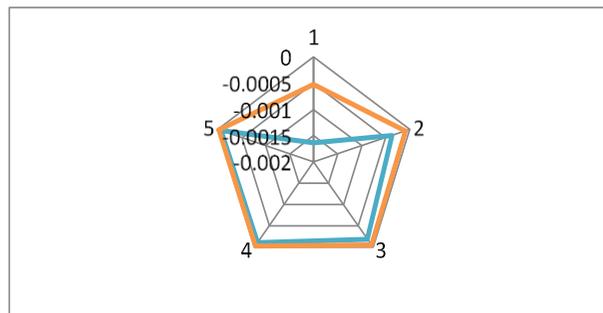
TASA ACTIVA



TASA PASIVA



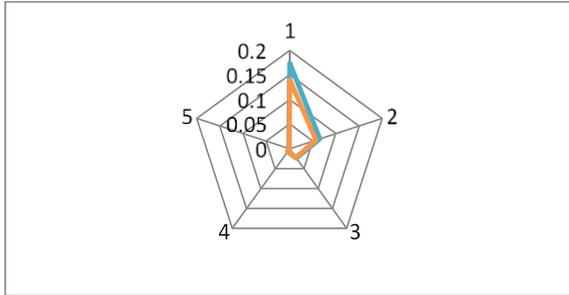
INFLACIÓN



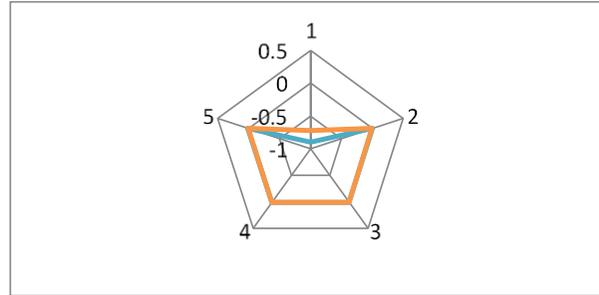
— 2000 - 2005 — 2006 - 2015

Formación Radial de IRF, DSGE (Shock en la Función de Exportaciones)

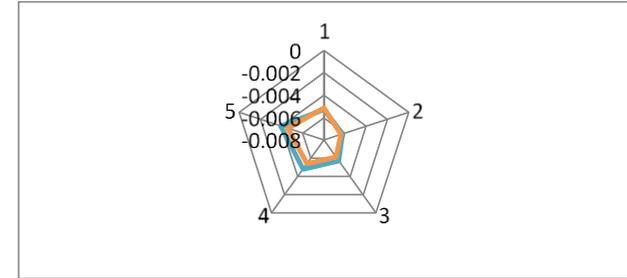
PIB



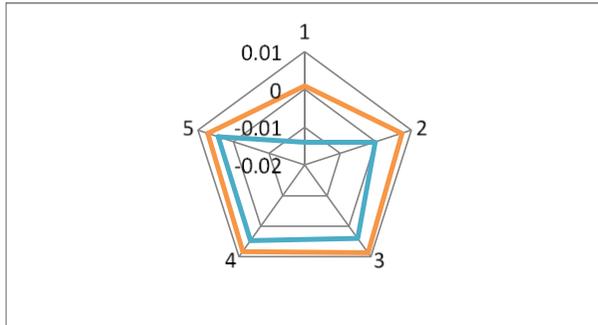
CONSUMO



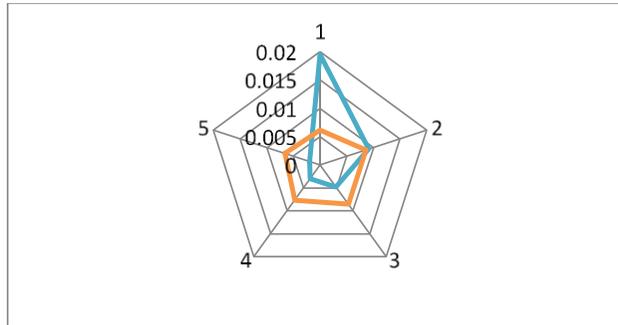
INVERSIÓN



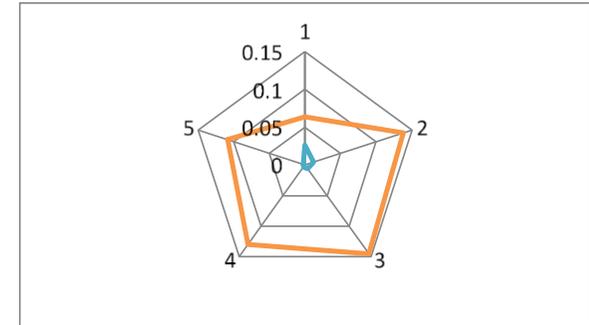
TASA DE POLÍTICA MONETARIA



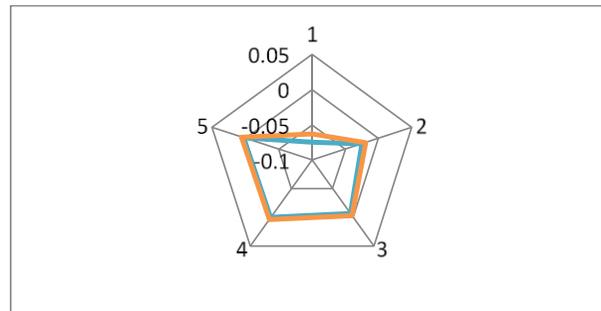
TASA ACTIVA



TASA PASIVA



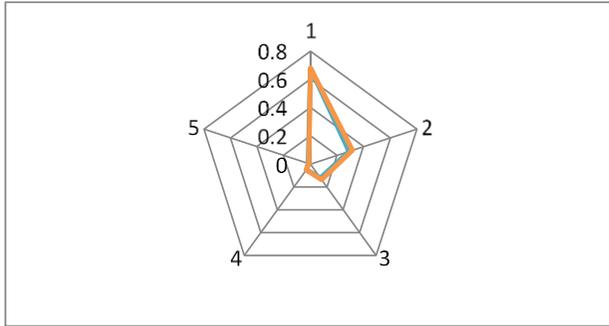
INFLACIÓN



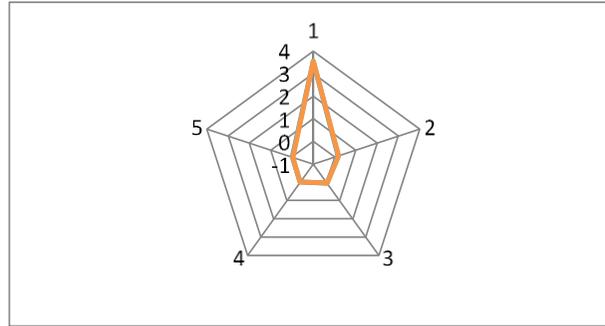
— 2000 - 2005 — 2006 - 2015

Formación Radial de IRF, DSGE (shock en el Gasto Fiscal)

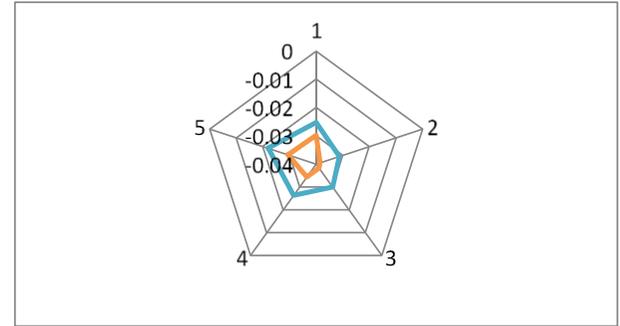
PIB



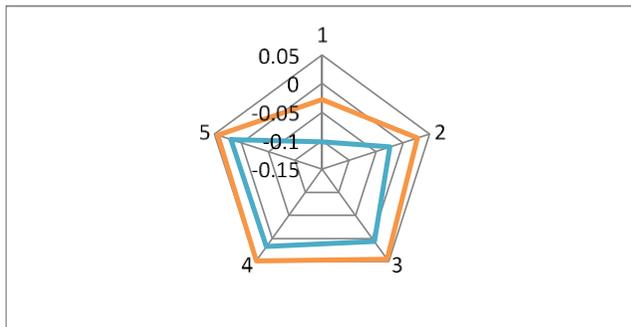
CONSUMO



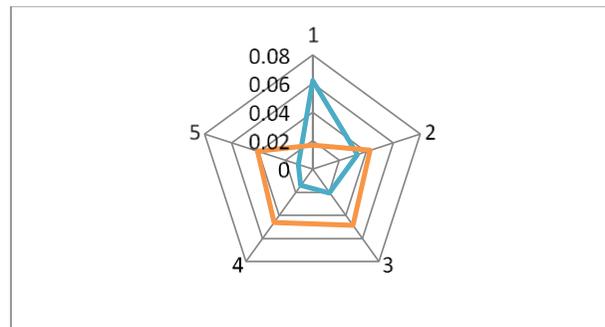
INVERSIÓN



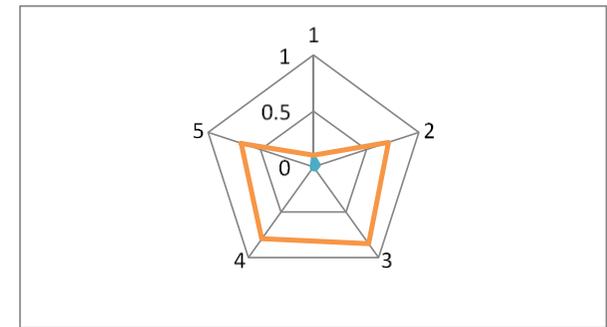
TASA DE POLÍTICA MONETARIA



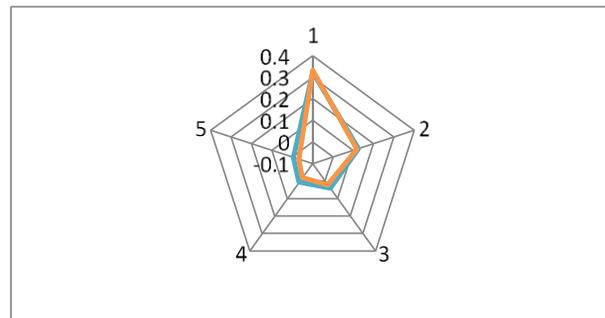
TASA ACTIVA



TASA PASIVA



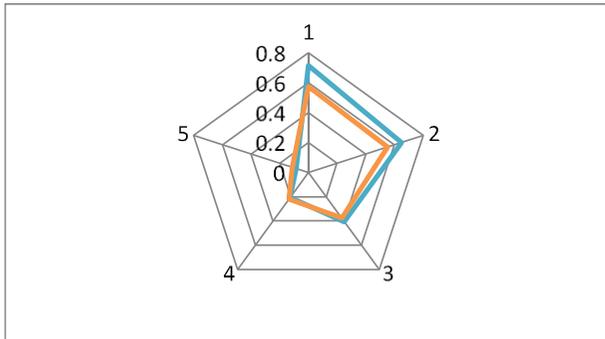
INFLACIÓN



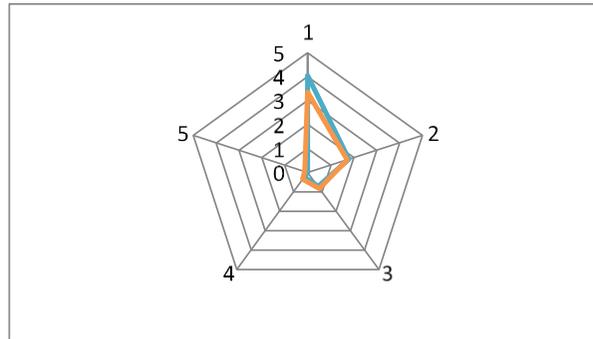
— 2000 - 2005 — 2006 - 2015

Formación Radial de IRF, DSGE (shock en el Precio del Gas)

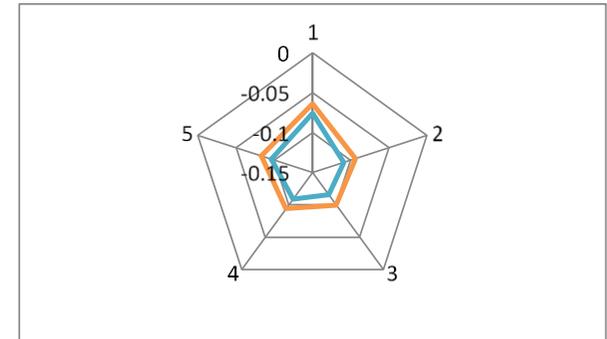
PIB



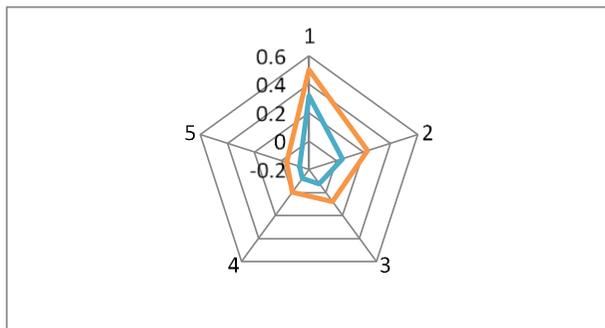
CONSUMO



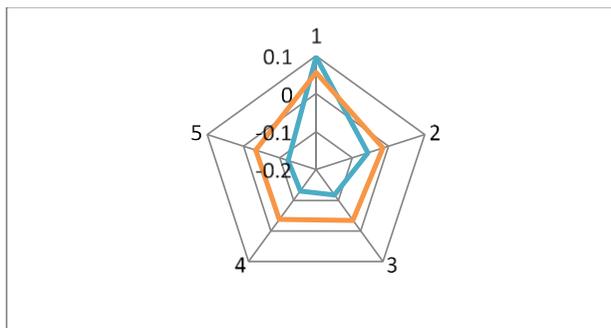
INVERSIÓN



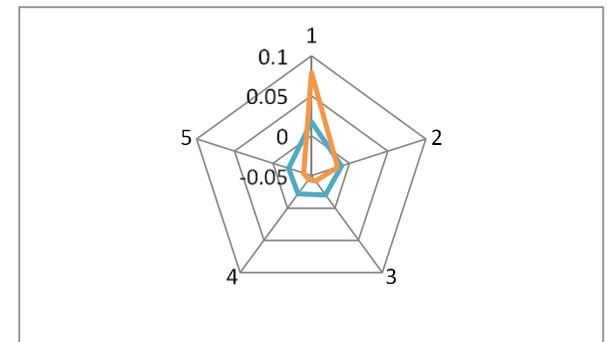
TASA DE POLÍTICA MONETARIA



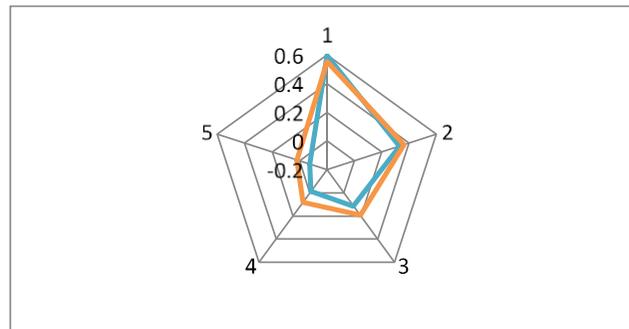
TASA ACTIVA



TASA PASIVA



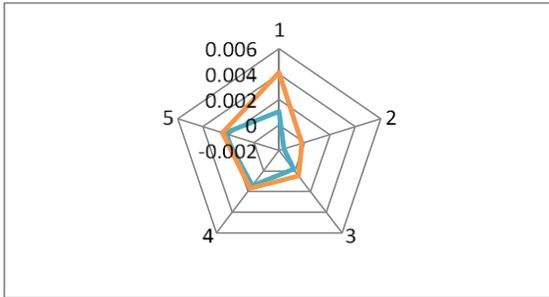
INFLACIÓN



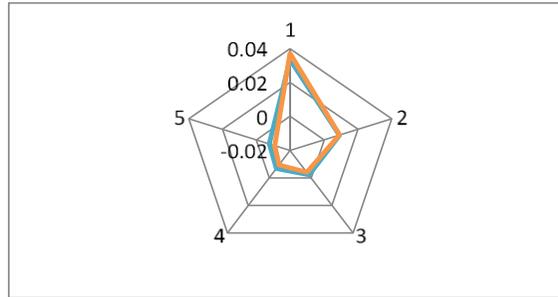
— 2000 - 2005 — 2006 - 2015

Formación Radial de IRF, DSGE (shock en la Curva de Phillips)

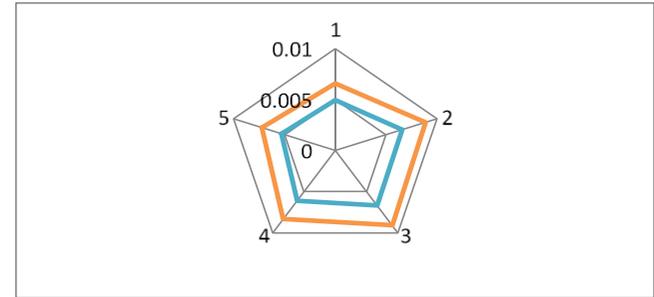
PIB



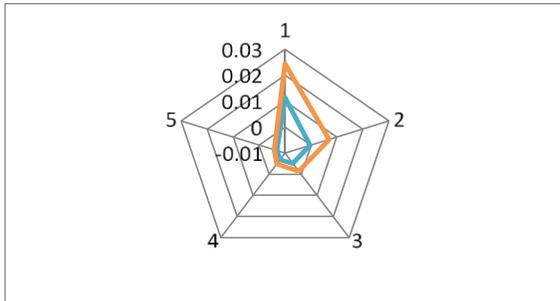
CONSUMO



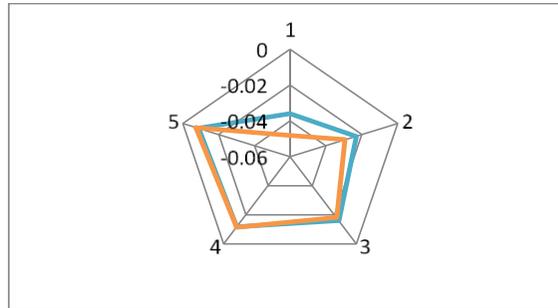
INVERSIÓN



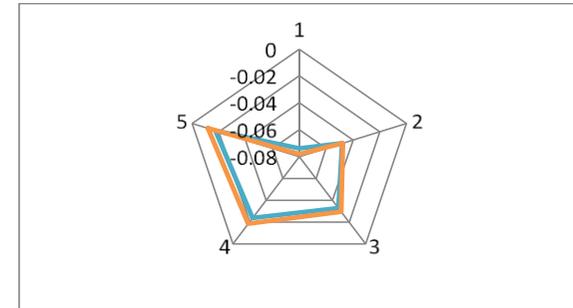
TASA DE POLÍTICA MONETARIA



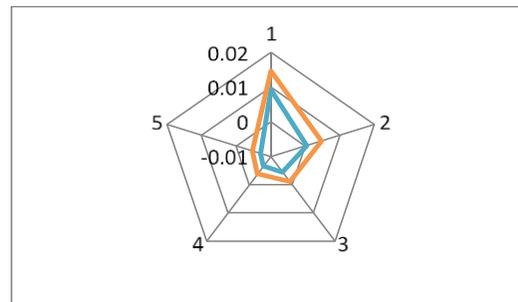
TASA ACTIVA



TASA PASIVA



INFLACIÓN



— 2000 - 2005 — 2006 - 2015