

Análisis Costo-Beneficio de Políticas Macropрудenciales en un Modelo DSGE para el Caso Colombiano

Martha Liliana González Román *

Asesor: Federico Filippini **

Co-asesor: Marc Hofstetter ***

Resumen

Este documento estima los parámetros de un modelo DSGE de política macroprudencial y monetaria para el caso colombiano, con el fin de realizar un análisis costo-beneficio de estas políticas. El modelo parametrizado replica significativamente el comportamiento de los agregados macro-financieros de la economía colombiana. Además, al analizar el efecto de las políticas macroprudenciales se observa que estas tienen canales de transmisión muy similares a los de las políticas monetarias convencionales. Con esto, se concluye que las políticas macroprudenciales funcionan como un complemento a la política monetaria convencional, no obstante las primeras se utilizan en una menor proporción. En cuanto al análisis costo-beneficio de estas políticas, se concluye que estas pueden generar una reducción en el bienestar de los prestatarios, mientras generan un aumento en el bienestar de los ahorradores para la mayoría de los choques.

Palabras clave: Economía Colombiana, Requerimientos de Capital, Fricciones Financieras.

Clasificación JEL: C51; E44; E52.

* Asistente Graduada en el Departamento de Ingeniería Industrial. Universidad de los Andes. Correo: ml.gonzalez779@uniandes.edu.co

** Director de Modelación. Alberdi Partners. Correo: f.filippini@uniandes.edu.co

*** Profesor Titular en la Facultad de Economía. Universidad de los Andes. Correo: mahofste@uniandes.edu.co

Cost-Benefit Analysis of the Macroprudential Policies in a DSGE Model for the Colombian Case

Martha Liliana González Román *

Advisor: Federico Filippini **

Co-advisor: Marc Hofstetter ***

Abstract

This paper estimates the parameters for a DSGE (Dynamic Stochastic General Equilibrium) model of macroprudential and monetary policies for the Colombian case with the objective of producing a cost-benefit analysis of these policies. The parameterized model replicates the behavior of the macro-financial aggregates in the Colombian economy. Besides, the analysis of the macroprudential policies shows that these policies have transmission channels very similar to those of the monetary policies. As a result, the author concludes that the macroprudential policies work as a complement of the conventional monetary policies; however the former are used in a lower magnitude than the latter. Furthermore, in the cost-benefit analysis of these policies, the author demonstrates that these can generate a decrease in the borrowers' benefit, while generating an increase in the savers' benefit for most of the shocks.

Keywords: Colombian Economy, Capital Requirements, Financial Frictions.

JEL classification: C51; E44; E52.

* Graduate Teaching Assistant at the Department of Industrial Engineering. Universidad de los Andes. E-mail: ml.gonzalez779@uniandes.edu.co

** Head of Modeling. Alberdi Partners. E-mail: f.filippini@uniandes.edu.co

*** Associate Professor at the Department of Economics. Universidad de los Andes. Correo: mahofste@uniandes.edu.co

1. Introducción

Históricamente los mercados financieros han tenido un papel muy importante en las crisis mundiales, desde La Gran Depresión en 1929, hasta la más reciente crisis de 2008. Para el caso colombiano, en la crisis de 1999, dónde se generó una crisis bancaria, una crisis de moneda y una crisis en el mercado de valores (Reinhart & Rogoff, 2016), el sector financiero fue uno de los actores relevantes.

A principios de los años noventa Colombia llevó a cabo un proceso de liberalización financiera que aumentó las entradas de capital, y generó una expansión en el crédito. Dada la poca regulación que se exigía, como los bajos requerimientos de capital; junto con los altos riesgos de tasa de interés y de liquidez, la economía colombiana se encontraba en una situación vulnerable. De ahí que, cuando en 1999 se produjo una salida repentina de capital, la mayoría de entidades hipotecarias se vieron fuertemente afectadas e incluso algunas llegaron a declararse en quiebra. Con esto, las tasas de interés aumentaron significativamente, afectando a los hogares y causando que la cartera vencida aumentara de manera significativa (Uribe, 2016). Esta situación generó que sectores como la construcción, llegarán a decrecer hasta el 20%¹, afectando a todos los agentes de la economía, desde los bancos hasta los hogares.

De esta crisis en la economía colombiana queda la duda de cuáles habrían sido los costos si el sector financiero hubiera sido más regulado, si los requerimientos de capital hubieran sido mayores y si las entidades hipotecarias hubieran tenido una mayor capacidad para absorber pérdidas. Este fenómeno se ha presentado a nivel mundial, y es por esto que ha surgido una intención de disminuir los costos de las crisis financieras a través de diferentes mecanismos como la regulación.

A nivel mundial, los hacedores de política se han interesado en crear una política que permita disminuir los costos de las crisis financieras a través de diferentes mecanismos. Uno de estos son las políticas macroprudenciales, las cuales se enfocan en disminuir los costos relacionados al riesgo sistemático, a través de herramientas que generen estabilidad financiera. Autores como Galati & Moessner (2011) comentan que el objetivo de la

¹ Datos del Banco de la República. Variación % Anual del PIB, Metodología año base 1994.

regulación macroprudencial es disminuir los costos que están asociados a la inestabilidad financiera. Sin embargo, estos mismos autores han identificado que en la literatura aún no hay una definición común acerca de qué es estabilidad financiera. No obstante, esta se puede clasificar en dos grandes grupos:

“El primero, define estabilidad financiera en términos de que tan robusto es el sistema financiero a los choques externos (Allen & Wood, 2006; Padoa-Schioppa, 2003). El segundo, hace énfasis en la naturaleza endógena de las crisis financieras y describe la estabilidad financiera en términos de resistencia a choques que se originan en el sistema financiero (Schinasi, 2004) o la vulnerabilidad de las crisis financieras en respuesta a choques normales más que a choques grandes (Borio & Drehman, 2009^a)”² (Galati & Moessner, 2011)

En adición a lo anterior, los autores concuerdan en que el objetivo próximo de la política macroprudencial es limitar las crisis del sistema financiero. A su vez, el objetivo último de estas políticas es evadir los costos macroeconómicos ligados a la inestabilidad financiera (Galati & Moessner, 2011).

Con esto, a través de los años, diferentes instituciones han tomado el papel de hacer recomendaciones de políticas macroprudenciales. A nivel internacional, el Banco de Pagos Internacionales (a partir de ahora BIS) a través de Basilea I, Basilea II y Basilea III ha dado recomendaciones de estas políticas. A nivel nacional, el Banco de la República y la Superintendencia Financiera han realizado regulaciones para las entidades financieras a través de resoluciones externas y circulares.

Dada la importancia de las políticas macroprudenciales, este trabajo pretende realizar un análisis costo-beneficio de estas a través de un modelo de equilibrio general dinámico estocástico (a partir de ahora DSGE) para el caso colombiano. Para esto, en primer lugar, se realiza la revisión de literatura relevante del tema. En segundo lugar, se especifica un modelo DSGE para la evaluación de políticas macroprudenciales, lo anterior se realiza a partir del modelo de Quint & Rabanal (2013) de tal forma que se ajuste a la economía colombiana. En tercer lugar, se realiza la parametrización del modelo. En cuarto

² Traducción propia del autor

lugar, se evalúa el impacto de las políticas macroprudenciales en la economía. Finalmente, se presentan las conclusiones del trabajo.

2. Revisión de literatura y contexto

A continuación se realiza una revisión de literatura que se clasifica en dos ramas: primero, literatura que muestra qué se ha hecho a nivel internacional en modelos DSGE para medir el impacto de las políticas macroprudenciales. Segundo, literatura a nivel de Colombia, la cual aborda qué se ha hecho en términos de modelos DSGE en Colombia y cuáles son las políticas macroprudenciales del país con el fin de exponer el contexto del trabajo.

2.1 Literatura a nivel internacional

Después de la crisis del 2008 las políticas macroprudenciales tomaron una particular importancia, desde entonces ha nacido una importancia por estudiar la interacción de estas con la política monetaria y los efectos que han tenido sobre los agregados macroeconómicos.

Por un lado, hay autores que se han enfocado en medir efectos particulares de políticas macroprudenciales sobre variables macroeconómicas a través de modelos econométricos. Por ejemplo, Cerutti, Claessnes & Laeven (2015) encuentran a través de regresiones en datos panel que las políticas macroprudenciales son más usadas en países emergentes y están relacionadas a un menor crecimiento en el crédito. De igual forma, Claessens, Ghosh & Mihet (2014) usan regresiones en datos panel para evaluar cuál es el impacto de políticas macroprudenciales en el balance general de los bancos. Los autores encuentran que las políticas que aplican a los prestatarios y a las instituciones financieras son efectivas para reducir el crecimiento de los activos. Sin embargo, las medidas que aplican al ciclo pueden ser contraproducentes durante fases descendentes ya que pueden agravar las caídas.

Además, Arregui, Benes, Krznar, Mitra & Santos (2013) miden el costo-beneficio de las políticas macroprudenciales a través de parámetros tales como la probabilidad de crisis, la pérdida del producto dada una crisis y la efectividad de la política de disminuir

estos costos durante las crisis. Los autores concluyen que, ex-ante, en las políticas macroprudenciales, los beneficios deberían ser mayores que los costos; y que unas de las políticas más efectivas son los requerimientos de capital, y los razones de préstamo-activo (LTV por sus siglas en inglés *Loan To Value*). Es de resaltar que, Arregui et al (2013) mencionan la importancia de realizar un estudio posterior en el cuál se pueda estudiar las interacciones dinámicas de las variables macroeconómicas y financieras.

Por otro lado, hay autores que se han enfocado en utilizar modelos DSGE ya que permiten estudiar la interacción dinámica de las variables. Sin embargo, autores como Galati & Moessner (2011) resaltan algunas limitaciones de los modelos DSGE como las siguientes: primero, asumen que la economía está en estado estacionario por lo que no es tan fácil modelar que hay booms y crisis; y segundo, no incluyen fricciones financieras.

Aunque diferentes autores como Galati & Moessner (2011) resaltan estas limitaciones, otros autores han intentado resolver estos problemas a través de diferentes mecanismos. Por ejemplo, Cúrdia & Woodford (2010) y Christiano, Motto & Rostango (2010) han desarrollado modelos con fricciones financieras relacionadas a restricciones financieras de los agentes que son prestatarios no financieros, construyendo el mecanismo acelerador de finanzas de Bernanke, Gertler & Elias (1999). Por otro lado, autores como Goodfriend & McCallum (2007), utilizan intermediarios financieros para entender los mecanismos de transmisión de los requerimientos de capital.

Otros autores relevantes como Arango & Valencia (2015) utilizan un modelo DSGE con bancos que se enfrentan a riesgo moral. Los autores encuentran que una combinación de requerimientos de capital procíclicos y política monetaria convencional logran contener los efectos de una caída sobre el producto y los precios, manteniendo el sistema financiero estable. Sin embargo, en una fase expansionaria puede tener efectos positivos en algunas variables macroeconómicas y efectos negativos sobre otras.

De igual forma, Benes, Kumhof & Laxton (2014) a través de un modelo DSGE que incluye bancos con balances generales, encuentran que los préstamos bancarios crean poder adquisitivo que facilita los ajustes reales de la economía, pero que los préstamos

excesivamente grandes pueden afectar los balances creando semillas de una crisis financiera.

También, autores como Quint & Rabanal (2013) construyen un modelo DSGE para la eurozona en el cuál agregan un mecanismo de crédito entre prestatarios y ahorradores que les permite estudiar qué pasa si un ente regulador decide implementar políticas macroprudenciales. Los autores concluyen que utilizar estas políticas genera una disminución en la volatilidad macroeconómica, aumentando el beneficio y sustiuyendo parcialmente la falta de políticas monetarias. Los autores, también encuentran que estas políticas siempre aumentan el beneficio de los ahorradores, mientras que en los prestatarios tienen efectos ambiguos dependiendo del choque que afecte la economía. Con esto, se considera que este modelo es el modelo apropiado para evaluar políticas macroprudenciales, lo anterior dado que permite diferenciar el efecto en los tipos de agentes en la economía - ahorradores y prestatarios.

2.2 *Literatura de Colombia*

2.2.1 *Impacto de políticas macroprudenciales*

Para el caso colombiano, Valencia, Osorio & Garay et al (2016) realiza un modelo DSGE con bancos, fricciones financieras, default y requerimientos de capital. Los autores encuentran que los choques de política monetaria puede tener efectos contractivos en el producto y el nivel del crédito, sin embargo, los choques a la productividad son expansionarios pero con aumentando el costo del financiamiento externo y la fragilidad financiera. Además, los choques financieros son contractivos con una mayor fragilidad financiera.

Por su lado, Torres (2016) realiza un modelo DSGE para entender las dinámicas de las políticas no convencionales en la economía colombiana, específicamente para reflejar el comportamiento del crédito. El autor encuentra que al incluir en la Regla de Taylor las desviaciones negativas del capital bancario respecto a su valor de equilibrio, hay una menor caída en las principales variables reales y regresan más rápido al estado estacionario, respecto al caso de política convencional.

Por otro lado, otros autores han estudiado el impacto de políticas macroprudenciales en Colombia en modelos diferentes en DSGE. Por ejemplo, Cabrera, Corredor & Quicazan (2012) estudian cuál debería ser nivel del capital óptimo para cada una de las entidades financieras. Con esto, los investigadores evidencian que hay bancos subcapitalizados desde el punto de vista macroprudencial, y que tienen un nivel de endeudamiento mayor al promedio, sin embargo también tienen unos indicadores menores de riesgo. De igual forma, Autores como López, Zárate & Tenjo (2013) encuentran que existe una relación negativa entre la amplitud de los ciclos crediticios y las provisiones contracíclicas, siendo una herramienta efectiva de la política macroprudencial.

Por otro lado, Amador, Gómez & Murcia (2013) encuentran que para el caso de las entidades financieras colombianas, un aumento *anormal* en las tasas de crecimiento de crédito, aumenta el riesgo de los bancos. Lo anterior, debido a una reducción en la solvencia (relación entre activos y pasivos) y un incremento en la razón de préstamos no exitosos respecto al total de préstamos.

2.2.2 Modelos DSGE en Colombia

Para realizar el modelo de este documento es importante tener en cuenta cuáles son los modelos DSGE que se han estimado para el caso colombiano, entendiendo estos como una guía para replicar mejor la economía.

En particular, el modelo más importante es el realizado por González, Mahadeva, Prada & Rodríguez (2011), ya que es el que utiliza el Banco de la República para pronosticar y realizar recomendaciones de política. Los autores proponen un modelo DSGE de una economía pequeña y abierta. En este, los hogares desean maximizar su utilidad, dado el consumo de bienes domésticos y bienes importados. Por su lado, las firmas desean maximizar su beneficio, con esto el modelo incorpora diferentes tipos de firma, teniendo en cuenta que hay firmas de bienes intermedios y de bienes finales. Entre estas, hay firmas que se dedican a importar bienes de consumo, otras que se encargan de transformar los bienes y otras firmas que se encargan de distribuir los mismos. De igual forma, el modelo incorpora una economía externa por lo que hay demanda de exportaciones e importaciones, y una deuda externa dados los préstamos que tiene la economía en el exterior.

Se resalta que la principal diferencia entre el modelo presentado en este documento y el PATACON es que este último no posee un mecanismo que represente los mercados financieros, por lo que no incluye políticas macroprudenciales. Sin embargo, el modelo presentado a continuación simplifica algunos canales de transmisión (sector externo) ya que se entiende que el fin último de este documento es estudiar el impacto de políticas macroprudenciales en un modelo que replique de forma significativa la economía colombiana.

Por otro lado, Rodríguez (2011) realizó una revisión cronológica respecto a los modelos DSGE que se han realizado para la economía Colombiana, y concluye que estos modelos están en un buen nivel en términos de simular la política monetaria del país. Por ejemplo, Rendón (2013) evalúa el papel de la política monetaria convencional y no convencional, tal como las reservas internacionales, en la economía colombiana a través de un modelo DSGE. La autora encuentra que en términos de explicar las variables macroeconómicas sí hay evidencia del uso de política no convencional en Colombia (compra y venta de reservas).

En la misma línea, autores como Bonaldi, González & Rodríguez (2010) estudian cuáles deberían ser las rigideces nominales que deberían ser tenidas en cuenta a la hora de replicar la economía colombiana en un modelo DSGE. Los autores encuentran que, en orden de importancia la rigidez más importante es la de salarios, seguida de la rigidez en los precios domésticos, los costos de ajuste a la inversión y la rigidez de precios importados.

2.2.3 Políticas macroprudenciales

Para entender cuál es el papel de las políticas macroprudenciales en Colombia es importante estudiar cuáles rigen actualmente y cuáles son más relevantes. Para esto, se van a exponer el funcionamiento de las políticas más importantes: requerimientos de capital, provisiones, y relación de préstamos – activos.

Requerimientos de capital

Los requerimientos de capital buscan que las entidades aporten un mínimo de capital según el riesgo al que se encuentran expuestos, esto con el fin de estar preparados a choques que podrían afectar a la entidad. En Colombia, estos requerimientos se estipulan a través del Decreto 2555 de 2010.

Esta política tiene el incentivo de que en el caso que un banco se encuentre en tiempos de crisis, este tenga la capacidad de responder frente a las posibles pérdidas generadas en sus activos por su nivel de riesgo de mercado, es decir que esta política aumenta la capacidad de absorción de pérdida de las entidades financieras.

Actualmente, Colombia se encuentra en el intermedio de estándares internacionales, ya que según el decreto mencionado anteriormente la relación de solvencia debe ser al menos del 9%, mientras que en Basilea III, el cual es la referencia de las normas internacionales, se ubica en 10,5% y Basilea II en 8%. Este fenómeno lo explica Clavijo, Vera, Malagón & González (2012), donde menciona que las entidades financieras colombianas puede que no estén listas para un cambio significativo en la regulación financiera, haciendo una necesidad que este cambio se haga de manera transitoria.

Provisiones

Cuando la economía está en condiciones de estrés, el desempleo empieza a aumentar, por lo que los ingresos de los hogares disminuyen, y la cartera vencida aumenta, causando que las entidades financieras disminuyan sus ingresos operativos normales. Dado este comportamiento, esta política macroprudencial busca que las entidades financieras ahorren en tiempos buenos para tener un dinero adicional con el cuál responder en tiempos malos. En particular, las provisiones definen el porcentaje que debe guardar una entidad de acuerdo al comportamiento de su cartera vencida. Con esto, se crea una reserva que es un ingreso adicional a la institución.

En Colombia, la regulación de las provisiones la realiza la Superintendencia financiera a través de diferentes circulares como la circular externa 017 de 2011 y la circular externa 032 de 2014. En estas circulares se expone el modelo que estima cuánto

debería provisionar una entidad en tiempos buenos y cuánto en tiempos malos, teniendo en cuenta las condiciones del mercado.

Relación préstamo-activo (LTV³)

En la crisis de 2008 los bancos prestaron hipotecas del 100% sobre el valor de la casa a personas que no tenían ningún tipo de ingreso (conocidas como *NINJA* por sus siglas en inglés *-no income, no job, no assets-*). Con el fin de evitar esto, a nivel mundial la regulación a la relación préstamo-activo (LTV) ha tomado mucha relevancia. En particular, se define el valor máximo que puede tomar el *LTV*, es decir, el valor máximo de la relación entre el valor de la hipoteca y el valor en la propiedad. Según Basilea III, sugiere que esta relación no sea mayor al 80%. En particular, Colombia se encuentra en un punto más conservador ya que, según Mendivelso & Francisco (2011) el LTV máximo es de 70% (cifra 2011).

3. Metodología

El modelo de este documento consiste en una economía pequeña, basada en el modelo de Quint & Rabanal (2013). En este caso, se toma el modelo de los autores y se simplifica de tal manera que se ajusta a la economía colombiana. En particular, los autores realizan un modelo en el cuál dividen la euro zona en dos partes: la zona *core* y la zona de periferia. Con esto, cada una de las partes consume lo que se produce en su zona (bienes domésticos) y lo que importan de la otra zona. De igual forma, cada una de las zonas puede pedir prestado al sector externo (es decir la otra zona). Con esto, al ajustar el modelo a la economía colombiana, sólo se cuenta con una zona, en la cuál no hay bienes importados ni deuda externa. Teniendo en cuenta lo anterior, el propósito de este capítulo es exponer el modelo ajustado a la economía colombiana.

En particular, este modelo consiste en una economía con cuatro agentes principales: primero, los intermediarios financieros, quienes se encargan de prestar el exceso de fondos entre los prestatarios y los ahorradores; segundo, los hogares, los cuales pueden ser ahorradores o prestatarios según su restricción presupuestal; tercero, las firmas, quienes producen bienes no durables y bienes durables con rigidez de precios a la Calvo; cuarto, la

³ Por sus siglas en inglés, Loan To Value.

entidad de política monetaria y macroprudencial, la cual va a decidir cuál es la tasa de interés de la economía, y el nivel del instrumento macroprudencial.

La motivación de este modelo es que los hogares quieren entrar a los mercados financieros para invertir, es decir, acumular capital a través de los bienes durables (casas) o ahorrando. Con esto, los hogares tienen un beneficio por esta inversión, ya que si ahorran obtienen un retorno que aumenta sus ingresos, y si acumulan capital a través de los bienes durables tienen un aumento de utilidad. A continuación, se explica el modelo a través de cuatro bloques: el mercado de crédito, los hogares, las firmas y tecnología, y las ecuaciones que permiten cerrar el modelo.

3.1 Mercados de crédito

Siguiendo el mecanismo que utiliza Quint & Rabanal (2013), la idea del mercado de crédito es introducir el riesgo de default en el mercado de vivienda, e incluir una diferenciación entre la tasa de captación y colocación. Para esto, existe un umbral $\overline{\omega}_t^P$ (choque ex-post) el cual va a definir la fracción de hogares que hacen default. Intuitivamente, los hogares van a hacer default si el valor de su deuda es mayor al valor de su casa.

Los intermediarios financieros captan fondos de los ahorradores S_t y a cambio pagan un retorno R_t . Estos depósitos son prestados a los prestatarios S_t^{B4} a una tasa de colocación R_t^L , y tienen como colateral el valor acumulado de la vivienda, es decir el stock $P_t^D D_t^B$. Como se mencionó antes, el riesgo de default se introduce en el modelo asumiendo que cada uno de los prestatarios (indexado por j) se enfrenta a un choque de calidad idiosincrático ω_t^j que puede afectar el valor acumulado de la vivienda de cada hogar. Este choque se distribuye de la siguiente forma,

$$\log(\omega_t^j) \sim N\left(-\frac{\sigma_{\omega,t}^2}{2}, \sigma_{\omega,t}^2\right) \quad (3)$$

⁴ Como se verá más adelante $S_t^B = S_t$ sólo si no existe política macroprudencial.

Donde $\sigma_{\omega,t}$ es la desviación que caracteriza el choque de calidad. Es importante destacar que este choque se caracteriza con la ecuación (3) de tal forma que $E(\omega_t) = 1$, por lo que este choque no incluye el riesgo agregado. De igual forma, el logaritmo de esta desviación sigue un proceso AR(1).

En esta misma línea, el umbral que define cuáles hogares harán default, se va a determinar en el periodo posterior ($t+1$). Lo anterior debido a que en el momento de definir las tasas de colocación y de captación, los intermediarios financieros no saben qué hogares harán default. Por esto, en el periodo actual (t) los hogares tienen una expectativa de este umbral ex-ante que está definido por la siguiente ecuación:

$$\overline{\omega}_t^a E_t [P_{t+1}^D D_{t+1}^B] = R_t^L S_t^B \quad (4)$$

Esto implica que el umbral se determina en el punto donde el intermediario financiero es indiferente entre el valor esperado de quedarse con la casa otro periodo más (lado izquierdo de la ecuación) y el retorno que obtiene al prestarle dinero al prestatario para comprar esta casa (lado derecho de la ecuación). En particular, el hogar va a hacer default si $\omega_t^j < \overline{\omega}_t^a$, ya que el valor de su casa es menor al valor de la deuda, y va a repagar la casa a un valor $\omega_t^j P_{t+1}^D D_{t+1}^B$. De igual forma, el hogar no va a hacer default si $\omega_t^j > \overline{\omega}_t^a$ ya que su casa tiene un valor mayor al de su hipoteca.

Por otro lado, la tasa de interés de captación se define por la ecuación (5) dónde los intermediarios financieros definen cuál debería ser esta según los retornos esperados:

$$R_t = (1 - \mu) \int_0^{\overline{\omega}_t^a} \omega f(\omega, \sigma_{\omega,t}) d\omega \frac{E_t [P_{t+1}^D D_{t+1}^B]}{S_t^B} + \int_{\overline{\omega}_t^a}^{\infty} f(\omega, \sigma_{\omega,t}) d\omega R_t^L$$

$$R_t = (1 - \mu) G(\overline{\omega}_t^a, \sigma_{\omega,t}) \frac{E_t [P_{t+1}^D D_{t+1}^B]}{S_t^B} + [1 - F(\overline{\omega}_t^a, \sigma_{\omega,t})] R_t^L \quad (5)$$

De esta ecuación se observa que la tasa de captación depende de dos términos que expresan los retornos esperados que tiene el intermediario financiero. El primer término hace referencia a la hipoteca esperada que recibirá la entidad financiera, en particular está expresada como el porcentaje de crédito pendiente que tendría que pagar el hogar si hay default. De acá, $G(\overline{\omega}_t^a, \sigma_{\omega,t})$ es el valor esperado del choque cuando este es menor al

umbral, y μ es la fracción de hipoteca que va a recibir el comisionista por volver a poner la casa en el mercado de vivienda. El segundo término hace referencia al pago esperado que va a recibir el banco si el hogar tiene una casa con un valor mayor a la deuda adquirida, donde $[1 - F(\bar{\omega}_t^a, \sigma_{\omega,t})]$ es la probabilidad de que el choque idiosincrático sea mayor al umbral.

Otro elemento relevante en el mercado de crédito es la razón de tasas de interés (*spread*), el cual se determina de manera endógena en el modelo. En particular, se determina a partir de la ecuación (4) y (5) las cuales se puede expresar como:

$$\frac{R_t^L}{R_t} = \frac{1}{\frac{(1 - \mu)G(\bar{\omega}_t^a, \sigma_{\omega,t})}{\bar{\omega}_t^a} + [1 - F(\bar{\omega}_t^a, \sigma_{\omega,t})]} \quad (6)$$

Como se observa, la razón entre las tasas de interés depende directamente del umbral ex-ante el cual define los retornos esperados que va a tener el intermediario financiero. De acuerdo a la ecuación (4) a medida que aumenta el LTV, que se entiende como $S_t^B/P_{t+1}^D D_{t+1}^B$, mayor es el umbral $\bar{\omega}_t^a$ que determina el default, lo que aumenta el spread de las tasas.

3.2 Hogares

Los hogares se enfrentan al clásico problema de maximización de utilidad dada su restricción presupuestal. Estos individuos pueden ser ahorradores o prestatarios según su restricción presupuestal, en particular estos se diferencian en tres factores: primero, el factor de descuento de los prestatarios es menor al de los ahorradores dada su impaciencia por consumir más hoy; segundo, los ahorradores obtienen unos beneficios de la comisión que gana el agente del mercado de viviendas Π_t^j ; tercero, como ya se mencionó anteriormente, los prestatarios están expuestos a un choque de calidad idiosincrático que va a afectar el valor de sus viviendas. Con esto, la población estará dividida en una fracción $j \in [0, \lambda]$ de ahorradores y $1 - j \in [\lambda, 1]$ de prestatarios.

Tanto los ahorradores como los prestatarios pueden consumir en el sector de bienes durable o en el sector de bienes no durables. Lo anterior se introduce en el modelo con el

fin de diferenciar los bienes sobre los cuales los hogares hacen default y tienen un impacto significativo, por ejemplo, cuando los hogares hacen default sobre la hipoteca de una casa.

3.2.1 Ahorradores

La utilidad de los ahorradores depende de la siguiente ecuación:

$$E_0 \left\{ \sum_{t=0}^{\infty} \beta_t \left[\gamma \xi_t^C \log(C_t^j - \varepsilon C_{t-1}) + \xi_t^D (1 - \gamma) \log(D_t^j) - \frac{(L_t^j)^{1+\varphi}}{1 + \varphi} \right] \right\} \quad (7)$$

De esta ecuación se observa que el hogar va a tener que escoger la fracción γ que va a consumir en bienes no durables – en el cual tiene un hábito de consumo ε – y una fracción $(1 - \gamma)$ que consume en bienes durables. En cualquiera de los casos, este consumo le va a generar un aumento en la utilidad y está expuesto a los choques de cada sector ξ_t^C y ξ_t^D . Por otro lado, el aumento en las horas laborales le va a generar una desutilidad independientemente del sector en el que trabaje. Además, el hogar puede escoger en qué sector trabajar como muestra la ecuación (8):

$$L_t^j = \left[\alpha^{-\ell_L} (L_t^{C,j})^{1+\ell_L} + (1 - \alpha)^{-\ell_L} (L_t^{D,j})^{1+\ell_L} \right]^{\frac{1}{1+\ell_L}} \quad (8)$$

Es decir, el hogar va a tener que decidir la fracción de tiempo α que dedica a trabajar en el mercado de bienes no durables y la fracción $(1 - \alpha)$ que va a trabajar en el mercado de bienes durables.

Por otro lado, los ahorradores se enfrentan a la siguiente restricción presupuestal:

$$P_t^C C_t^j + P_t^D I_t^j + S_t^j \leq R_{t-1} S_{t-1}^j + W_t^C L_t^C + W_t^D L_t^D + \Pi_t^j \quad (9)$$

Esta restricción implica que los hogares ahorradores van a obtener ingresos del retorno por prestar dinero en el periodo anterior, más el salario que obtienen por trabajar en cada uno de los sectores, más la comisión que obtienen el mercado de viviendas. Estos ingresos, deben ser superiores o iguales a lo que consumen en el mercado de bienes no durables, más la inversión que realicen en el mercado de bienes durables, más el ahorro de este nuevo periodo.

Por su lado, la acumulación de viviendas que realiza el hogar se expresa como:

$$D_t^j = (1 - \delta)D_{t-1}^j + \psi I_{t-1}^j \quad (10)$$

De esta forma, el valor acumulado de la vivienda en este periodo es igual a la suma de lo que tenía acumulado el periodo anterior ajustado por la depreciación que ha causado, más la inversión que realizó en el periodo anterior, donde ψ hace referencia a los costos de ajuste a la inversión.

3.2.2 Prestatarios

Análogamente, el problema de maximización al que se enfrentan los prestatarios es el siguiente:

$$E_0 \left\{ \sum_{t=0}^{\infty} \beta_t^B \left[\gamma \xi_t^C \log(C_t^B - \varepsilon^B C_{t-1}^B) + \xi_t^D (1 - \gamma) \log(D_t^B) - \frac{(L_t^B)^{1+\varphi}}{1 + \varphi} \right] \right\} \quad (11)$$

Con esto la función de utilidad descontada para los prestatarios es intuitivamente igual que para los ahorradores. De igual forma, las horas trabajadas por los prestatarios están determinadas por la ecuación (9). Por su lado, el hogar prestatario se enfrenta a la siguiente restricción presupuestal:

$$P_t^C C_t^B + P_t^D I_t^B + P_t^D D_t G(\bar{\omega}_t^P, \sigma_{\omega,t}) + \left[1 - F(\bar{\omega}_t^P, \sigma_{\omega,t}) \right] R_{t-1}^L S_{t-1}^B \quad (12)$$

$$\leq S_t^B + W_t^C L_t^C + W_t^D L_t^D$$

Se observa que los ingresos van a ser iguales a la suma de los salarios que obtienen en cada uno de los sectores, más el crédito al que acceden en los mercados financieros. Además, los gastos de estos agentes van a estar determinados por lo que consumen en el sector de bienes no durables, más lo que invierten en el sector de bienes durables y una parte con incertidumbre que depende de si el hogar hace default o no. En particular, si el hogar hace default tiene que pagar la vivienda por lo que vale en el periodo (expresado por el término $P_t^D D_t G(\bar{\omega}_t^P, \sigma_{\omega,t})$); y en caso de que el hogar no haga default, este va a tener que pagar el interés de la hipoteca (expresado por el término $\left[1 - F(\bar{\omega}_t^P, \sigma_{\omega,t}) \right] R_{t-1}^L S_{t-1}^B$).

El default de los prestatarios se va a determinar con la ecuación (13), que expresa que los hogares harán default si el choque ex-post cae por debajo del umbral $\overline{\omega}_t^p$,

$$\overline{\omega}_{t+1}^p = \frac{R_{t-1}^L S_{t-1}^B}{P_t^D D_t^B} \quad (13)$$

Con este umbral y el choque idiosincrático a los prestatarios, se determina la fracción de hogares que hacen default y la fracción de hogares que continúa pagando intereses a una tasa R_t^L .

3.3 Firmas y tecnología

Para la producción de bienes durables y no durables hay un sector de bienes intermedios donde n firmas se enfrentan en competencia monopolística y tienen precios a la Calvo. Estos bienes intermedios son agregados en el sector de bienes finales donde se determina la producción total y el precio de cada uno de los bienes.

3.3.1 Bienes finales

En el sector de bienes finales el agregador escoge cuál es la producción óptima agregada para maximizar los beneficios del sector. La producción agregada de cada uno de los bienes está determinada por la ecuación (14):

$$Y_t^m = \left[\left(\frac{1}{n} \right) \int_0^n Y_t^m(h)^{\frac{\sigma_m-1}{\sigma_m}} dh \right]^{\frac{\sigma_m}{\sigma_m-1}} \quad \text{para } m = C, D \quad (14)$$

Donde σ_C y σ_D corresponden a la elasticidad precio de la demanda de los bienes no durables y los bienes durables respectivamente, y n el número de firmas en el sector de bienes intermedios. De igual forma, de la maximización de beneficios del agregador se encuentra la siguiente función de demanda de bienes intermedios de cada una de las firmas:

$$Y_t^{m,i} = \left(\frac{P_t^{m,i}}{P_t} \right)^{-\sigma_m} Y_t^m \quad (15)$$

Adicionalmente se observa que el nivel de precios para cada uno de los sectores está determinado por:

$$P_t^m = \left(\frac{1}{n} \int_0^n [P_t^m(h)]^{1-\sigma_m} dh \right)^{\frac{1}{1-\sigma_m}} \quad (16)$$

Con esto, el nivel de precios de la economía está determinada por el precio de los bienes no durables P_t^C , es decir el índice de precios al consumidor (IPC). Lo anterior se diferencia del modelo de Quint & Rabanal (2013), quienes definen la inflación cómo el cambio en precios de los bienes no durables domésticos e importados.

3.3.2 Bienes intermedios

Las firmas de bienes intermedios se enfrentan a un problema de dos etapas: en la primera etapa toman el costo de producción (salario) como dado y tienen como objetivo minimizar los costos de sus factores de producción (mano de obra); en la segunda etapa, deciden el precio que maximiza los beneficios dado que hay una fracción $(1 - \theta_m)$ que puede cambiar sus precios y una fracción θ_m que tiene sus precios indexados a la inflación del periodo pasado.

En la primera etapa cada una de las firmas intermedias i quiere minimizar sus costos, sujeto a la función de producción que se expresa de la siguiente forma:

$$Y_t^{m,i} = z_t L_t^{m,i} \quad (17)$$

Donde están expuestas a un choque tecnológico z_t que se comporta como un AR(1),

$$\log(z_t) = \log(z_{t-1}) + \varepsilon_t^Z \quad (18)$$

Este choque introduce ciclos en el modelo y permite establecer comportamientos exógenos comportándose como una caminata aleatoria en el modelo. Además, este choque se puede entender como un choque que afecta a toda la economía y que permite analizar cómo reaccionan las diferentes variables macroeconómicas a un choque común.

De lo anterior, cada firma va a escoger cuánto contrata de acuerdo a los costos marginales en cada uno de los sectores, es decir según la siguiente ecuación:

$$MC_t^m = \frac{w_t^m / p_t^m}{z_t} \quad (19)$$

En la segunda etapa, la firma escoge el precio que maximiza el beneficio real descontado. Como se mencionó, sólo una fracción $(1 - \theta_m)$ puede cambiar sus precios. Con esto el problema de maximización de beneficios está representado por las ecuaciones (20) y (21):

$$\max_{P_t^i} E_t \left\{ \sum_{s=t}^{\infty} \theta_{s-t}^m \Theta_{t+s|t} [P_s^{m,i} Y_s^{m,i} - P_s^m MC_s^m Y_s^{m,i}] \right\} \quad (20)$$

$$s. a \quad Y_t^{m,i} = \left(\frac{P_t^{m,i}}{P_t^m} \right)^{-\sigma_m} Y_t^m \quad (21)$$

Donde θ es la fracción de firmas que tiene sus precios indexados a la inflación, Θ es el factor de descuento estocástico, y MC es el costo marginal que obtienen en la primera etapa de la optimización. Con esto, la condición de primer orden es la siguiente:

$$E_t \left\{ \sum_{s=t}^{\infty} \theta_{s-t}^m \Theta_{t+s|t} \left[(1 - \sigma_m) \left(\frac{P_t^{m,i}}{P_s^m} \right)^{-\sigma_m} Y_s^m + \sigma_m \left(\frac{P_t^{m,i}}{P_s^m} \right)^{-\sigma_m} Y_s^m \left(\frac{P_t^{m,i}}{P_s^m} \right)^{-1} MC_s \right] \right\} = 0 \quad (22)$$

Simplificando se obtiene que,

$$E_t \left\{ \sum_{s=t}^{\infty} \theta_{s-t}^m \Theta_{t+s|t} P_s^m \left(\frac{P_t^{m,i}}{P_s^m} \right)^{-\sigma_m} Y_s^m \left[\frac{(\sigma_m - 1) P_t^{m,i}}{\sigma_m P_s^m} - MC_s \right] \right\} = 0 \quad (23)$$

De la ecuación (23) se puede observar que si $\theta = 0$ entonces el modelo tiene precios totalmente flexibles, y el precio que escogería cada una de las firmas intermedias estaría determinado por el ingreso marginal actual y futuro, y el costo marginal actual y futuro, es decir por la ecuación (24):

$$P_t^{m,i*} = \frac{\sigma_m}{\sigma_m - 1} P_t^m MC_{t+\tau} \quad (24)$$

Además, la dinámica de precios que se obtiene en cada sector se puede expresar como,

$$(P_t^m)^{1-\sigma_m} = \int_0^1 [P_t^{m,i}(h)]^{1-\sigma_m} dh = \int_0^\theta [P_{t-1}^{m,i}(h)]^{1-\sigma_m} dh + \int_\theta^1 [P_t^{m,i^*}(h)]^{1-\sigma_m} dh$$

$$(P_t^m)^{1-\sigma_m} = \theta [P_{t-1}^m]^{1-\sigma_m} + (1-\theta) [P_{t-1}^{m^*}]^{1-\sigma_m}$$

$$1 = \theta [\pi_t^m]^{\sigma_m-1} + (1-\theta) [\pi_t^{m^*}]^{1-\sigma_m} \quad (25)$$

De la ecuación (25) se observa que la dinámica agregada de la inflación en el periodo depende de los precios de la fracción de firmas que pudieron ajustar su precio y la fracción de firmas que estuvieron indexadas a la inflación.

3.4 Cerrando el modelo

Teniendo en cuenta las modificaciones realizadas en el modelo, en este capítulo se presentan las ecuaciones que completan el modelo, permitiendo que exista un equilibrio en la economía.

Para plantear estas ecuaciones se debe tener en cuenta que en la economía hay una fracción λ de ahorradores y una fracción $(1-\lambda)$ de prestatarios. Con esto, las ecuaciones que permiten cerrar el modelo son las siguientes:

- Mercado de bienes no durables: implica que la demanda en el sector de bienes no durables debe ser igual a la oferta del sector.

$$Y_t^C = \lambda C_t + (1-\lambda) C_t^B \quad (26)$$

- Mercado de bienes durables: permite que la inversión en bienes durables que desean hacer prestatarios y ahorradores debe ser igual a la oferta en bienes durables.

$$Y_t^D = \lambda I_t + (1-\lambda) I_t^B \quad (27)$$

- Mercado laboral: implica que las horas trabajadas en cada uno de los sectores debe ser igual a las horas trabajadas por los ahorradores en ese sector, más las horas trabajadas por los prestatarios en el mismo.

$$L_t^{TOT,m} = \lambda L_t^m + (1-\lambda) L_t^{m,B} \quad \text{para } m = C, D \quad (28)$$

- Política Macroprudencial – Mercado de Crédito: esta ecuación permite establecer que los fondos de los ahorradores que están disponibles deben ser

igual al crédito que desean adquirir los prestatarios. En este caso cuando $\eta_t = 1$ todos los fondos de los ahorradores están disponibles para que se les entreguen a los prestatarios, sin embargo a medida que η_t se va alejando de 1, una menor cantidad de fondos están disponibles para ser prestados. Se resalta que, η_t se puede estudiar como un instrumento de política macroprudencial, por ejemplo requerimientos de capital o provisiones donde $0 \leq \eta_t \leq 1$.

$$\frac{\lambda(S_t)}{\eta_t} = (1 - \lambda)S_t^B \quad (29)$$

- Política Monetaria – Regla de Taylor: La tasa de interés fijada por el banco central responde al cambio en los precios, la inflación objetivo y las tasas de crecimiento del PIB. Además, tiene en cuenta cuál era la tasa de interés del periodo anterior, y está expuesto a un choque de política monetaria ε_t^p que es independiente e idénticamente distribuido (*iid*).

$$R_t = \left[\bar{R} \left(\frac{P_t/P_{t-1}}{\bar{\Pi}} \right)^{\gamma_{\Pi}} \left(\frac{Y_t}{Y_{t-1}} \right)^{\gamma_Y} \right]^{1-\gamma_R} R_{t-1}^{\gamma_R} \exp(\varepsilon_t^p) \quad (30)$$

Donde el PIB de la economía se representa como,

$$Y_t = Y_t^C + Y_t^D \frac{P_t^D}{P_t^C} \quad (31)$$

4. Estimación de Parámetros

Según Mancini (2013), dado que el modelo tiene como raíz unitaria z_t , es necesario estacionarizar el modelo de tal forma que se encuentre el estado estacionario. Para esto se realizan dos transformaciones: primero, todas las variables son divididas en z_t ; segundo, se log-linealizan todas las ecuaciones. Una vez se obtuvieron las ecuaciones estacionarizadas se puede proceder a la estimación de los parámetros.

Para esto se utilizan principalmente tres métodos. Como primer método se utiliza información de la literatura. En particular, para el porcentaje de bienes no durables en la utilidad, la tasa de depreciación, la varianza del choque de crédito y la elasticidad sustitución entre los bienes consumo y bienes durables se utiliza la información de Quint &

Rabanal (2013). Con esto, el valor de estos parámetros son los que se encuentran en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros de la literatura

	Parámetro	Valor
γ	Porcentaje de BB no durables en la utilidad	0.75
δ	Tasa de depreciación	0.0125
$\bar{\sigma}$	Varianza del choque de crédito	0.17
σ	Elasticidad sustitución entre los BB durables y no durables	10

Fuente: Quint & Rabanal (2013)

Como segundo método se utiliza información de los hechos estilizados de Colombia. En particular, el factor de descuento de los prestatarios se calcula a partir de la tasa de interés de colocación y el factor de descuento de los ahorradores se calcula a partir de la tasa de captación reportada por el Banco de la República. Para cada uno de estos parámetros, se calcula la tasa efectiva semestral (a partir de la tasa efectivo anual) y se toma el promedio de la serie de 2001-2015.

De igual forma, para el tamaño del sector no durable se utiliza la serie de consumo por durabilidad presentada por el DANE a precios constantes del 2005. Esta serie se clasifica en bienes durables, bienes semi-durables, servicios y bienes no durables; con el fin de incluir todo tipo de consumo en la parametrización se incluye la categoría de servicios en bienes no durables y la categoría de bienes semi-durables en bienes durables. Con esto, se calcula el porcentaje relativo que representa el sector no durable en todo el consumo y se toma el promedio de 2001-2011 por disponibilidad de datos. Con esto, los parámetros estimados a partir de los hechos estilizados se observan en la Tabla 2.

Tabla 2. Parámetros de hechos estilizados.

	Parámetro	Valor
β^B	Factor de descuento prestatarios	0.9646
β	Factor de descuento ahorradores	0.9826
α	Tamaño del sector no durable	0.91

Fuente: Datos. Banco de la República y DANE - Cálculos propios

Para estimar el resto de los parámetros se utilizan métodos bayesianos. En particular, se utilizan filtros de Kalman y se aplica el algoritmo de Metropolis-Hastings. Para aplicar este algoritmo se utilizan las ecuaciones estacionarizadas y se utilizan las siguientes series del Banco de la República con periodicidad trimestral desde el 2001 hasta 2015:

- Índice de precios al consumidor (IPC): Con base en la serie del IPC se calcula la tasa de crecimiento logarítmica trimestral.
- Consumo: A partir de la serie desestacionarizada y a precios constantes de 2005 de oferta y demanda finales, se calculan las tasas de crecimiento logarítmicas trimestrales.
- Tasa Interbancaria (TIB): Con base en la serie diaria se toma la tasa efectiva anual del último día de cada trimestre. Con estas, se calcula la tasa efectiva trimestral.

Para realizar esta estimación es necesario definir una distribución previa para cada uno los parámetros a estimar. En general, para determinar estas distribuciones se toman como parámetros base los de los autores Quint & Rabanal (2013) y se ajustaron con los datos de Colombia de tal forma que las distribuciones previas y posteriores fueran muy similares. Con esto, en la Tabla 3 se encuentran las distribuciones previas y posteriores del algoritmo (*priors and posteriors*).

Tabla 3. Parámetros con estimación bayesiana.

Parámetro	Priors		Posteriors	
	Media	Desviación	Media	IC[90%]
λ Porcentaje de ahorradores	0.5	0.05	0.5168	[0.4439, 0.593]
ι Costo de desutilidad del trabajo	1.00	0.5	1.2311	[0.4149, 2.0026]
ε Hábitos de consumo de ahorradores	0.6	0.075	0.5681	[0.4776, 0.6636]
ε^B Hábitos de consumo de prestatarios	0.78	0.075	0.753	[0.6627, 0.8459]
φ Desutilidad del trabajo	2.5	0.5	2.6694	[2.0456, 3.2723]
ψ Costos de ajuste a la inversión	2.00	1	2.3275	[0.6295, 3.8867]
μ Comisión de la casa	0.15	0.09	0.1119	[0.009, 0.2112]
θ^c Rigideces de Calvo sector no durable	0.5	0.08	0.4449	[0.3574, 0.5362]
θ^d Rigideces de Calvo sector	0.75	0.15	0.7408	[0.5429, 0.9321]

Parámetro	Priors		Posteriors	
	Media	Desviación	Media	IC[90%]
durable				
π^c	Inflación: sector no durable	0.33	0.15	0.2892 [0.0743, 0.4866]
π^d	Inflación: sector durable	0.33	0.15	0.3258 [0.0906, 0.5727]
γ_π	Regla de Taylor: Inflación	1.5	0.1	1.6349 [1.4781, 1.7771]
γ_r	Regla de Taylor: Tasa de interés previa	0.66	0.1	0.7678 [0.7182, 0.8197]
γ_y	Regla de Taylor: Producto	0.2	0.05	0.2292 [0.136, 0.3167]
γ_η	Política Macropudencial	0.3	0.15	0.27 [0.0677, 0.4838]
ρ_{σ_ω}	Coefficiente de AR: choque de crédito	0.7	0.1	0.6737 [0.5176, 0.8524]
ρ_{ξ_d}	Coefficiente de AR: choque sector durable	0.7	0.1	0.6988 [0.5426, 0.8753]
ρ_{ξ_c}	Coefficiente de AR: choque sector no durable	0.8	0.09	0.8894 [0.8472, 0.9312]
ε_z	Desviación: choque de tecnología	0.004	0.001	0.0037 [0.0026, 0.0048]
ε_m	Desviación: choque de política monetaria	0.004	0.001	0.0033 [0.0026, 0.0041]
$\varepsilon_{\sigma_\omega}$	Desviación: choque de crédito	0.25	0.125	0.143 [0.0443, 0.2353]
ε_{ξ_d}	Desviación: choque a las preferencias del sector durable	0.010	0.005	0.0102 [0.0025, 0.0176]
ε_{ξ_c}	Desviación: choque a las pref. sector no durable	0.030	0.005	0.034 [0.0275, 0.0399]

Fuente: Datos. Banco de la República y DANE - Cálculos propios

Una vez se obtienen estos resultados se utiliza la media posterior de cada uno de los parámetros para obtener los resultados del modelo y realizar la simulación de las funciones impulso respuesta.

5. ¿Qué tan bien se ajusta el modelo a los hechos estilizados de Colombia?

Antes de proceder a realizar evaluaciones de política es necesario entender qué tan bueno es el modelo replicando la economía colombiana. Para esto, a continuación se calculan los hechos estilizados de Colombia. Para esto se utilizan cinco series del Banco de la República: Producto Interno Bruto, consumo no durable, consumo durable, crédito y spread (razón entre la tasa de captación y tasa de colocación). Se menciona que las primeras cuatro series están en precios constantes de 2005 y desestacionarizadas. Además, el periodo

de análisis es de 2001 a 2010 con datos trimestrales. Finalmente, dado que el modelo se encuentra logarítmico, se calcula el logaritmo de cada una de estas series.

Finalmente, se aplica el filtro de Hodrick-Prescott para cada una de las series, tanto a los resultados del modelo como a los hechos estilizados, y se calculan los momentos a partir de la parte cíclica de la serie. En particular, se estiman los momentos para las variables de producto, consumo no durable, consumo durable, crédito y spread. Estos resultados se observan en la Tabla 4. De igual forma los momentos que se calculan para cada una de estas variables son la volatilidad, la correlación de cada variable con el producto y las autocorrelaciones a 1,4 y 8 periodos (trimestres).

Tabla 4. Hechos Estilizados versus Resultados del Modelo

	Desviación		Correlación PIB	
	Hechos Estilizados	Modelo	Hechos Estilizados	Modelo
PIB	0,014	0,014	1,000	1,000
C No durable	0,009	0,015	0,780	0,973
C Durable	0,068	0,035	0,731	0,368
Crédito	0,087	0,084	0,122	0,099
Spread	0,151	0,110	0,059	0,065

	Autocorrelación					
	Hechos Estilizados			Modelo		
	t+1	t+4	t+8	t+1	t+4	t+8
PIB	0,714	0,478	-0,279	0,261	-0,091	-0,073
C No durable	0,819	0,409	-0,347	0,284	-0,039	-0,069
C Durable	0,806	0,271	-0,490	0,837	0,363	-0,264
Crédito	-0,014	-0,303	-0,390	0,891	0,423	-0,246
Spread	0,393	-0,038	-0,191	0,614	0,083	-0,238

Fuente: Cálculos Propios

Al analizar la Tabla 4 se observa que en general el modelo captura relativamente bien los movimientos de los agregados económicos, es decir captura los signos de correlación con el PIB. En términos de las desviaciones, el consumo no durable es más volátil que en la economía, mientras que la volatilidad del consumo durable y del spread es menor. Por su lado, la volatilidad del PIB y del crédito, el modelo la explica relativamente bien.

Pese a esto, las autocorrelaciones las captura relativamente para (t+1) y (t+8) pero no para (t+4). En particular, el PIB y el consumo no durable en (t+4) tienen signo negativo de (t+8), mientras que el crédito y el spread en (t+4) conservan el signo positivo de (t+1). Cabe resaltar que una debilidad del modelo es que no logra capturar el comportamiento de las autocorrelaciones del crédito en (t+4) y (t+8), ya que el crédito tiene el signo contrario al esperado en la economía.

6. Evaluaciones de Política

Basilea III propone que las políticas macroprudenciales deberían reaccionar al exceso de crédito en la economía. Con esto, el modelo incorpora una ecuación en el cuál la entidad de política macroprudencial decide el nivel del instrumento según el crecimiento del crédito. En particular, este instrumento se comporta como la ecuación (32):

$$\eta = \left(\frac{S_t^b}{S_{t-1}^b} \right)^{\gamma_\eta} \quad (32)$$

Con motivo de entender los canales de transmisión de las políticas macroprudenciales se evalúa cómo reacciona la economía a un choque de política monetaria bajo dos escenarios: cuando la política macroprudencial está activa ($\gamma_\eta = 0.27$), y cuando la política macroprudencial está activa pero en una proporción mucho menor ($\gamma_\eta = 10^{-6}$). El segundo caso, se escoge el valor tal que se aproxima al caso en que la política macroprudencial no está activa, pero que se observe su comportamiento en las funciones impulso respuesta permitiendo una comparación más evidente.

Para realizar el análisis costo-beneficio en cada uno de estos escenarios, se define el bienestar de cada agente cómo la utilidad que tiene en el presente y en el futuro. Por su lado, el bienestar de la sociedad se entenderá cómo la suma del bienestar de los prestatarios más el bienestar de los ahorradores. En particular, el bienestar de un agente se define cómo la ecuación (33):

$$\text{Bienestar} = Utilidad_t + \beta * Utilidad_{t+1} \quad (33)$$

A partir de esta, se calcula el bienestar de la sociedad y se realiza la comparación en cada uno de los escenarios anteriormente mencionados. En esta comparación se observa

que la política macroprudencial se utiliza en mayor medida cuando tiene más importancia, o está más activa. Sin embargo, en ambos casos estas políticas se utilizan en magnitudes muy pequeñas y funcionan como un complemento a la política monetaria. Además, se observa que los canales de transmisión de ambas políticas (macroprudenciales y monetarias) se comportan similar ya que las funciones impulso respuesta no cambian significativamente (Anexo B y Anexo C).

En general, un choque de política monetaria genera que la tasa de captación aumente en una proporción mucho mayor a la cual la tasa de colocación disminuye, de igual forma el instrumento de política macroprudencial disminuye en una magnitud mucho menor. Lo anterior causa que el consumo de bienes no durables disminuya, mientras que el consumo de bienes durables aumente ligeramente, generando que el consumo total de la economía disminuya y que la inflación de ambos bienes disminuya. Con esto, el bienestar de los ahorradores aumenta, mientras que el bienestar de los prestatarios disminuye, y dado que el segundo ocurre en una mayor proporción, el bienestar de la sociedad disminuye.

Aunque estos resultados son consistentes con la teoría económica se observa que el crédito real inicialmente aumenta y posterior al periodo diez este sí se disminuye como se espera. Lo anterior, se explica dado que el modelo no logra capturar las autocorrelaciones del crédito antes del periodo 10.

Finalmente, en la Tabla 5 se observa qué sucede con el bienestar de los agentes pronosticado a 20 periodos bajo diferentes tipos de choque. En particular, se observa que, cuando es un choque a las preferencias de bienes durables, a la tecnología, a la calidad de crédito o a la política monetaria, el bienestar de la sociedad es mejor cuando no se utiliza política macroprudencial; mientras que en el caso dónde la economía se ve afectada por un choque a las preferencias de bienes no durables, el bienestar es mejor cuando se utiliza la política macroprudencial. Además, se observa que el efecto de los prestatarios siempre es mayor al efecto de los ahorradores, por lo que este va a definir cuál será el bienestar en la economía.

Tabla 5. Bienestar de los agentes por tipo de choque en $t+20$

	Prestatarios	Ahorradores	Total
<i>Choque a las preferencias de bienes no durables</i>			
$\gamma_\eta = 10^{-6}$	0.0002	-0.0001	0.00001
$\gamma_\eta = 0.27$	0.0003	-0.0002	0.00004
<i>Choque a las preferencias de bienes durables</i>			
$\gamma_\eta = 10^{-6}$	0.0055	0.0351	0.0208
$\gamma_\eta = 0.27$	0.0044	0.0357	0.0206
<i>Choque a la calidad del crédito</i>			
$\gamma_\eta = 10^{-6}$	-0.0213	0.0067	-0.0068
$\gamma_\eta = 0.27$	-0.0285	0.0105	-0.0084
<i>Choque a las tecnología</i>			
$\gamma_\eta = 10^{-6}$	-0.3627	0.0342	-0.1576
$\gamma_\eta = 0.27$	-0.3658	0.0355	-0.1584
<i>Choque a la política monetaria</i>			
$\gamma_\eta = 10^{-6}$	-0.019	0.007	-0.006
$\gamma_\eta = 0.27$	-0.027	0.011	-0.007

Fuente: Cálculos Propios

7. Conclusiones

Este documento logra ajustar el modelo de Quint & Rabanal (2013) a la economía colombiana. En particular, a partir del ajuste de las ecuaciones, se realiza la estimación de los parámetros a través de tres métodos principales: parámetros de la literatura, parámetros de los hechos estilizados y parámetros por estimación bayesiana.

Se observa que el modelo replica relativamente bien los agregados macro-financieros de la economía, como el consumo de bienes durables, consumo de bienes no durables, el spread de tasas de interés y el PIB. Sin embargo, el modelo no logra replicar el comportamiento de las autocorrelaciones del crédito real antes del periodo diez, problema que puede afectar los resultados. En general, el modelo logra replicar el comportamiento de la volatilidad y la correlación de cada una de las variables con el PIB, y las autocorrelaciones de (t+1) y (t+8), pero tiene problemas replicando el signo de las autocorrelaciones para (t+4).

Con estos resultados, se observa que las políticas macroprudenciales funcionan como complemento de las políticas monetarias, y se utilizan en una menor medida. Además, dependiendo del tipo de choque que afecte la economía, las políticas macroprudenciales van a generar un aumento o una disminución del beneficio de la economía.

Por un lado, cuando la economía se ve afectada por un choque a las preferencias de bienes no durables, utilizar las políticas macroprudenciales va a aumentar el bienestar. Por otro lado, el bienestar de la economía disminuye cuando la política macroprudencial está activa y el choque es a la tecnología, a la calidad del crédito, a la política monetaria o a las preferencias de bienes durables. Además, se concluye que en todos los casos el efecto del bienestar de los prestatarios es mayor que el de los ahorradores, por lo que serán estos quienes definen si aumenta o disminuye el bienestar de la sociedad. Por lo anterior, cuando el bienestar de la población aumenta al utilizar políticas macroprudenciales, también aumenta el beneficio de los prestatarios, mientras que disminuye el bienestar de los ahorradores.

Con este documento se logra realizar un acercamiento a los canales de transmisión de las políticas macroprudenciales en la economía colombiana ya que el trabajo que se ha realizado frente al mismo tema ha sido muy poco. Sin embargo, aún quedan varios temas por explorar. Por ejemplo, ¿Qué pasa si tenemos sector externo? ¿Qué pasa si todos los individuos hacen default al tiempo?, es decir si tenemos un choque de calidad sistemático o ¿Qué pasa si la política macroprudencial reacciona a otros factores y no sólo al crecimiento del crédito?

8. Referencias Bibliográficas

- Amador, J. S., Gómez, J. E., & Murcia, A. (2013). Loans Growth and Bank's Risk: New Evidence. *Borradores de Economía*.
- Arango, C., & Valencia, O. (2015). Macro-Prudential Policy under Moral Hazard and Financial Fragility. *Borradores de Economía*.
- Arregui, N., Benes, J., Krznar, I., Mitra, S., & Santos, A. (2013). Evaluating the Net Benefits of Macroprudential Policy: A Cookbook. *IMF Working Paper*.
- Bank of International Settlements . (s.f.). Basilea II. 2006.
- Bank of International Settlements . (s.f.). Basilea III. 2011.
- Benes, J., Kumhof, M., & Laxton, D. (2014). Financial Crises in DSGE Models: A Prototype Model. *IMF Working Paper*.
- Benes, J., Kumhof, M., & Laxton, D. (2014). Financial Crises in DSGE Models: Selected Applications of MAPMOD. *IMF Working Paper*.
- Bernanke, B., Gertler, M., & Gilchrist, S. (1999). The Financial Accelerator in A Quantitative Business Cycle Framework. *NBER Working Paper*.
- Bonaldi, P., González, A., & Rodríguez, D. (2010). Importancia de las rigideces nominales y reales en Colombia: un enfoque de equilibrio general dinámico y estocástico. *Borradores de Economía*.
- Cabrera, W., Corredor, A., & Quicazan, C. (2012). Requerimientos macroprudenciales de capital y riesgo sistémico: Una aplicación para Colombia. *Reporte de Estabilidad Financiera*.
- Cerutti, E., Claessens, S., & Laeven, L. (2015). The Use and Effectiveness of Macroprudential Policies: New Evidence. *IMF Working Paper*.
- Christiano, L., Motto, R., & Rostango, M. (2010). Financial Factors in Economic Fluctuations. *ECB Working paper* .
- Circular Externa 017 de 2011. (2011).
- Circular Externa 032 de 2014. (2014).
- Claessens, S., Ghosh, S., & Mihet, R. (2014). Macro-Prudential Policies to Mitigate Financial System Vulnerabilities. *IMF Working Paper*.
- Clavijo, S., Vera, A., Malagón, D., & González, A. (2012). Basilea III y el Sistema Bancario de Colombia: Simulaciones sobre sus Efectos Regulatorios. *Anif*.
- Cúrdia, V., & Woodford, M. (2010). Conventional and Unconventional Monetary Policy. *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*.

- Decreto Número 2555 de 2010. (2010).
- Galati, G., & Moessner, R. (2011). Macroprudential policy - a literature review. *BIS Working Papers*.
- González, A., Mahadeva, L., Prada, J., & Rodríguez, D. (2011). Policy Analysis Tool Applied to Colombian Needs: PATACON Model Description. *Borradores de Economía*.
- Goodfriend, M., & McCallum, B. (2007). Banking and Interest Rates in Monetary Policy Analysis: A Quantitative Exploration. *NBER Working Paper*.
- López, M., Zárate, H., & Tenjo, F. (2013). Credit Cycles, Credit Risk and Countercyclical Loan Provisions. *Borradores de Economía*.
- Mancini, T. (2008). *An Introduction to the Solution and Estimation of DSGE models*.
- Mendivelso, A. M., & de Francisco, C. (2011). *Títulos Hipotecarios TIPS pesos. Titulizadora Colombiana S.A. Seguimiento Semestral*. BRC Investor Services S.A
- Quint, D., & Rabanal, P. (2013). Monetary and Macroprudential Policy in an Estimated DSGE Model of the Euro Area. *IMF Working Paper*.
- Reinhart, C., & Rogoff, K. (13 de Febrero de 2016). *Carmen M. Reinhart*. Obtenido de <http://www.carmenreinhart.com/data/browse-by-topic/topics/7/>
- Rendón, N. (2013). Política Monetaria Convencional y No Convencional: Un Modelo DSGE para Colombia. Universidad EAFIT.
- Resolución Externa No. 9 de 2013. (2013).
- Rodríguez, R. (2011). Modelos de equilibrio general dinámicos y estocásticos para Colombia 1995-2011. *Ecos de Economía*.
- Torres, A. (2016). Efectividad de la Política Monetaria No Convencional y Macroprudencial: Un Análisis DSGE. En A. Torres, *Ciclos Económicos, Capital Bancario y Nuevas Opciones de Política Monetaria*. Bogotá: Universidad Colegio Mayor Nuestra Señora del Rosario.
- Uribe, J. D. (22 de 02 de 2016). *Banco de la República*. Obtenido de http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/jdu_may_2008.pdf
- Valencia, O., Osorio, D., & Garay, P. (2016). The Role Of Capital Requirements and Credit Composition in the Transmission of Macroeconomic and Financial Shocks. *Borradores de Economía*.

Anexo A. Ecuaciones de Equilibrio

Hogares Ahorradores

$$\begin{aligned}
 & \gamma \frac{\xi_t^C}{(c_t - \varepsilon c_{t-1}/\varepsilon_t^Z)} q_t \\
 &= \beta \varrho_{t+1} \left(1 - \frac{\psi}{2} \left(\frac{i_t \varepsilon_t^Z}{i_{t-1}} - 1 \right)^2 - \psi \left(\frac{i_t \varepsilon_t^Z}{i_{t-1}} - 1 \right) \frac{i_t \varepsilon_t^Z}{i_{t-1}} \right) \\
 &+ \beta^2 \varrho_{t+2} \psi \left(\frac{i_{t+1}}{i_t} - 1 \right) \left(\frac{i_{t+1}}{i_t} \right)^2 \tag{1}
 \end{aligned}$$

$$(1 - \gamma) \frac{\xi_t^D}{d_t} = \varrho_t - \beta(1 - \delta) \varrho_{t+1} \tag{2}$$

$$1 = \beta r_t \frac{\Delta \xi_{t+1}^C (c_t - \varepsilon c_{t-1}/\varepsilon_t^Z)}{\Delta P_{t+1}^C (c_{t+1} - \varepsilon c_t)} \tag{3}$$

$$\alpha^{-\ell_L} (l_t)^{\varphi - \ell_L} (l_t^C)^{\ell_L} = \gamma \frac{\xi_t^C}{(c_t - \varepsilon c_{t-1}/\varepsilon_t^Z)} w_t^C \tag{4}$$

$$(1 - \alpha)^{-\ell_L} (l_t)^{\varphi - \ell_L} (l_t^D)^{\ell_L} = \gamma \frac{\xi_t^C}{(c_t - \varepsilon c_{t-1}/\varepsilon_t^Z)} w_t^D \tag{5}$$

$$d_t \varepsilon_t^Z = (1 - \delta) d_{t-1} + i_{t-1} - \frac{\psi}{2} \left(\frac{i_{t-1} \varepsilon_{t-1}^Z}{i_{t-2}} - 1 \right)^2 i_{t-1} \tag{6}$$

Hogares Prestatarios

$$\begin{aligned}
 & \gamma \frac{\xi_t^C}{(c_t^B - \varepsilon^B c_{t-1}^B/\varepsilon_t^Z)} q_t \\
 &= \beta^B \varrho_{t+1}^B \left(1 - \frac{\psi}{2} \left(\frac{i_t^B \varepsilon_t^Z}{i_{t-1}^B} - 1 \right)^2 - \psi \left(\frac{i_t^B \varepsilon_t^Z}{i_{t-1}^B} - 1 \right) \frac{i_t^B \varepsilon_t^Z}{i_{t-1}^B} \right) \\
 &+ \beta^2 \varrho_{t+2}^B \psi \left(\frac{i_{t+1}^B}{i_t^B} - 1 \right) \left(\frac{i_{t+1}^B}{i_t^B} \right)^2 \tag{7}
 \end{aligned}$$

$$(1 - \gamma) \frac{\xi_t^D}{d_t^B} = \varrho_t - \beta^B(1 - \delta) \varrho_{t+1}^B \tag{8}$$

$$1 = \beta^B \left(\left(1 - F(\overline{\omega}_t^a, \sigma_{\omega,t}) \right) r_t^l + \frac{G(\overline{\omega}_{t+1}^p, \sigma_{\omega,t+1}) q_{t+1} d_{t+1}^B \Delta P_{t+2}^C \varepsilon_{t+1}^Z}{\widehat{s}_t^B} \right) \frac{\Delta \xi_{t+1}^C (c_t^B - \varepsilon c_{t-1}^B / \varepsilon_t^Z)}{\Delta P_{t+1}^C (c_{t+1}^B - \varepsilon c_t^B)} \quad (9)$$

$$\alpha^{-\ell_L} (l_t^B)^{\varphi - \ell_L} (l_t^{C,B})^{\ell_L} = \gamma \frac{\xi_t^C}{(c_t^B - \varepsilon c_{t-1}^B / \varepsilon_t^Z)} w_t^C \quad (10)$$

$$(1 - \alpha)^{-\ell_L} (l_t^B)^{\varphi - \ell_L} (l_t^{D,B})^{\ell_L} = \gamma \frac{\xi_t^C}{(c_t^B - \varepsilon c_{t-1}^B / \varepsilon_t^Z)} w_t^D \quad (11)$$

$$c_t^B + q_t i_t^B + \left(\frac{G(\overline{\omega}_t^p, \sigma_{\omega,t}) q_t d_t^B \Delta P_{t+1}^C \varepsilon_t^Z}{\widehat{s}_{t-1}^B} + \left[1 - F(\overline{\omega}_t^p, \sigma_{\omega,t}) \right] r_{t-1}^L \right) \frac{\widehat{s}_{t-1}^B}{\Delta P_{t+1}^C / \varepsilon_t^Z} = \widehat{s}_{t-1}^B + w_t^C l_t^{C,B} + w_t^D l_t^{D,B} \quad (12)$$

$$\eta r_t = (1 - \mu) G(\overline{\omega}_t^p, \sigma_{\omega,t}) \frac{q_{t+1} d_{t+1}^B \Delta P_{t+1}^C \varepsilon_{t+1}^Z}{\widehat{s}_t^B} + \left[1 - F(\overline{\omega}_t^p, \sigma_{\omega,t}) \right] r_t^L \quad (13)$$

$$d_t^B \varepsilon_t^Z = (1 - \delta) d_{t-1}^B + i_{t-1}^B - \frac{\psi}{2} \left(\frac{i_{t-1}^B \varepsilon_{t-1}^Z}{i_{t-2}^B} - 1 \right)^2 i_{t-1}^B \quad (14)$$

Firmas Bienes No Durables

$$y_t^{c,i} = l_t^{c,tot} \quad (15)$$

$$\frac{\sigma_t}{\sigma_t - 1} \Psi_t^{c,1} = \Psi_t^{c,2} \quad (16)$$

$$\Psi_t^{c,1} = \frac{\xi_t^C}{(c_t - \varepsilon c_{t-1} / \varepsilon_t^Z)} \frac{w_t^c}{q_t} \frac{y_t^{c,i}}{v_t^c} + \beta \theta_t^c \left[\left(\frac{(\Delta P_t^c) \phi_c}{\Delta P_{t+1}^c} \right)^{-\sigma_t} \Psi_{t+1}^{c,1} \right] \quad (17)$$

$$\Psi_t^{c,2} = \frac{\xi_t^C}{\left(c_t - \frac{\varepsilon c_{t-1}}{\varepsilon_t^Z} \right)} P_t^{c,i} \frac{y_t^{c,i}}{v_t^c} + \beta \theta_t^c \left[\left(\frac{(\Delta P_t^c) \phi_c}{\Delta P_{t+1}^c} \right)^{1 - \sigma_t} \left(\frac{P_t^{c,i}}{P_{t+1}^{c,i}} \right) \Psi_{t+1}^{c,2} \right] \quad (18)$$

$$1 = \theta_t^c \left(\frac{(\Delta P_{t-1}^c)^{\phi_c}}{\Delta P_t^c} \right)^{1-\sigma_t} + (1 - \theta_t^c) (P_t^{c,i})^{1-\sigma_t} \quad (19)$$

$$v_t^c = \theta_t^c \left(\frac{(\Delta P_{t-1}^c)^{\phi_c}}{\Delta P_t^c} \right)^{-\sigma_t} v_{t-1}^c + (1 - \theta_t^c) (P_t^{c,i})^{-\sigma_t} \quad (20)$$

Firmas Bienes No Durables

$$y_t^{d,i} = l_t^{d,tot} \quad (21)$$

$$\frac{\sigma_t}{\sigma_t - 1} \Psi_t^{d,1} = \Psi_t^{d,2} \quad (22)$$

$$\Psi_t^{d,1} = \frac{\xi_t^c}{(c_t - \varepsilon c_{t-1} / \varepsilon_t^z)} \frac{w_t^D y_t^{d,i}}{q_t v_t^d} + \beta \theta_t^d \left[\left(\frac{(\Delta P_t^d)^{\phi_d}}{\Delta P_{t+1}^d} \right)^{-\sigma_t} \Psi_{t+1}^{d,1} \right] \quad (23)$$

$$\Psi_t^{d,2} = \frac{\xi_t^c}{\left(c_t - \frac{\varepsilon c_{t-1}}{\varepsilon_t^z} \right)} P_t^{d,i} \frac{y_t^{d,i}}{v_t^d} + \beta \theta_t^d \left[\left(\frac{(\Delta P_t^d)^{\phi_d}}{\Delta P_{t+1}^d} \right)^{1-\sigma_t} \left(\frac{P_t^{d,i}}{P_{t+1}^{d,i}} \right) \Psi_{t+1}^{d,2} \right] \quad (24)$$

$$1 = \theta_t^d \left(\frac{(\Delta P_{t-1}^d)^{\phi_d}}{\Delta P_t^d} \right)^{1-\sigma_t} + (1 - \theta_t^d) (P_t^{d,i})^{1-\sigma_t} \quad (25)$$

$$v_t^d = \theta_t^d \left(\frac{(\Delta P_{t-1}^d)^{\phi_d}}{\Delta P_t^d} \right)^{-\sigma_t} v_{t-1}^d + (1 - \theta_t^d) (P_t^{d,i})^{-\sigma_t} \quad (26)$$

Cerrando el modelo

$$y_t^C = \lambda c_t + (1 - \lambda) c_t^B \quad (27)$$

$$y_t^D = \lambda i_t + (1 - \lambda) i_t^B \quad (28)$$

$$l_t^B = \left[\alpha^{-\ell_L} (l_t^{C,B})^{1+\ell_L} + (1 - \alpha)^{-\ell_L} (l_t^{D,B})^{1+\ell_L} \right]^{\frac{1}{1+\ell_L}} \quad (29)$$

$$l_t = \left[\alpha^{-\ell_L} (l_t^C)^{1+\ell_L} + (1 - \alpha)^{-\ell_L} (l_t^D)^{1+\ell_L} \right]^{\frac{1}{1+\ell_L}} \quad (30)$$

$$l_t^{C,Tot} = \lambda l_t^C + (1 - \lambda) l_t^{C,B} \quad (31)$$

$$l_t^{D,Tot} = \lambda l_t^D + (1 - \lambda) l_t^{D,B} \quad (32)$$

$$y_t = y_t^C + y_t^D q_t \quad (33)$$

$$r_t = \left[\left(\frac{1}{\beta} \right) (\Delta P_t^C)^{\gamma_\Pi} \left(\frac{y_t / \varepsilon_t^Z}{y_{t-1}} \right)^{\gamma_Y} \right]^{1-\gamma_R} r_{t-1}^{\gamma_R} \varepsilon_t^p \quad (34)$$

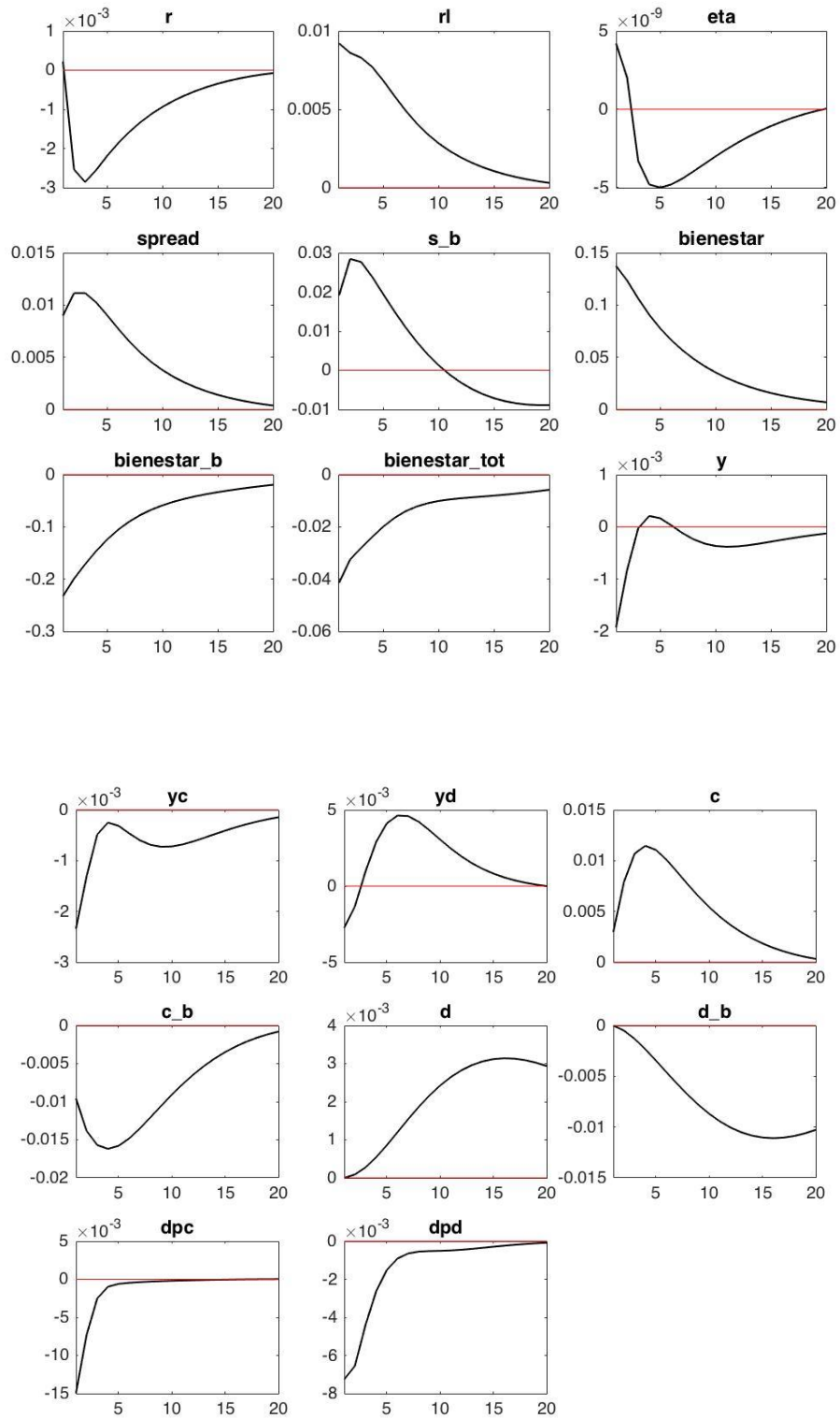
$$\eta = \left(\frac{\Delta P_t^C \widetilde{s}_t^B \varepsilon_t^Z}{\widetilde{s}_{t-1}^B} \right)^{\gamma_\eta} \quad (35)$$

$$\sigma_{\omega,t} = (1 - \rho_{\sigma_\omega}) \overline{\sigma_\omega} + \rho_{\sigma_\omega} \sigma_{\omega,t-1} + \varepsilon_t^\omega \quad (36)$$

$$\xi_t^C = \rho_{\xi^C} \xi_{t-1}^C + \varepsilon_t^{\xi^C} \quad (37)$$

$$\xi_t^d = \rho_{\xi^d} \xi_{t-1}^d + \varepsilon_t^{\xi^d} \quad (38)$$

Anexo B. Funciones Impulso Respuesta Choque de Política Monetaria ($\gamma_\eta = 0$)



Anexo C. Funciones Impulso Respuesta Choque de Política Monetaria ($\gamma_\eta = 0.27$)

